

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento de Ingeniería Química**



*Excelencia que trasciende*

**Megaproyecto: Control microbiológico, sistemático y gradual en un  
Ingenio azucarero**

Trabajo de investigación presentado por:

Ana Sofía Avelar González para optar al grado académico de  
Licenciada en Bioquímica y Microbiología;

Claudia María Barrera Noriega y Andrea Paola Ortiz Anleu para optar al grado académico de  
Licenciadas en Ingeniería Química;

Rafael Basterrechea Guzmán, Israel Alfredo Gil Gutiérrez,  
Guido Alberto Iturriaga García, Juan José Letona Menéndez y  
Stephen Woc Huang para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Industrial

Guatemala

2011



**Control microbiológico, sistemático y gradual en un  
Ingenio azucarero**

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

## Facultad de Ingeniería

### Departamento de Ingeniería Química



*Excelencia que trasciende*

Megaproyecto: Control microbiológico, sistemático y gradual en un  
Ingenio azucarero

Trabajo de investigación presentado por:

Ana Sofía Avelar González para optar al grado académico de  
Licenciada en Bioquímica y Microbiología;

Claudia María Barrera Noriega y Andrea Paola Ortiz Anleu para optar al grado académico de  
Licenciadas en Ingeniería Química;

Rafael Basterrechea Guzmán, Israel Alfredo Gil Gutiérrez,  
Guido Alberto Iturriaga García, Juan José Letona Menéndez y

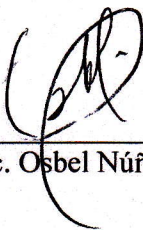
Stephen Woc Huang para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Industrial

para optar al grado de Licenciados en Bioquímica y Microbiología, en Ingeniería Industrial e  
Ingeniería Química.

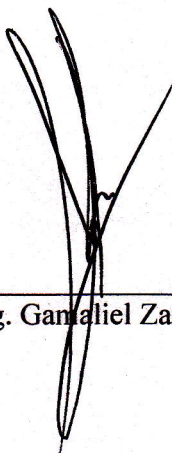
Guatemala

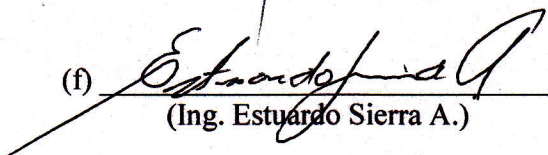
2011


Vo. Bo. :

(f)   
\_\_\_\_\_  
(Lic. Osbel Núñez)

Tribunal:

(f)   
\_\_\_\_\_  
(Ing. Gamaliel Zambrano)

(f)   
\_\_\_\_\_  
(Ing. Estuardo Sierra A.)

(f)   
\_\_\_\_\_  
(Dra. Pamela Pennington)

Fecha de aprobación: noviembre 2011.

# ÍNDICE

ÍNDICE .....	v
LISTA DE ILUSTRACIONES .....	x
LISTA DE GRÁFICAS .....	xiv
LISTA DE TABLAS .....	xix
RESUMEN.....	xxvi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	3
<b>A. Generalidades de la Industria Azucarera</b> .....	3
1. <i>La caña de azúcar</i> .....	3
2. <i>Proceso de obtención de azúcar</i> .....	5
<b>B. Industria azucarera en el mundo y Guatemala</b> .....	15
1. <i>Ingenios de Guatemala</i> .....	15
2. <i>Comercialización</i> .....	16
3. <i>Generalidades de lo sistemas de corte para el Ingenio Pantaleón</i> .....	16
<b>C. Actividad microbiológica en la industria azucarera</b> .....	18
1. <i>Efectos de la actividad microbiológica en los jugos</i> .....	19
2. <i>Métodos de estimación microbiologica en los jugos</i> .....	19
3. <i>Los microorganismos en la industria azucarera</i> .....	22
<b>D. Desarrollo del sistema de control microbiológico en etapas anteriores</b> .....	25
<b>E. Descripción de las herramientas utilizadas</b> .....	26
1. <i>Importancia de la estructura organizacional</i> .....	26
2. <i>Manual de procedimientos</i> .....	28
3. <i>Análisis de beneficio costo</i> .....	30
4. <i>Base de datos</i> .....	30
5. <i>Herramientas de Ingeniería.de métodos</i> .....	31
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b> .....	35
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	36
<b>A. Objetivo general</b> .....	36
<b>B. Objetivos específicos</b> .....	36
<b>V. METODOLOGÍA</b> .....	37
<b>A. Análisis del desarrollo del Megaproyecto y proponer mejoras para su logística</b> .....	37

<b>B. Desarrollo de técnicas analíticas para el soporte del sistema de control</b> .....	37
1. <i>Evaluación del cambio temprano en el test de la resazurina como indicador de mayor actividad microbiana en la etapa de implementación industrial</i> .....	37
2. <i>Determinación de la metabolización de sacarosa y resistencia antimicrobiana como evaluación de capas perjudiciales</i> .....	37
3. <i>Comparación de confiabilidad de diferentes técnicas analíticas como indicador de atraso de caña</i> .....	39
4. <i>Evaluación preliminar de diferentes variantes de la prueba de fermentación</i> .....	41
5. <i>Diseño de un modelo inicial para evaluar el incremento de incrustaciones en los evaporadores como efecto de mayor cantidad de cal añadida debido a la actividad microbiológica</i> .....	41
6. <i>Elongación de cristales</i> .....	45
<b>C. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema de caña y desarrollo de mejoras para el control</b> .....	45
1. <i>Diseño y aplicación preliminar de una base de datos para control microbiológico en caña</i> .....	45
2. <i>Oportunidad de información a partir de monitoreo microbiológico</i> .....	45
3. <i>Propuesta de rediseño del lazo operativo entre el laboratorio de caña, báscula, sanitización de tándem de molinos y el área agrícola</i> .....	45
4. <i>Evaluación preliminar de pérdidas en el patio y establecimiento de la logística para el control sistemático de la caña en esta área</i> .....	45
<b>D. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema en el tándem y desarrollo de mejoras para el control</b> .....	47
1. <i>Diseño y aplicación preliminar de una base de datos para control microbiológico del tándem</i> .....	47
2. <i>Uso operativo de los resultados</i> .....	48
3. <i>Análisis de los procedimientos actuales de limpieza y desinfección</i> .....	48
<b>E. Unificación de base de datos para el procesamiento de la información y diseño de manual para su implementación</b> .....	49
<b>F. Evaluación económica del proyecto</b> .....	50
<b>VI. DISCUSIÓN Y RESULTADOS</b> .....	51
<b>A. Análisis del desarrollo del Megaproyecto y proponer mejoras para su logística</b> .....	51
1. <i>Evaluar la logística del propio trabajo de investigación de Megaproyecto</i> .....	51
2. <i>Estructura interna</i> .....	51
3. <i>Asignación de puestos</i> .....	53

4. <i>Objetivos del organigrama</i> .....	55
5. <i>Evaluación de la estructura organizacional</i> .....	56
6. <i>Aspectos positivos</i> .....	57
7. <i>Aspectos a mejorar</i> .....	57
8. <i>Propuesta para el siguiente grupo de trabajo del Megaproyecto</i> .....	58
9. <i>Conclusiones parciales</i> .....	60
10. <i>Recomendaciones parciales</i> .....	60
<b>B. Desarrollo de técnicas analíticas para el soporte del sistema de control</b> .....	60
1. <i>Evaluación del cambio temprano en el test de la resazurina como indicador de mayor efectividad microbiana en la etapa de implementación industrial</i> .....	60
2. <i>Determinación de la metabolización de sacarosa y resistencia antimicrobiana como evaluación de cepas perjudiciales</i> .....	67
3. <i>Comparación de confiabilidad de diferentes técnicas analíticas como indicador de atraso de caña</i> .....	78
4. <i>Evaluación preliminar de diferentes variantes de la prueba de fermentación espontánea</i> ..	84
5. <i>Diseño de un modelo inicial para evaluar el incremento de incrustaciones en los evaporadores como efecto de mayor cantidad de cal añadida debido a la actividad microbiológica</i> .....	88
6. <i>Elongación de cristales</i> .....	90
7. <i>Conclusiones parciales</i> .....	93
8. <i>Recomendaciones parciales</i> .....	94
<b>C. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema de caña y desarrollo de mejoras para el control</b> .....	96
1. <i>Diseño y aplicación preliminar de base de datos para control microbiológico en caña</i> .....	96
2. <i>Oportunidad de información a partir de monitoreo microbiológico</i> .....	109
3. <i>Propuesta de rediseño del lazo operativo entre el laboratorio de caña, báscula, sanitización de tándem de molinos y el área agrícola</i> .....	117
4. <i>Evaluación preliminar de pérdidas en el patio y establecimiento de la logística para el control sistemático de la caña en esta área</i> .....	130
5. <i>Conclusiones Parciales</i> .....	143
6. <i>Recomendaciones Parciales</i> .....	144
<b>D. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema en el tándem y desarrollo de mejoras de control</b> .....	145
1. <i>Diseñar registro de resultados y base de datos, para el control microbiológico sistemático del tándem</i> .....	145
2. <i>Uso operativo de los resultados (lazo operativo con aplicación de acciones tándem)</i> .....	149

3. <i>Análisis de los procedimientos actuales de limpieza y desinfección</i> .....	150
4. <i>Elaboración de plan de mejoras para el procedimiento</i> .....	155
5. <i>Creación del instructivo para un mejor procedimiento de limpieza y desinfección en molinos</i> .....	157
6. <i>Optimización del trabajo del operario de control microbiológico</i> .....	158
<b>E. Unificación de base de datos para el procesamiento de la información y diseño de manual para su implementación</b> .....	161
1. <i>Conciliar y establecer el registro de datos y el procesamiento de la información del sistema.</i> .....	161
2. <i>Confeccionar el manual del registro de datos y procesamiento de la información del sistema</i> .....	162
3. <i>Conclusiones parciales</i> .....	162
4. <i>Recomendaciones parciales</i> .....	163
<b>F. Evaluación económica del proyecto</b> .....	163
1. <i>Actualización de los procedimientos sugeridos anteriormente para evaluar económicamente el efecto de la actividad microbiológica en el proceso</i> .....	163
<b>G. Discusión de resultados y propuestas con grupo técnico de ingenio</b> .....	184
1. <i>Presentación sobre recepción de caña</i> .....	185
2. <i>Presentación sobre patio de caña</i> .....	186
3. <i>Presentación sobre tándem</i> .....	189
<b>VII. CONCLUSIONES</b> .....	190
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b> .....	192
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	193
<b>X. APÉNDICE</b> .....	198
<b>A. Datos originales</b> .....	198
<b>B. Cálculo de la muestra</b> .....	213
<b>C. Análisis de error</b> .....	217
<b>D. Datos calculados</b> .....	223
<b>E. Evaluación de los resultados de implementación del sistema y desarrollo de mejoras para el control</b> .....	243
<b>F. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema en el tándem y desarrollo de mejoras para el control</b> .....	245
<b>G. Evaluación económica del proyecto</b> .....	253

<b>XI. ANEXOS.....</b>	<b>270</b>
<b>A. Análisis del desarrollo del Megaproyecto y proponer mejoras para su logística .....</b>	<b>270</b>
<b>B. Desarrollo de técnicas analíticas para el soporte del sistema de control.....</b>	<b>274</b>
<b>C. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema de caña y desarrollo         de mejoras para el control.....</b>	<b>276</b>
<b>D. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema del tándem y desarrollo         de mejoras para el control.....</b>	<b>284</b>
<b>E. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema del tándem y desarrollo         de mejoras para el control.....</b>	<b>288</b>
<b>F. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema del tándem y desarrollo         de mejoras para el control.....</b>	<b>292</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN No. 1 SEPARADOR NORMAL Y SEPARADOR INTERNO PARA EVAPORADORES (MEADE, 1998).....	8
ILUSTRACIÓN No. 2 CONDENSADOR CONTRACORRIENTE, DE CORRIENTE PARALELA Y DE CHORROS MÚLTIPLES (MEADE, 1998).....	9
ILUSTRACIÓN No. 3 PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DE LAS ÚLTIMAS 4 ZAFRAS EN GUATEMALA (DARDON, 2011).....	16
ILUSTRACIÓN No. 4 ESTRUCTURA DE LA RESAZURINA (HERNÁNDEZ, 1986) .....	19
ILUSTRACIÓN No. 5 REDUCCIÓN DE LA RESAZURINA ( HERNÁNDEZ, 1986).....	20
ILUSTRACIÓN No. 6 REACCIÓN DE OXIDACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES DEL MÉTODO DNS .....	24
ILUSTRACIÓN No. 7 CONJUNTO DE SÍMBOLOS ESTANDAR PARA DIAGRMAS DE PROCESO (NIEBEL, 2009). .....	33
ILUSTRACIÓN No. 8 MODELO DE SIMULACIÓN DE EVAPORACIÓN I.....	42
ILUSTRACIÓN No. 9 EVAPORACIÓN DEL JUGO UTILIZANDO EL MODELO DE SIMULACIÓN DE EVAPORACIÓN I .....	43
ILUSTRACIÓN No. 10 MODELO DE SIMULACIÓN DE EVAPORACIÓN II .....	43
ILUSTRACIÓN No. 11 LAVADO DEL TUBO DE COBRE DESPUÉS DEL PROCESO DE EVAPORACIÓN DEL JUGO .....	44
ILUSTRACIÓN No. 12 TUBOS DE COBRE ANTES Y DESPUÉS DEL LAVADO .....	44
ILUSTRACIÓN No. 13 CAÑA APILADA EN EL PATIO DEL INGENIO .....	46
ILUSTRACIÓN No. 14 ORGANIGRAMA DEL MEGAPROYECTO .....	53
ILUSTRACIÓN No. 15 ORGANIGRAMA DEL PRIMER Y SEGUNDO SEMESTRE DE MEGAPROYECTO (SEPTIEMBRE 2,010-MAYO 2,011) .....	54
ILUSTRACIÓN No. 16 ORGANIGRAMA TERCER SEMESTRE DE MEGAPROYECTO (JUNIO-NOVIEMBRE 2,011).....	55
ILUSTRACIÓN No. 17 DIAGRAMA DEL FLUJO DEL DESARROLLO DE LA PRUEBA RESAZURINA.....	97
ILUSTRACIÓN No. 18 INGRESO DE DATOS Y DESPLIEGE DE CM Y VALORACIÓN.....	98
ILUSTRACIÓN No. 19 ORDENAMIENTO DE COLUMNAS .....	99
ILUSTRACIÓN No. 20 FILTRACIÓN DE COLUMNAS.....	99
ILUSTRACIÓN No. 21 REPORTE DIARIO DE CM.....	100
ILUSTRACIÓN No. 22 INFORME DE PROMEDIO POR FINCA .....	101
ILUSTRACIÓN No. 23 TENDENCIAS DE PROMEDIOS DE CM POR DÍA .....	101

ILUSTRACIÓN No. 24 FILTRACIÓN POR FECHAS .....	102
ILUSTRACIÓN No. 25 DIAGRAMA DE RELACIÓN DE TIPO DE MUESTREO, TIPO DE CAÑA, Y TIPO DE CORTE.....	104
ILUSTRACIÓN No. 26 POSICIONAMIENTO DE FINCAS PARA VALORES PROMEDIO DE CM.....	115
ILUSTRACIÓN No. 27 DIAGRAMA DE FLUJO DEL RECORRIDO QUE SUFRE LA CAÑA....	119
ILUSTRACIÓN No. 28 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LAS ACTIVIDADES QUE RELIZAN EN LABORATORIO DE CAÑA.....	122
ILUSTRACIÓN No. 29 OPERARIO DE CORE-SAMPLER PREPARANDO CAÑA PARA CORTARLA EN PICADORA.....	123
ILUSTRACIÓN No. 30 DIAGRAMA DEL FLUJO DE PRIMER LAZO OPERATIVO .....	124
ILUSTRACIÓN No. 31 DIAGRAMA DEL FLUJO DE SEGUNDO LAZO OPERATIVO .....	125
ILUSTRACIÓN No. 32 DIAGRAMA DE FLUJO DE TERCER LAZO OPERATIVO .....	126
ILUSTRACIÓN No. 33 RUTAS DEL INGENIO PANTALEÓN.....	131
ILUSTRACIÓN No. 34 RAMPA .....	131
ILUSTRACIÓN No. 35 MONTÍCULO PRINCIPAL EN ÁREA DE DESCARGA.....	133
ILUSTRACIÓN No. 36 MONTÍCULO SECUNDARIO CERCA DE LOS CONDUCTORES.....	134
ILUSTRACIÓN No. 37 CONDUCTOR .....	135
ILUSTRACIÓN No. 38 APILACIÓN DE CAÑA EN EL MONTÍCULO SECUNDARIO .....	135
ILUSTRACIÓN No. 39 CÁLCULO DE ÁREAS DISPONIBLES PARA ALMACENAJE.....	140
ILUSTRACIÓN No. 40 CÁLCULO DE ESPACIOS A UTILIZAR .....	141
ILUSTRACIÓN No. 41 ÁREAS EN LA QUE SE DIVIDE UN MOLINO DEL INGENIO PANTALEÓN.....	151
ILUSTRACIÓN No. 42 DIFERENCIA DE POSICIÓN DE CORTINAS ENTRE EL TÁNDEM A Y B. REALIZADO POR RAFAEL BASTERRECHEA .....	153
ILUSTRACIÓN No. 43 ACUMULACIÓN DE BAGAZO EN EL PRIMER MOLINO DEL TÁNDEM A .....	154
ILUSTRACIÓN No. 44 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO DE L LIMPIEZA DEFICIENTE EN EL TÁNDEM.....	155
ILUSTRACIÓN No. 45 ACUMULACIÓN DE BAGAZO ENTRE MAZAS .....	156
ILUSTRACIÓN No. 46 PUNTOS CRÍTICOS DEL TÁNDEM A. REALIZADO POR OSBEL NUÑEZ .....	156
ILUSTRACIÓN No. 47 PUNTOS CRÍTICOS DEL TÁNDEM B. REALIZADO POR OSBEL NÚÑEZ .....	157
ILUSTRACIÓN No. 48 PROPUESTA PARA RECORRIDO OPERARIO CM .....	159

ILUSTRACIÓN No. 49 PRESENTACIÓN AL GRUPO TÉCNICO DEL INGENIO PANTALEÓN .....	185
ILUSTRACIÓN No. 50 PRESENTACIÓN DE PROPUESTA A GRUPO TÉCNICO PANTALEÓN.....	187
ILUSTRACIÓN No. 51 PRESENTACIÓN EN EL INGENIO PANTALEÓN (30 DE SEPTIEMBRE, 2011).....	189
ILUSTRACIÓN No. 52 HOJA DE CONTROL DEL LABORATORIO DE CAÑA.....	274
ILUSTRACIÓN No. 53 HOJA DE CONTROL DEL TÁNDEM .....	275
ILUSTRACIÓN No.54 HOJA DE CÁLCULO “INGRESO DE DATOS”.....	276
ILUSTRACIÓN No. 55 HOJA DE CÁLCULO “CM POR DÍA, FINCA, CORTE” .....	277
ILUSTRACIÓN No. 56 HOJA DE CÁLCULO “PROMEDIO CM POR FINCA” .....	278
ILUSTRACIÓN No. 57 HOJA DE CÁLCULO “PROMEDIO CM POR DÍA” .....	279
ILUSTRACIÓN No. 58 DISTRIBUCIÓN DE LAS ZONAS GEOGRÁFICAS.....	280
ILUSTRACIÓN No. 59 TIEMPO MEDIO DESDE CORESAMPLER-PREPARACIÓN DE CAÑA.....	281
ILUSTRACIÓN No. 60 DIAGRAMA DEL PROCESO DE BÁSCULA, LABORATORIO DE CAÑA Y PATIO DE CAÑA .....	282
ILUSTRACIÓN No. 61 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LOS LAZOS OPERATIVOS.....	283
ILUSTRACIÓN No. 62 FORMATO DE CONTROL SISTEMÁTICO DE TIEMPOS .....	284
ILUSTRACIÓN No. 63 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PARA PROPUESTA DEL MANEJO DE CAÑA EN PATIO .....	285
ILUSTRACIÓN No. 64 TABLA DE FLUJO DE PROCESOS PARA PROPUESTA DEL MANEJO DE CAÑA EN EL PATIO .....	286
ILUSTRACIÓN No. 65 DIAGRAMA DE OPERACIONES DE CAÑA EN EL PATIO .....	287
ILUSTRACIÓN NO.66 MENÚ PRINCIPAL .....	292
ILUSTRACIÓN No. 67 INGRESO DE DATOS ÁREA DE TÁNDEM .....	293
ILUSTRACIÓN No. 68 ID PARA PROMEDIO DE CM CADA 3 HORAS.....	294
ILUSTRACIÓN No. 69 ID PARA PROMEDIO CADA 3 HORAS Y POR DÍA.....	295
ILUSTRACIÓN No. 70 TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS CM PROMEDIO CADA 3 HORAS ..	295
ILUSTRACIÓN No. 71 TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS CM PROMEDIO CADA 3 HORAS, DESPLIEGUE.....	296
ILUSTRACIÓN No. 72 TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS CM PROMEDIO POR DÍA.....	296
ILUSTRACIÓN No. 73 TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS CM PROMEDIO POR DÍA, DESPLIEGUE.....	297
ILUSTRACIÓN No. 74 PESTAÑAS PARA DIRECCIONAR A GRÁFICAS .....	297

ILUSTRACIÓN No. 75 GRÁFICA CM PROMEDIO POR CADA 3 HORAS .....	298
ILUSTRACIÓN No. 76 GRÁFICA CM PROMEDIO POR DÍA/FECHA.....	298
ILUSTRACIÓN No.77 GRÁFICA CM PROMEDIO POR DÍA/FECHA.....	299
ILUSTRACIÓN No. 78 TABLA DE CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS.....	299
ILUSTRACIÓN No. 79 CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS.....	300
ILUSTRACIÓN No. 80 TABLA INGRESO DE DATOS DEL ÁREA DE CAÑA.....	301
ILUSTRACIÓN No. 81 BOTONES CON HIPERVÍNCULO EN INGRESO DE DATOS ÁREA DE CAÑA.....	302
ILUSTRACIÓN No.82 BOTÓN HIPERVÍNCULO EN HOJAS DE EXCEL .....	303
ILUSTRACIÓN No.83 TABLA CM POR DÍA, FINCA Y TIPO DE CORTE.....	303
ILUSTRACIÓN No.84 GRÁFICA CM POR DÍA, FINCA Y TIPO DE CORTE .....	304
ILUSTRACIÓN No. 85 PROMEDIO CM POR FINCA .....	304
ILUSTRACIÓN No. 86 PROMEDIO CM POR FINCA, DESPLIEGUE.....	305
ILUSTRACIÓN No. 87 GRÁFICA PROMEDIO CM POR FINCA.....	305
ILUSTRACIÓN No. 88 PROMEDIO CM POR DÍA.....	306
ILUSTRACIÓN No. 89 PROMEDIO CM POR DÍA DESPLIEGUE .....	307
ILUSTRACIÓN No. 90 PROMEDIO CM POR DÍA.....	307
ILUSTRACIÓN No. 91 TABLA CONTEO CM POR DÍA.....	308
ILUSTRACIÓN No. 92 PROMEDIO CM POR DÍA, DESPLIEGUE.....	308
ILUSTRACIÓN No. 93 PROMEDIO CM POR DÍA.....	309

## LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA No. 1 PORCENTAJE POR SISTEMA DE CORTE DE INGENIO PANTALEÓN (ZAFRA 2010-2011) (LOPEZ 2011) .....	18
GRÁFICA No. 2 PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 3 SEGÚN EL PRIMER CAMBIO OBSERVADO.....	61
GRÁFICA No. 3 PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 2.5 SEGÚN EL PRIMER CAMBIO OBSERVADO.....	62
GRÁFICA No. 4 PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON MAYOR A 3 SEGÚN EL CAMBIO A ROJO.....	63
GRÁFICA No. 5 PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 2.5 SEGÚN EL CAMBIO A ROJO.....	63
GRÁFICA No. 6 PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 3 SEGÚN EL PRIMER CAMBIO OBSERVADO EXCLUYENDO LOS FALSOS POSITIVOS...	64
GRÁFICA No. 7 PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 2.5 SEGÚN EL PRIMER CAMBIO OBSERVADO EXCLUYENDO FALSOS POSITIVOS .....	65
GRÁFICA NO. 8 PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 3 CON BASE EN EL PRIMER CAMBIO A ROJO EXCLUYENDO FALSOS POSITIVOS.....	65
GRÁFICA No. 9 PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 2.5 CON BASE EN EL CAMBIO A ROJO EXCLUYENDO FALSOS POSITIVOS.....	66
GRÁFICA No. 10 CURVAS DE CRECIMIENTO DE LEUCONOSTOCSP. A DIFERENTE TEMPERATURA DE INCUBACIÓN EN MEDIO MP25.....	68
GRÁFICA No. 11 COMPARACIÓN DE PH INICIAL Y FINAL PROMEDIO OBTENIDO EN CULTIVO DE 5 CEPAS DE LEUCONOSTOCSP. EN MEDIO MP25. MEDIANTE LA PRUEBA DE SIGNOS DE WILCOXON AL 95% DE CONFIANZA SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (*) ENTRE EL PH FINAL Y EL INICIAL. LA CEPA 6 EQUIVALE AL CONTROL NEGATIVO.....	69
GRÁFICA No. 12 COMPARACIÓN DE CAPACIDAD BUFFER FINAL E INICIAL PROMEDIO, OBTENIDA EN CULTIVO DE 5 CEPAS DE LEUCONOSTOCSP. EN MEDIO MP25. MEDIANTE UN ANOVA AL 95% DE CONFIANZA SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (*) ENTRE LA CAPACIDAD BUFFER FINAL E INICIAL. LA CEPA 6 EQUIVALE AL CONTROL NEGATIVO.....	70
GRÁFICA No. 13 COMPARACIÓN DEL CAMBIO DE PH PROMEDIO, LUEGO DE 3H DE INCUBACIÓN, OBTENIDO PARA LAS 5 CEPAS DE LEUCONOSTOCSP. EN MEDIO MP25. MEDIANTE UN ANOVA Y UNA PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES	

DE TUKEY, A UN NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%, SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (*) CON RESPECTO A LAS CEPAS INDICADAS .....	71
GRÁFICA No. 14 COMPARACIÓN DEL CAMBIO DE CAPACIDAD BUFFER PROMEDIO, LUEGO DE 3H DE INCUBACIÓN, OBTENIDO PARA LAS 5 CEPAS DE LEUCONOSTOCSP. EN MEDIO MP25. MEDIANTE EL ANÁLISIS DE KRUSKAL-WALLIS Y UNA PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY, A UN NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%, SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (*) ENTRE LA CEPA INDICADA Y TODAS LAS DEMÁS.....	71
GRÁFICA No. 15 CAMBIO DE CAPACIDAD BUFFER EN FUNCIÓN DEL CAMBIO DE PH LUEGO DE 3H DE INCUBACIÓN DE LEUCONOSTOCSP. A 28°C EN MEDIO MP25 .....	72
GRÁFICA No. 16 CURVA DE ACTIVIDAD DE DEXTRANSACARASA OBTENIDA MEDIANTE MÉTODO DE DNS, PARA 5 CEPAS DE LEUCONOSTOCSP. N=3 POR CEPA.....	73
GRÁFICA No. 17 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA OBTENIDA PARA LAS DIFERENTES CEPAS Y EL CONTROL NEGATIVO, MEDIANTE EL MÉTODO DEL DNS. MEDIANTE EL ANÁLISIS DE KRUSKAL-WALLIS Y UNA PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY, A UN NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%, SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (*) ENTRE LA CEPA INDICADA Y TODAS LAS DEMÁS .....	73
GRÁFICA No. 18 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD A ANTIMICROBIANOS DE LA MICROBIOTA TOTAL A LOS DIFERENTES BACTERICIDAS AL 100%. LA LÍNEA HORIZONTAL A Y=1 HACE REFERENCIA AL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD A ANTIMICROBIANOS DEL CONTROL POSITIVO LAS LÍNEAS PUNTEADAS HACEN REFERENCIA AL COEFICIENTE DEL CONTROL POSITIVO .....	74
GRÁFICA No. 19 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD DE CEPAS DE LEUCONOSTOCSP. A TODOS LOS BACTERICIDAS ANALIZADOS A DIFERENTES CONCENTRACIONES. LA LÍNEA HORIZONTAL A Y=1 HACE REFERENCIA AL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD A ANTIMICROBIANOS DEL CONTROL POSITIVO LAS LÍNEAS PUNTEADAS HACEN REFERENCIA AL COEFICIENTE DEL CONTROL POSITIVO $\pm 0.5$ .....	76
GRÁFICA No. 20 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD OBTENIDOS PARA EL BACTERICIDA BACTERICIDA 1 A DIFERENTES CONCENTRACIONES, PARA LEUCONOSTOCSP. Y MICROBIOTA TOTAL. MEDIANTE ANOVA Y PRUEBA DE MANN-WHITNEY-WILCOXON SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (*) ENTRE LEUCONOSTOCSP. Y MICROBIOTA TOTAL.....	77
GRÁFICA No. 21 . COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD OBTENIDOS PARA EL	

BACTERICIDA BACTERICIDA 2 A DIFERENTES CONCENTRACIONES, PARA LEUCONOSTOCSP.YMICROBIOTA TOTAL. MEDIANTE ANOVA Y PRUEBA DE MANN-WHITNEY-WILCOXON SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (*) ENTRE LEUCONOSTOCSP.YMICROBIOTA TOTAL.....	77
GRÁFICA No. 22 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD OBTENIDOS PARA EL BACTERICIDA BACTERICIDA 3 A DIFERENTES CONCENTRACIONES, PARA LEUCONOSTOCSP.YMICROBIOTA TOTAL. MEDIANTE ANOVA Y PRUEBA DE MANN-WHITNEY-WILCOXON SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (*) ENTRE LEUCONOSTOCSP.YMICROBIOTA TOTAL.....	78
GRÁFICA No. 23 PRUEBA DE PUREZA EN JUGO DILUIDO, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011 .....	79
GRÁFICA No. 24 PRUEBA DE COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO EN JUGO DILUIDO, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011 .....	80
GRÁFICA No. 25 REGRESIÓN LINEAL DE COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO EN JUGO DILUIDO, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011 .....	80
GRÁFICA No. 26 PRUEBA DE PORCENTAJE DE GOMAS EN JUGO DILUIDO, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011.....	81
GRÁFICA No. 27 PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA EN JUGO DILUIDO, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011 .....	82
GRÁFICA No. 28 REGRESIÓN LINEAL PARA FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA DE JUGO DILUIDO EN ZAFRA 2010-2011 DE INGENIO PANTALEÓN.....	82
GRÁFICA No. 29 PRUEBA DE CAPACIDAD BUFFER EN JUGO DILUIDO EN ZAFRA 2010-2011 DE INGENIO PANTALEÓN.....	83
GRÁFICA No. 30 REGRESIÓN LINEAL PARA CAPACIDAD BUFFER EN JUGO DILUIDO, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011 .....	84
GRÁFICA No. 31 ANÁLISIS DEL CAMBIO DE PH PARA DIFERENTES HORAS DE ANÁLISIS PARA LA PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA TRABAJANDO CON AJUSTE DE PH.....	85
GRÁFICA No. 32 ANÁLISIS DEL CAMBIO DE PH PARA DIFERENTES HORAS DE ANÁLISIS PARA LA PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA TRABAJANDO SIN AJUSTE DE PH.....	86
GRÁFICA No. 33 COMPARACIÓN DE LA PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA AL TRABAJAR CON AJUSTE DE PH Y SIN AJUSTE.....	87
GRÁFICA No. 34 TIEMPO DE OPERACIÓN NECESARIO PARA ALCANZAR LA CONCENTRACIÓN DESEADA CON LOS DOS MODELOS DE EVAPORACIÓN DISEÑADOS .....	89

GRÁFICA No. 35 CORRELACIÓN DE COEFICIENTE DE ELONGACIÓN PARA MUESTRAS CON GLICERINA.....	92
GRÁFICA No. 36 VALORES PROMEDIO DE CE PARA ANCHO DE CRISTALES.....	92
GRÁFICA No. 37 GRÁFICA DEL PROMEDIO DE CM POR FINCA.....	106
GRÁFICA No. 38 GRÁFICA DEL CONTEO DE MUESTRAS POR FINCA.....	107
GRÁFICA No. 39 GRÁFICAS DE LÍNEAS DE LA TENDENCIA DE PROMEDIOS DE CM POR DÍA.....	107
GRÁFICA No. 40 COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO PROMEDIO POR DÍA, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011.....	110
GRÁFICA No. 41 PROPORCIÓN GENERAL PARA CM, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011.....	111
GRÁFICA No. 42 PROPORCIÓN DE CM PARA CORTE MANUAL EN VERDE, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011.....	112
GRÁFICA No. 43 PROPORCIÓN DE CM PARA CORTE MECANIZADO CON QUEMA, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011.....	112
GRÁFICA No. 44 PROPORCIÓN DE CM PARA CORTE MECANIZADO EN VERDE, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011.....	113
GRÁFICA No. 45 PROPORCIÓN DE CM PARA CORTE MANUAL CON QUEMA, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011.....	113
GRÁFICA No. 46 COMPARACIÓN TIPO DE CORTE, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011.....	114
GRÁFICA No. 47 COEFICIENTE DE ACTIVIDAD MICROBIOLÓGICA PARA CADA TIPO DE CAÑA.....	136
GRÁFICA No. 48 DETERMINACIÓN DE PUREZA PARA CADA TIPO DE CAÑA.....	137
GRÁFICA No. 49 MEDICIÓN DE PH PARA CADA TIPO DE CAÑA.....	138
GRÁFICA No. 50 CAPACIDAD BUFFER PARA CADA TIPO DE CAÑA.....	138
GRÁFICA No. 51 COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO PROMEDIO POR DÍA PARA JUGO DILUIDO Y PRIMARIO TÁNDEM A.....	145
GRÁFICA No. 52 COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO PROMEDIO POR DÍA PARA JUGO DILUIDO Y PRIMARIO TÁNDEM B.....	146
GRÁFICA No. 53 HISTOGRAMA JUGO PRIMARIO.....	147
GRÁFICA No. 54 HISTOGRAMA JUGO DILUIDO.....	147
GRÁFICA No. 55 COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO PROMEDIO CADA 3 HORAS PARA JUGO DILUIDO Y PRIMARIO TÁNDEM A.....	148
GRÁFICA No. 56 COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO PROMEDIO CADA 3 HORAS PARA JUGO DILUIDO Y PRIMARIO PARA TÁNDEM B.....	149

GRÁFICA No. 57 PROPORCIÓN DE TIEMPOS DE LIMPIEZA EN EL TÁNDEM A .....	152
GRÁFICA No. 58 PROPORCIÓN DE TIEMPOS DE LIMPIEZA EN EL TÁNDEM B .....	152
GRÁFICA No. 59 PROPORCIÓN DE TIEMPO DE LIMPIEZA POR MOLINOS .....	153
GRÁFICA No. 60 ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TEST DE RESAZURINA .....	181
GRÁFICA No. 61 ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO DE LA IMPLMANTACIÓN DEL TEST DE RESAZURINA .....	181
GRÁFICA No. 62 PORCENTAJE RESPECTO AL MÁXIMO RECUPERABLE DONDE SE ALCANZA EL PE CON PRECIOS VARIABLES DEL AZÚCAR .....	183
GRÁFICA No. 63 TONELADAS DE AZÚCAR RECUPERADAS PARA ALCANZAR EL PUNTO DE EQUILIBRIO .....	183

## LISTA DE TABLAS

TABLA No. 1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS TALLOS Y DE LOS JUGOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR (MEADE 1998).....	4
TABLA No. 2 INTERVALOS DE COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO CON SU VALORACIÓN (ÁLVAREZ 2008).....	21
TABLA No. 3 VALORACIÓN POR SEMÁFORO DE BASE DE DATOS PARA TÁNDEM.....	48
TABLA No. 4 CUESTIONARIO .....	56
TABLA No. 5 PROPUESTA DE CONTROL DE TAREA .....	59
TABLA No. 6 PROPUESTA DE CONTROL DE TAREAS.....	60
TABLA No. 7 RECuentOS DE MICROBIOTA TOTAL Y LEUCONOSTOCSP. EN JUGO PRIMARIO Y DILUIDO DE TÁNDEMS A Y B .....	67
TABLA No. 8 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE INCRUSTACIÓN EN LOS TUBOS DE COBRE DEL MODELO DE EVAPORACIÓN .....	89
TABLA No. 9 DISTRIBUCIÓN DE GRANOS POR COEFICIENTE DE ELONGACIÓN EN GLICERINA.....	91
TABLA No. 10 SISTEMA DE VALORACIÓN POR SEMÁFORO DE LA BASE DE DATOS .....	103
TABLA No. 11 TIPO DE SUELO EN EL ÁREA DE GUATEMALA .....	116
TABLA No. 12 TIEMPO ESTÁNDAR DEL PROCESO DE RECEPCION-PREPARACIÓN DE CAÑA (TEJEDA 2010).....	128
TABLA No. 13 VALORACIÓN DEL INCREMENTO MICROBIOLÓGICO (IC) .....	150
TABLA No. 14 PROPORCIÓN DE TIEMPO DE LIMPIEZA PARA TÁNDEM A Y B.....	151
TABLA No. 15 PUNTOS MUESTREADOS.....	158
TABLA No. 16 ESTUDIO DE TIEMPOS OPERARIO CM .....	160
TABLA No. 17 COSTOS DIARIOS POR MÉTODO (GRANAI 2008) .....	165
TABLA No. 18 COSTOS PARA MÉTODO PROPUESTO GRANAI (2,008) .....	165
TABLA No. 19 INVERSIÓN INICIAL (GUZMÁN 2011) .....	166
TABLA No. 20 COSTOS FIJOS (GUZMÁN 2011) .....	166
TABLA No. 21 COSTOS FIJOS QUE INCURRE EL INGENIO PANTALEÓN MENSUALMENTE .....	167
TABLA No. 22 INVERSIÓN INICIAL INGENIO PANTALEÓN.....	168
TABLA No. 23 COSTOS FIJOS DE VIALES DEL INGENIO PANTALEÓN .....	169
TABLA No. 24 COSTOS REALES TOTALES ZAFRA 2010-2011 .....	169
TABLA No. 25 COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN .....	169
TABLA No. 26 COSTO TOTAL DE BACTERICIDA MÉTODO TRADICIONAL	

(GRANAI 2008).....	170
TABLA No. 27 COSTO TOTAL DE BACTERICIDA MÉTODO TRADICIONAL (DIAZ 2010)....	170
TABLA No. 28 COSTO TOTAL DE BACTERICIDA MÉTODO TRADICIONAL (GUZMÁN 2011).....	171
TABLA No. 29 TONELADAS DE CAÑA CONSUMIDAS .....	171
TABLA No. 30 LITROS CONSUMIDOS POR TONELADA DE CAÑA PROCESADA ZAFRA 2009-2010 .....	172
TABLA No. 31 CONSUMO Y COSTOS DE BACTERICIDA ZAFRA 2009-2010.....	172
TABLA No. 32 ESTIMACIÓN EN COSTOS DE HABER CONTINUADO CON EL MISMO MÉTODO .....	173
TABLA No. 33 LITROS CONSUMIDOS POR TONELADA DE CAÑA PROCESADA ZAFRA 2010-2011 .....	173
TABLA No. 34 CONSUMO Y COSTOS DE BACTERICIDA ZAFRA 2010-2011 .....	174
TABLA No. 35 AHORRO EN COSTOS REALES DEL BACTERICIDA .....	174
TABLA No. 36 AHORRO EN COSTOS DEL BACTERICIDA ESTIMANDO LA CONTINUIDAD DE LA METODOLOGÍA ANTERIOR .....	175
TABLA No. 37 AHORRO TOTAL EN COMPARACIÓN CON EL AÑO ANTERIOR.....	175
TABLA No. 38 AHORRO TOTAL ESTIMANDO LA CONTINUIDAD DE METODOLOGÍA ANTERIOR.....	175
TABLA No. 39 PORCENTAJE TOTAL DE PÉRDIDA DE SACAROSA.....	176
TABLA No. 40 PORCENTAJE DE INCIDENCIA MICROBIANA.....	177
TABLA No. 41 PORCENTAJE TOTAL DE INCIDENCIA MICROBIANA.....	177
TABLA No. 42 TONELADAS DE AZÚCAR TEÓRICAS.....	178
TABLA No. 43 TOTAL DE TONELADAS RECUPERABLES.....	178
TABLA No. 44 BENEFICIO ESPERADO PARA DISTINTOS PORCENTAJES DE AZÚCAR RECUPERADA (GRANAI 2008)-(GUZMÁN 2011).....	179
TABLA No. 45 BENEFICIO ESPERADO PARA DISTINTOS PORCENTAJES DE AZÚCAR RECUPERADA, DATOS ZAFRA 2010-2011.....	180
TABLA No. 46 ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO DE LA RECUPERACIÓN DE AZÚCAR POR IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO .....	180
TABLA No. 47 VARIACIONES EN PRECIO DE LIBRA DE AZÚCAR .....	182
TABLA No. 48 TOTAL DE MUESTRAS ANALIZADAS POR EL LABORATORIO DE CAÑA...	198
TABLA No. 49 TOTAL DE MUESTRAS CRÍTICAS O MALAS ANALIZADAS POR EL LABORATORIO DE CAÑA.....	198
TABLA No. 50 TOTAL DE MUESTRAS ANALIZADAS POR EL TÁNDEM.....	198
TABLA No. 51 TOTAL DE MUESTRAS CRÍTICAS O MALAS ANALIZADAS POR EL	

TÁNDEM .....	199
TABLA No. 52 CAMBIO DE PH Y CAPACIDAD BUFFER EN MEDIO MP25 INCUBADO CON DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC .....	199
TABLA No. 53 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD PROMEDIO DE LA MICROBIOTA TOTAL A LOS DIFERENTES BACTERICIDAS.....	200
TABLA No. 54 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD PROMEDIO DE LEUCONOSTOC A LOS BACTERICIDAS A DIFERENTE TIEMPO DE INCUBACIÓN .....	200
TABLA No. 55 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD PROMEDIO DE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC AL BACTERICIDA LABSMB .....	200
TABLA No. 56 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD PROMEDIO DE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC AL BACTERICIDA MAGNACIDE .....	201
TABLA No. 57 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD PROMEDIO DE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC AL BACTERICIDA B-STAB .....	201
TABLA No. 58 ANÁLISIS DE PUREZA Y PORCENTAJE DE GOMAS PARA JUGO DILUIDO .....	201
TABLA No. 59 ANÁLISIS DE TEST DE RESAZURINA Y FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA PARA JUGO DILUIDO .....	203
TABLA No. 60 ANÁLISIS DE TEST CAPACIDAD BUFFER PARA JUGO DILUIDO .....	204
TABLA No. 61 SIMULACIÓN DE CAÑA DE PATIO .....	205
TABLA No. 62 SIMULACIÓN DE CAÑA DE PATIO, TEST DE RESAZURINA .....	206
TABLA No. 63 SIMULACIÓN DE CAÑA DE PATIO, PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA .....	206
TABLA No. 64 SIMULACIÓN DE CAÑA DE PATIO, PRUEBA DE CAPACIDAD BUFFER .....	206
TABLA No. 65 ANÁLISIS DE VARIANTES PARA LA PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA .....	206
TABLA No. 66 MASA DEL TUBO DE COBRE ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO DE EVAPORACIÓN .....	207
TABLA No. 67 TIEMPO OPERACIÓN NECESARIO PARA ALCANZAR LA CONCENTRACIÓN DESEADA CON LOS DOS MODELOS DE EVAPORACIÓN DISEÑADOS .....	207
TABLA No. 68 CONDICIONES DEL JUGO ANTES DEL PROCESO DE EVAPORACIÓN .....	208
TABLA No. 69 MUESTRA 1, MASA COCIDA C CON GLICERINA .....	208
TABLA No. 70 MUESTRA 2, MASA COCIDA C CON GLICERINA .....	209
TABLA No. 71 MUESTRA 3, MASA COCIDA C CON GLICERINA .....	209
TABLA No. 72 MUESTRA 4, MASA COCIDA C CON GLICERINA .....	210
TABLA No. 73 MUESTRA 5, MASA COCIDA C CON GLICERINA .....	210

TABLA No. 74 DATOS PARA CORTE MECANIZADO CON QUEMA, ZAFRA 2010-2011 .....	211
TABLA No. 75 DATOS PARA CORTE MECANIZADO EN VERDE, ZAFRA 2010-2011.....	211
TABLA No. 76 DATOS PARA CORTE MANUAL CON QUEMA, ZAFRA 2010-2011 .....	212
TABLA No. 77 DATOS PARA CORTE MANUAL EN VERDE, ZAFRA 2010-2011 .....	212
TABLA No. 78 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE CAÑA TOMADAS DE LA PILA DEL PATIO.....	212
TABLA NO. 79 DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE MÍNIMOS CUADRADOS.....	217
TABLA No. 80 PORCENTAJE DE ACIERTO CON BASE EN EL PRIMER CAMBIO OBSERVADO PARA EL LABORATORIO DE CAÑA Y EL TÁNDEM.....	224
TABLA No. 81 PORCENTAJE DE ACIERTO CON BASE EN EL CAMBIO A ROJO PARA EL LABORATORIO DE CAÑA Y EL TÁNDEM .....	224
TABLA No. 82 PORCENTAJE DE ACIERTO CON BASE EN EL PRIMER CAMBIO OBSERVADO EXCLUYENDO FALSOS POSITIVOS PARA EL LABORATORIO DE CAÑA Y EL TÁNDEM.....	224
TABLA No. 83 PORCENTAJE DE ACIERTO CON BASE EN EL CAMBIO A ROJO EXCLUYENDO FALSOS POSITIVOS PARA EL LABORATORIO DE CAÑA Y EL TÁNDEM.....	224
TABLA No. 84 VALORES DE SIGNIFICANCIA OBTENIDOS PARA LA COMPARACIÓN DE PH, CAPACIDAD BUFFER Y COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD A ANTIMICROBIANOS.....	225
TABLA No. 85 VALORES DE SIGNIFICANCIA OBTENIDOS MEDIANTE LA PRUEBA DE SIGNOS DE WILCOXON, PARA LA COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD DE LEUCONOSTOCSP. A LOS ANTIMICROBIANOS A DIFERENTE DILUCIÓN .....	225
TABLA No. 86 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS PARA COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD DE LEUCONOSTOCSP. A LOS BACTERICIDAS DILUIDOS, OBTENIDO PARA LA COMPARACIÓN DE DIFERENTES CEPAS.....	236
TABLA No. 87 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA LA COMPARACIÓN DEL CAMBIO DE PH OBTENIDO ENTRE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC .....	236
TABLA No. 88 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA LA COMPARACIÓN DEL CAMBIO DE CAPACIDAD BUFFER OBTENIDO ENTRE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC.....	227
TABLA No. 89 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA LA COMPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA OBTENIDA	

ENTRE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC .....	227
TABLA No. 90 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD DE LA MICROBIOTA TOTAL, OBTENIDO PARA DIFERENTES BACTERICIDAS A DISTINTA CONCENTRACIÓN .....	228
TABLA No. 91 VALOR DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA LA COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD DE MICROBIOTA TOTAL LOS BACTERICIDAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES. EL VALOR DE 1 CORRESPONDE AL BACTERICIDA CONCENTRADO, 5 AL MÁS DILUIDO .....	229
TABLA No. 92 VALOR DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD DE LEUCONOSTOC, OBTENIDO PARA DIFERENTES BACTERICIDAS A DISTINTA CONCENTRACIÓN .....	229
TABLA No. 93 VALOR DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA LA COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD DE LEUCONOSTOCSP. A LOS BACTERICIDAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES. EL VALOR DE 1 CORRESPONDE AL BACTERICIDA CONCENTRADO, 5 AL MÁS DILUIDO .....	230
TABLA No. 94 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE ANOVA Y PRUEBAS DE MANN-WHITNEY-WILCOXON PARA LA COMPARACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD A BACTERICIDAS DE LA MICROBIOTATOTAL Y LEUCONOSTOC .....	230
TABLA No. 95 ANÁLISIS DE TEST DE PUREZA, COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO Y FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA PARA JUGO DILUIDO .....	231
TABLA No. 96 ANÁLISIS DE TEST DE PUREZA, COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO Y FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA PARA SIMULACIÓN DE CAÑA .....	232
TABLA No. 97 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA MÉTODOS EN TIEMPO INICIAL .....	232
TABLA No. 98 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA MÉTODOS EN TREINTA MINUTOS .....	233
TABLA No. 99 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA MÉTODOS EN SESENTA MINUTOS .....	233
TABLA No. 100 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA MÉTODOS EN CIENTO VEINTE MINUTOS .....	234
TABLA No. 101 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ANÁLISIS DE CM .....	235
TABLA No. 102 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ANÁLISIS DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA .....	235
TABLA No. 103 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ANÁLISIS DE CAPACIDAD BUFFER .....	235

TABLA No. 104 REGRESIONES LINEALES PARA CADA TIPO DE PRUEBA.....	245
TABLA No. 105 MONITOREO DEL CAMBIO DE PH DE MUESTRAS CON AJUSTE Y SIN AJUSTE DURANTE LA PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA .....	236
TABLA No. 106 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE PH SIN AJUSTE VS CAMBIO DE PH CON AJUSTE.....	236
TABLA No. 107 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE PH EN LA PRIMERA HORA DE ANÁLISIS VS CAMBIO DE PH A LAS CUATRO HORAS AJUSTANDO PH .....	237
TABLA No. 108 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE PH EN LA SEGUNDA HORA DE ANÁLISIS VS CAMBIO DE PH A LAS CUATRO HORAS AJUSTANDO PH .....	237
TABLA No. 109 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE PH EN LA TERCERA HORA DE ANÁLISIS VS CAMBIO DE PH A LAS CUATRO HORAS AJUSTANDO PH .....	237
TABLA No. 110 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE PH EN LA PRIMERA HORA DE ANÁLISIS VS CAMBIO DE PH A LAS CUATRO HORAS SIN AJUSTE DE PH .....	238
TABLA No. 111 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE PH EN LA SEGUNDA HORA DE ANÁLISIS VS CAMBIO DE PH A LAS CUATRO HORAS SIN AJUSTE DE PH .....	238
TABLA No. 112 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE PH EN LA TERCERA HORA DE ANÁLISIS VS CAMBIO DE PH A LAS CUATRO HORAS SIN AJUSTE DE PH .....	238
TABLA No. 113 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CAL INCRUSTADA.....	239
TABLA No. 114 MUESTRA 1, MASA COCIDA C CON GLICERINA .....	239
TABLA No. 115 MUESTRA 2, MASA COCIDA C CON GLICERINA .....	240
TABLA No. 116 MUESTRA 3, MASA COCIDA C CON GLICERINA .....	240
TABLA No. 117 MUESTRA 4, MASA COCIDA C CON GLICERINA .....	241
TABLA No. 118 MUESTRA 5, MASA COCIDA C CON GLICERINA .....	242
TABLA No. 119 “DISTRIBUCIÓN DE GRANOS POR COEFICIENTE DE ELONGACIÓN EN GLICERINA” .....	242
TABLA No. 120 PORCENTAJES PARA COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO EN CORTE MECANIZADO CON QUEMA .....	243
TABLA No. 121 PORCENTAJES PARA COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO EN CORTE MECANIZADO EN VERDE.....	243
TABLA No. 122 PORCENTAJES PARA COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO EN CORTE	

MECANIZADO EN VERDE.....	243
TABLA No. 123 PORCENTAJES PARA COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO EN CORTE MANUAL CON QUEMA.....	244
TABLA No. 124 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE PÉRDIDAS EN EL PATIO Y ESTABLECIMIENTO DE LA LÓGISTICA PARA EL CONTROL SISTEMÁTICO DE LA CAÑA EN ESTA ÁREA.....	244
TABLA No. 125 RESULTADO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS EN EL TÁNDEM A DURANTE LA ZAFRA 2010-2011 .....	245
TABLA No. 126 RESULTADO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS EN EL TÁNDEM B DURANTE LA ZAFRA 2010-2011 .....	246
TABLA No. 127 DATOS ESTUDIO DE TIEMPOS OPERARIO COM .....	246
TABLA No. 128 INGRESOS A LA BASE DE DATOS ÁREA DE TÁNDEM (PARCIALES) .....	248
TABLA No. 129 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA TÁNDEM A JUGO PRIMARIO .....	251
TABLA No. 130 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA TÁNDEM B JUGO PRIMARIO.....	252
TABLA No. 131 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA TÁNDEM A JUGO DILUIDO.....	252
TABLA No. 132 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA TÁNDEM B JUGO DILUIDO.....	253
TABLA No. 133 COSTOS DE BACTERICIDA ZAFRA 2009-2010 .....	253
TABLA No. 134 COSTOS DE BACTERICIDA ZAFRA 2009-2010 .....	253
TABLA No. 135 CONSUMO DE BACTERICIDA.....	254
TABLA No. 136 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.08 POR LB DE AZÚCAR.....	266
TABLA No. 137 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.10 POR LB DE AZÚCAR.....	266
TABLA No. 138 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.12 POR LB DE AZÚCAR.....	267
TABLA No. 139 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.14 POR LB DE AZÚCAR.....	267
TABLA No. 140 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.16 POR LB DE AZÚCAR.....	267
TABLA No. 141 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.18 POR LB DE AZÚCAR.....	268
TABLA No. 142 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.20 POR LB DE AZÚCAR.....	268
TABLA No. 143 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.22 POR LB DE AZÚCAR.....	269
TABLA No. 144 CUESTIONARIO DE INTEGRANTES .....	270

## RESUMEN

Este trabajo forma parte del proyecto de establecimiento de un sistema de control microbiológico en la industria azucarera que se ha desarrollado durante cuatro años en dos ingenios de Guatemala, mayoritariamente por estudiantes de la Universidad del Valle de Guatemala en la modalidad de megaproyecto.

En esta etapa de implementación sistemática y gradual se hicieron los estudios de tendencias de actividad microbiológica en caña y molinos así como de logística de la propia actividad y de actividades asociadas como el manejo de la caña en el patio y la limpieza y desinfección de los molinos; y de técnicas analíticas en diferentes etapas desde preliminar hasta introducción. Asimismo se mejoró el análisis económico de etapas anteriores y se incorporó un estudio sobre la propio proceso organizativo del megaproyecto.

Los resultados, conclusiones y recomendaciones de esta etapa se discutieron con los responsables de las áreas involucradas del ingenio y la gerencia de fábrica, decidiéndose por su parte ampliar la implementación en la próxima zafra y extenderla a los otros tres ingenios del grupo empresarial. En general se cumplió el objetivo de evaluar los resultados técnicos, económicos y organizativos de la implementación gradual del sistema de control microbiológico en la industria azucarera y desarrollar mejoras para el mismo.

# I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la Universidad del Valle de Guatemala ha desplegado una modalidad de graduación donde un grupo de estudiantes de diferentes especialidades desarrollan un proyecto con cierta complejidad, cuyos resultados sean tangibles y que resuelva un problema a la producción, los servicios, la salud, la pedagogía u otra actividad humana relevante.

Coincidiendo con el nacimiento de dicha modalidad de graduación, estudiantes de Ingeniería Química e Ingeniería Industrial y de Licenciatura en Bioquímica y Microbiología iniciaron un proyecto para establecer un sistema de control microbiológico en la industria azucarera.

El proyecto comenzó con la estabilización de una técnica analítica, el Test de la Resazurina, que se ha convertido en el soporte principal del sistema y siguió con el desarrollo de procedimientos de monitoreo en caña y molinos, estudios organizacionales y de la logística de las actividades componentes, así como la evaluación económica desde diferentes escenarios.

A pesar que desde el principio se pudo probar la necesidad, viabilidad y confiabilidad de las técnicas y procedimientos desarrollados, como toda actividad que rompe paradigmas existentes, no obstante representar mejoras ostensibles, el camino recorrido por el proyecto ha sido penoso y complejo. Paso a paso, demostrando en la práctica las ventajas inherentes, convenciendo con los resultados y superando tenazmente las dificultades, se logró la apertura de un grupo empresarial a la implementación del sistema, aunque fuera de forma experimental.

Por último, en la zafra 2010-2011 el Grupo Pantaleón decidió implementar gradualmente y en forma sistemática el control microbiológico, como se le estaba proponiendo en el proyecto. Así se instaló el Control Operativo Microbiológico en el área de Molinos y, en forma parcial, el monitoreo en el laboratorio de caña.

La implementación sistemática y gradual del control microbiológico brindó la oportunidad de hacer análisis más integrales del comportamiento de los productos azucareros involucrados (fundamentalmente caña y jugos de los molinos) y mejorar los análisis económicos con datos reales; pero al mismo tiempo se han generado nuevas necesidades: de técnicas analíticas complementarias o para evaluaciones específicas, en el desarrollo de logísticas, en la organización del trabajo y en el procesamiento y análisis de la información generada.

El presente informe es el resultado del grupo de megaproyecto que trabajó desde junio del 2010 hasta noviembre del 2011 en los aspectos relacionados en el párrafo anterior e incluye el análisis organizacional del propio megaproyecto, el desarrollo de nuevas técnicas analíticas, los análisis de los resultados en caña y molinos, la logística de procesos del propio sistema o asociados, el desarrollo de una base de datos con su manual de instrucciones y un avance de evaluación económica.

En las etapas finales del proyecto, parte de los estudiantes participantes presentaron los resultados obtenidos en las actividades relacionadas a sus directivos en la empresa, lo que propició intercambios muy fructíferos y avances en la optimización de la implementación. Como fruto de los resultados obtenidos por el ingenio y los aportados por el proyecto, además de los procedimientos que se establecerán por áreas, la dirección de la empresa decidió la implementación total para el área de molinos y caña y la ampliación a los otros tres ingenios del grupo.

## II. ANTECEDENTES

### A. Generalidades de la Industria Azucarera

**1. La caña de azúcar.** La caña de azúcar es una planta que pertenece a la familia de las gramíneas, género *Saccharum*, y a la especie *Saccharum officinarum*. Durante su desarrollo se forma un sistema vegetativo del cual nacen un gran número de tallos. Al conjunto total se le conoce como cepa. El tallo está formado por una serie de canutos o entrenudos y en cada uno están insertadas las hojas en posición alternada (Flores 1976; Porta, 1995).

En condiciones normales la caña de azúcar se reproduce por estacas. Esta multiplicación vegetativa fue la única practicada por el hombre hasta el momento en que se descubrió que las semillas de la caña podían ser fértiles. La utilización por estacas sigue siendo el único método de multiplicación de la caña en orden a su cultivo. Las estacas son partes más o menos largas del tallo de caña que contienen un número variable y, en general, limitado de yemas laterales (Fauconnier, 1975).

La caña de azúcar está constituida por jugo y fibra. La fibra es la parte insoluble en agua y principalmente está formada por celulosa, la cual está compuesta por azúcares sencillos como la glucosa. El jugo por su parte contiene agua y sacarosa. En la caña el agua representa entre 73% y 76%. Los sólidos totales solubles varían entre 10% y 16% y la fibra oscila entre 11% y 16%. Entre los azúcares más sencillos se pueden mencionar la glucosa y fructosa que existen en el jugo de cañas maduras en una concentración entre 1% y 5% (Clarke *et al*, 1986).

Además de los azúcares presentes en el jugo, existen otros constituyentes químicos de naturaleza orgánica e inorgánica representados por sales de ácidos orgánicos, minerales, polisacáridos, proteínas y otros no azúcares (Clarke *et al*, 1986).

Todos los jugos contienen aproximadamente los mismos constituyentes, pero en proporciones variables. Esta variación se debe a las diferencias de clima, suelo, métodos de cultivo, abonos, lluvias y riegos. En la siguiente tabla se muestran los límites dentro de los cuales varían los porcentajes de la composición química de los tallos y de los jugos de la caña de azúcar.

**TABLA No. 1** COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS TALLOS Y DE LOS JUGOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR (MEADE 1998)

	<b>Constituyente químico</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
En los tallos	Agua	73 – 76
	Sólidos	24 – 27
	• Sólidos solubles • Fibra (seca)	10 - 16 11 – 16
En el jugo	Azúcares	75 – 92
	• Sacarosa	70 - 88
	• Glucosa	2 - 4
	• Fructosa	2 – 4
	Sales	3.0 - 3.4
• Orgánicas	1.5 - 4.5	
• Inorgánicas	1.0 – 3.0	
	Ácidos orgánicos	1.5 – 5.5
	Aminoácidos	1.5 - 2.5
Otros no azúcares	Proteínas	0.5 – 0.6
	Almidones	0.001 – 0.050
	Gomas	0.3 – 0.6
	Ceras, grasas	0.15 - 0.50
	Compuestos fenólicos	0.10 – 0.80

## 2. Proceso de obtención de azúcar

**a. Proceso de corte, alce y transporte.** El proceso de la caña de azúcar inicia en el campo. El buen cuidado que se le de al cultivo en los primeros meses de crecimiento determina la calidad del mismo en una edad madura. En esta etapa, es cuando el riesgo climatológico tiene la mayor incidencia en el cultivo.

Cuando el cultivo llega a una etapa madura se inicia el proceso de cosecha y alce. El corte de la caña puede ser manual o mecánica dependiendo de la geografía del lugar. Por lo general, la caña se encuentra en fincas que se encuentran ubicadas a cierta distancia del ingenio, de allí la importancia de tener buenos caminos y rutas cortas para transportar la caña sin complicaciones hasta la fábrica del ingenio.

El proceso de Cosecha incluye todas las actividades relacionadas con el CAT que por sus siglas se define como Corte, Alce y Transporte hacia el Ingenio. Llevar caña fresca a la fábrica es el objetivo más importante de la Cosecha, para lograrlo es necesaria una buena planificación de la Cosecha, una excelente operación del Corte, Alce y Transporte para garantizar el mínimo posible de pérdidas de azúcar entre la quema de la caña y su ingreso al coresampler de la Fábrica.

**b. Preparación de caña.** Ya habiendo sido transportada la caña por medio de camiones, esta es vertida en fajas o depósitos por medio de malacates (grúas). En las fajas o depósitos se pasa al proceso de preparación de caña, el cual consiste en que las máquinas cortadoras se encargan de desfibrar o cortar en pedazos más pequeños los tallos de caña, esto para que el proceso de molienda sea más eficiente y se pueda exprimir más jugo de las cañas de azúcar.

**c. Extracción de jugos.** El proceso de molienda consiste en la obtención del jugo que se encuentra en la fibra de caña, la extracción se realiza por medio de una serie de molinos que se encargan de moler la caña o bagazo. Comúnmente las industrias azucareras cuentan con cinco o seis molinos en serie para lograr aprovechar al máximo la fibra de caña, el bagazo es transportado a los siguientes molinos por medio de unas fajas mejor conocidas en el ámbito de la industria azucarera como transportadoras de bagazo. El primer molino es el encargado de moler la fibra de caña ya preparada, obteniendo así el jugo primario, los demás molinos se encargan de moler el bagazo proveniente de los molinos anteriores, el jugo que se obtiene del molino dos en adelante se llama jugo secundario.

**d. Alcalización.** La alcalización es el siguiente paso después del sulfitado. El jugo sulfitado se lleva al tanque de alcalizado en donde se mezcla con una lechada de cal o sacarato. El objetivo principal de esta adición es atrapar las impurezas disueltas en el jugo a través de las partículas de cal para formar precipitados. Además es utilizado para aumentar el pH para disminuir la posible inversión de sacarosa (Véliz, 2003).

**1) Lechada de cal.** La cal reacciona con el fosfato contenido en el jugo diluido y forma lentamente fosfato tricálcico  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . El fosfato de calcio formado en el proceso es una masa amorfa de composición y aspecto físico variado. Las partículas de fosfato de calcio formadas por

la acción de la lechada en el jugo llevan una carga negativa provocando que no arreste o sedimente coloides cargados negativamente. Sin embargo barren las dispersiones gruesas, que tienen una carga muy pequeña por unidad de peso (Batule, 2001).

La calidad de la cal tiene mucha importancia debido a que las impurezas pueden afectar considerablemente el tamaño y tipo de flóculo que se formará, la velocidad de asentamiento, la claridad del jugo y el nivel de incrustaciones en los evaporadores. La masa espesa de cal y agua es una mezcla de suspensiones y de solución coloidal de hidróxido de calcio. La solubilidad de la cal en agua es de 0.12% a 25 °C, pero se incrementa significativamente en soluciones de azúcar. Una solución de sacarosa al 10% disuelve 1.5% de CaO. La solubilidad del hidróxido de calcio disminuye al aumentar la temperatura (Batule, 2001).

**2) Aplicación de la cal como sacarato.** La cal se disuelve en una solución de sacarosa formando sacarato de calcio. El manejo de esta solución es más fácil que el de la lechada de cal, debido a que la limpieza y mantenimiento son menos frecuentes. Con el uso de sacarato se obtiene una menor variación de pH que con el uso de la lechada de cal, lo cual beneficia enormemente el proceso de clarificación (Batule, 2001)

**e. Clarificación.** La clarificación de jugos tiene como objetivo principal eliminar la mayor cantidad de impurezas presentes en los jugos y se puede dividir en cuatro procesos:

- 1) Separación de sólidos o impurezas del jugo por medio de tamizado.
- 2) Sulfitación y alcalización
- 3) Calentamiento del jugo alcalizado
- 4) Precipitación o sedimentación de impurezas del jugo en los clarificadores

(Batule, 2001)

La eliminación de las impurezas del jugo es complicado y por esta razón se requiere de un control riguroso de la calidad y reactivos utilizados, temperatura, nivel de acidez o alcalinidad adecuada para una buena precipitación (Batule, 2001).

**f. Evaporación.** La evaporación es una operación unitaria que tiene el objetivo principal de concentrar una solución que está conformada por un soluto no volátil y un solvente volátil. En la mayoría de evaporaciones el solvente utilizado es agua. La evaporación se lleva a cabo vaporizando una parte del solvente para obtener una solución concentrada. Por lo general el producto que se requiere es el líquido concentrado, mientras que el vapor se condensa y se desecha (McCabe, 2007).

En el proceso de producción de azúcar el jugo procedente de los clarificadores está constituido por agua natural que se exprime de la caña y parte del agua de imbibición. Esta agua representa el 85% del jugo y los sólidos el 15%. Es necesario eliminar la mayor parte de agua para que se obtenga un jarabe con un contenido de sólidos entre 60% y 65% (Meade, 1998).

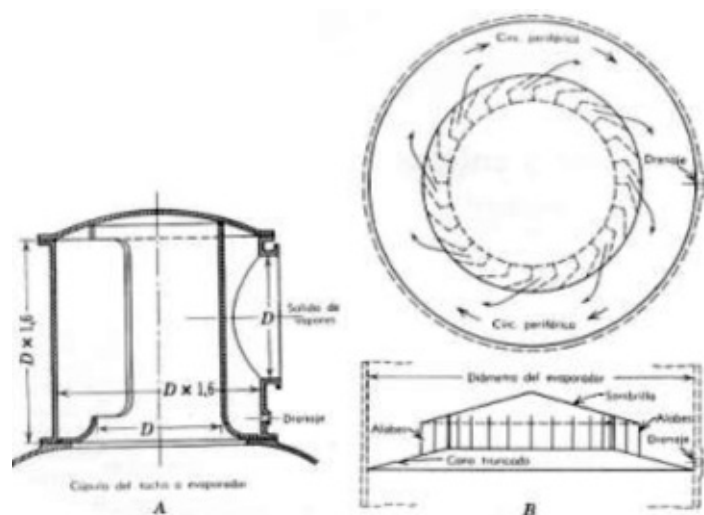
El equipo donde se lleva a cabo la evaporación es el evaporador. Todos los ingenios modernos utilizan evaporadores de múltiple efecto ya que de esta forma se logra que el vapor trabaje varias veces. Para esto es necesario disminuir la presión de cada unidad sucesiva que se añade, y así se establecerá una diferencia de temperatura adecuada que permitirá el funcionamiento correcto de evaporador. El evaporador de múltiple efecto en la industria azucarera está compuesto entre 3 y 5 evaporadores conectados en serie. Cada uno de los evaporadores que conforman el sistema son llamados efectos, cuerpos, celdas o unidades (Meade, 1998).

Cada efecto está constituido de un cuerpo vertical cilíndrico y cerrado. La parte inferior tiene un fondo cónico y cóncavo hacia arriba, donde se encuentra la calandria o elemento calefactor. Este elemento tiene forma cilíndrica y puede medir entre 4 y 6 pies de altura. Además tiene placas para tubos en sus extremos superior e inferior. Estas placas están llenas de tubos de cobre de 1 ¼" a 2 ¼" de diámetro y con paredes de 1/16" aproximadamente. Estos tubos forman la superficie de la calefacción. La calandria posee una entrada de vapor grande, situada en un costado, y las placas llevan tuberías en el fondo, para drenar, y en la parte superior para salida de gases. Estas tuberías llegan hasta el exterior del cuerpo, y finalmente se conectan al condensador (Meade, 1998).

Sobre la calandria se encuentra el espacio destinado para la evaporación. Este espacio mide alrededor de 3 metros de altura. Arriba de este espacio se encuentra el separador que se encarga de atrapar las gotas de jugo que fueron arrastradas por el vapor. El separador de cada efecto posee una purga y una salida de vapor, además está conectado con la calandria del siguiente efecto. El último separador está conectado directamente al condensador. El aire se extrae del condensador por medio de una bomba de vacío, y el vacío se mantiene mediante el uso de agua fría de inyección (Meade, 1998).

Encima de la calandria va el espacio para la evaporación con una altura total de aproximadamente 3 metros. El cilindro que rodea este espacio se dota de mirillas, un termómetro, una entrada de hombre y otros accesorios. Arriba de este cilindro se tiene la cubierta superior, en la cual va fijado un separador para atrapar las gotas de jugo que puedan ser arrastradas por las corrientes rápidas de vapor, provocando pérdidas de sacarosa. Este separador tiene una purga y una salida de vapor, situadas a un lado. El principio de operación de este equipo es el cambio de dirección, para que las gotas de jugo que van en la corriente de vapor se desvíen de la corriente de vapor. En la siguiente ilustración se muestran dos diferentes tipos de separadores

**ILUSTRACIÓN No. 1 SEPARADOR NORMAL Y SEPARADOR INTERNO PARA EVAPORADORES (MEADE, 1998)**



El separador de cada vaso está conectado con la calandria del siguiente por grandes tuberías de vapor, y el separador del último cuerpo está conectado al condensador de la misma forma. El aire se extrae del condensador por medio de una bomba de vacío, y el vacío se mantiene mediante el uso de agua fría de inyección (Meade, 1998).

El vapor que ingresa en la calandria del primer efecto permite que el jugo pueda hervir dentro de los tubos. La evaporación sale de este primer efecto pasando a través del domo, el separador y la tubería de vapor, ingresando a la calandria del segundo efecto. En el segundo efecto ocurre el mismo proceso que ocurre en el primer efecto. La evaporación obtenida es alimentada en el tercer efecto siguiendo el mismo principio. Se sigue este proceso de forma sucesiva hasta llegar al último efecto, donde la evaporación pasa al condensador (Meade, 1998).

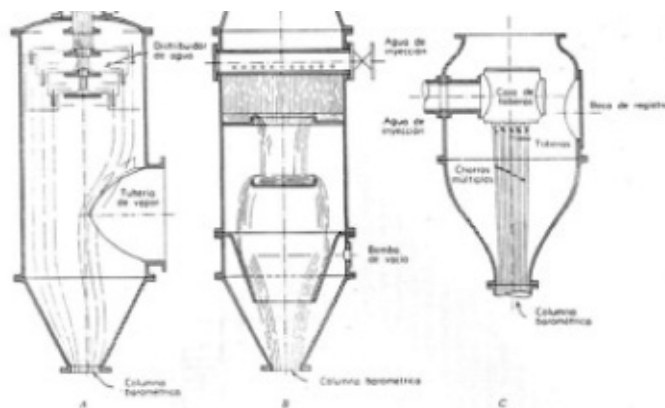
El jugo es alimentado al primer efecto y va pasando por cada efecto hasta llegar al último, donde es extraído continuamente para evitar la acumulación de condensados que disminuyan la eficiencia del equipo de evaporación. Cualquier acumulación de condensados ahogará la superficie calórica y frenará el aparato (Meade, 1998).

El vapor obtenido del proceso de evaporación en cada efecto debe ser condensado para poder obtener vacío, que indispensable en la operación. De la forma más simple un condensador se puede definir como un recipiente cilíndrico cerrado en el cual entra agua fría por la parte superior. El agua fría entra en contacto con el vapor y lo condensa, aumentando su propia temperatura. El agua caliente sale del condensador y se descarga un recipiente llamado pozo caliente (Meade, 1998).

La diferencia entre la temperatura del vapor y la del agua caliente es llamada diferencia terminal y representa el índice aceptado de la eficiencia de un condensador. En el caso de que la diferencia terminal sea igual a cero se tiene una eficiencia del 100% (Meade, 1998).

En los ingenios azucareros se utilizan tres distintos tipos de condensadores: de contracorriente, corriente paralela y de chorros múltiples. En los condensadores de contracorriente el vapor ingresa cerca del fondo. En los de corriente paralela los vapores entran por la parte superior. Y los de chorros múltiples ingresan en forma de chorros finos que convergen en la salida de agua. Es importante mencionar que para este tipo de condensadores no es necesario utilizar vacío (Meade, 1998).

**ILUSTRACIÓN No. 2** CONDENSADOR CONTRACORRIENTE, DE CORRIENTE PARALELA Y DE CHORROS MÚLTIPLES (MEADE, 1998)



Por lo general el condensado del primer efecto se utiliza como alimentación en las calderas, debido a su elevada temperatura y pureza. Los condensados del primer efecto pueden combinarse con los condensados del resto de efectos, preferentemente los de mayor temperatura para completar el volumen necesario de alimentación. En el caso de que se utilicen condensados de otros efectos se debe tener especial cuidado para no introducir azúcar a las calderas. En la mayoría de los casos es preferible sólo utilizar los condensados del primer efecto (Meade, 1998).

Mediante el aprovechamiento flash se puede economizar el vapor utilizado. El condensado del segundo efecto pasará al tercero, en donde se evaporará hasta alcanzar la temperatura de operación. Esto seguirá de forma sucesiva en el resto de efectos (Meade, 1998).

El jugo se alimenta al primer efecto, y de ahí pasa al segundo, al tercero, al cuarto y por último al quinto, por tuberías de alimentación apropiadas y dotadas de válvulas de control. El jugo que ingresa al primer efecto tiene una temperatura menor a la de ebullición. El jugo debe extraerse de cada efecto en el punto donde su concentración es máxima. El jugo concentrado se extrae del último efecto por medio de una bomba. El vapor que va condensando en las calandrias tiene que ser extraído continuamente por medios idóneos; sino, la acumulación de condensados anega la superficie calórica y disminuye el rendimiento del evaporador (Meade, 1998).

Cada efecto debe tener un indicador de nivel que permita observar la altura del líquido que está en ebullición. Por lo general la mitad de la parte superior de la mirilla debería quedar libre de espuma. Si se encuentra por debajo o por arriba de este nivel se puede decir que el funcionamiento del evaporador es deficiente. Es importante mencionar que el nivel que tenga la espuma depende directamente de la limpieza de los tubos y la velocidad de operación del evaporador (Meade, 1998).

**1) La transmisión de calor en el evaporador.** En los evaporadores la resistencia al flujo del calor está compuesta por las siguientes partes: resistencia que opone la película de vapor, la que opone el metal y la que opone la película del líquido. La resistencia de la película de vapor se define como la resistencia de calor hacia la superficie de los tubos de metal. Esto representa el impedimento que ofrece la película de agua existente debida a la condensación de vapor. Esta condición será más grave en el caso de que los tubos estén corroídos por el lado del vapor o si se formaron depósitos que incrementen el espesor de la película de agua. La formación de películas de aceite, causadas por no limpiar el vapor obtenido, puede afectar el trabajo del evaporador (Meade, 1998).

La acumulación de gases no condensables en los compartimientos de vapor de los evaporadores afecta la transmisión eficiente del calor y por lo tanto disminuye la capacidad de éste. Es indispensable que los gases acumulados sean removidos de forma continua a través de tuberías que descarguen en los condensadores. La temperatura del vapor también afecta de forma significativa la transmisión del calor. A mayor temperatura de evaporación mayor será la transmisión de calor. (Meade, 1998).

La viscosidad de la solución afecta la transmisión de calor a medida que ésta se hace más viscosa. En el sistema de evaporación de los ingenios no es grave para los primeros efectos donde la densidad de la solución es baja. Sin embargo al llegar al último efecto y alcanzar la densidad final adquiere importancia este aspecto. Cuando disminuye la capacidad la densidad del último efecto debe disminuir (Meade, 1998).

De todos los aspectos que limitan el correcto funcionamiento de los evaporadores las superficies sucias que adquieren las superficies calóricas constituyen el mayor factor limitante. Cuando estas superficies metálicas se encuentran limpias la capacidad es buena, conforme las superficies empiezan a ensuciarse la capacidad disminuye hasta el punto que es necesario parar la operación del evaporador y limpiarlo (Meade, 1998).

El período de operación entre una limpieza y otra puede variar. En algunos casos no dura más de 72 horas y en otros puede llegar hasta dos semanas. En países como Cuba, Puerto Rico, República Dominicana y México es recomendable realizar la limpieza una vez por semana. En los siguientes puntos se explicará con mayor detalle las incrustaciones en los evaporadores y se profundizará en la limpieza (Meade, 1998).

**2) Incrustación en los evaporadores.** A medida que aumenta la concentración del jugo una cantidad significativa de las impurezas, como en el caso de las sales minerales, se hacen insolubles. Estas impurezas pueden llegar a depositarse en la superficie calórica del evaporador formando

una incrustación dura. Como se mencionó anteriormente las incrustaciones son malas conductoras de calor y deben ser eliminadas de forma periódica para el funcionamiento eficiente del proceso de evaporación (Meade, 1998).

La clase de incrustación depositada en los evaporadores depende de distintos factores. El primer factor que se puede mencionar es la composición de las cenizas que contiene el jugo. El primer efecto tendrá menor incrustación que los efectos siguientes. Por su parte el último efecto va a tener la incrustación más gruesa y difícil de remover. Aproximadamente más de la mitad de la incrustación del primer efecto está compuesta de fosfato de calcio, carbonato y silicato. En el último efecto estará constituido principalmente por sílice, oxalatos, carbonatos, silicatos, sulfitos y fosfato de calcio (Meade, 1998).

Es importante tomar en cuenta que la incrustación no está depositada en forma uniforme sobre los tubos, sino es más espesa en el extremo inferior, donde la circulación tiende a ser más lenta (Meade, 1998).

**3) Eliminación de la incrustación.** Para la eliminación de las incrustaciones se recomienda hervir una solución de soda cáustica o una mezcla de soda cáustica y carbonato de sodio durante unas horas. El carbonato de sodio permite disolver la incrustación de silicatos del último efecto. Luego se lava con agua y se hace hervir con ácido muriático diluido. La solución de soda cáustica utilizada se guarda para utilizarla varias veces. Por su parte el ácido se debe desechar después de utilizarlo (Meade, 1998).

Según un estudio realizado por Keller, en la mayoría de ingenios la mezcla de la solución contiene de dos terceras a tres cuartas partes de soda cáustica y una tercera o cuarta parte de carbonato de sodio. El tiempo que se dejan hervir esta solución es de 3 a 6 horas. La solución de ácido muriático se utiliza en concentraciones de 1 a 3% por peso y por lo general se hierve de media a dos horas y media (Meade, 1998).

**g. Cristalización.** La cristalización tiene lugar en tachos al vacío de simple efecto, donde el jarabe se evapora hasta quedar saturado de azúcar. En este momento se añaden semillas a fin de que sirvan de medio para los cristales de azúcar, y se va añadiendo más jarabe (meladura) según se evapora el agua. El crecimiento de los cristales continúa hasta que se llena el tacho. La templa (el contenido del tacho) se descarga luego por medio de una válvula a un cristizador. La meladura primero pasa al primer tacho, donde se deposita aproximadamente 70% de meladura y 30% de semilla. Sale una masa compuesta de miel y cristales la cual es llevada a centrifugación agregándole agua para diluir la miel impregnada en los cristales. La miel pasa al segundo tacho donde hay otra semilla que es azúcar refinada triturada. La semilla absorbe la sacarosa hasta obtener un azúcar de menor tamaño que sirve de semilla para el primer tacho. La miel del segundo se utiliza en el tercer tacho para el mismo procedimiento. La miel de primera tiene una pureza de 60 a 65, la miel de segunda de 50 a 56 y la miel final de 30 a 35. Mientras que la masa cocida de la primera tiene un pureza de 78 a 80, la de segunda de 69 a 72, y la de tercera de 56 a 58 (Porta 1955).

**1) El semillamiento.** El semillamiento por choque fue introducido por Zitkowski en la industria remolachera, sustituyó rápidamente el método más antiguo que consistía en permitir que el grano se formara espontáneamente. El líquido se concentra hasta un punto superior al del punto de saturación, después de lo cual se introduce al tacho una cantidad pequeña (aproximadamente  $\frac{1}{2}$  kg) de polvo de azúcar. Este polvo no sirve de núcleo al grano, sino constituye un choque a la solución sobresaturada, mediante el cual se induce la formación de grano nuevo más pronto que con el procedimiento antiguo. El choque se debe aplicar tan pronto que con el procedimiento antiguo. El choque se debe aplicar tan pronto como se haya pasado el punto de la saturación, lo que significa que se debe hacer cuando la solución este en la zona metaestable. Si se practica el choque demasiado tarde, hay peligro de formación de conglomerados debido a la concentración excesiva. La velocidad de adsorción de azúcar de cualquier cristal es proporcional a su superficie, que varía según el cuadrado de su dimensión lineal, mientras que el volumen o peso varían según el cubo de esta dimensión. La superficie de un cristal en comparación con su peso es inversamente proporcional a su tamaño; esto quiere decir que, con determinado peso de crecimiento, por lo que también será mayor el crecimiento. Esto corrige las irregularidades iniciales de los cristales, ya que los pequeños crecen de una manera más rápida que los grandes. Esto corrige las irregularidades iniciales de los cristales. La irregularidad del grano de la templa final se puede deber a:

- Un aumento repentino del vacío.
- Que se haya permitido una evaporación demasiado rápida.
- Filtración de aire por la válvula de descarga.
- Admisión de alimentación fría a un tacho caliente mientras la templa estaba subiendo. (Spencer, 1917)

No aparecerá grano tan pronto como se introduzca el azúcar pulverizado. Junto con el choque se admite una cantidad mínima de aire, para evitar alteraciones del equilibrio de temperatura. Cuando, después de unos minutos, comience a formarse el grano, habrá que decidir cuándo detener dicha formación, lo que se hará por examen de la muestra tomada por sonda como en procedimientos antiguos. (Spencer, 1917).

**2) El falso grano y los conglomerados.** Si no se practica el semillamiento de tachos, es fácil que la medida se pase cuando se frena la formación de grano mediante el aumento de la temperatura del tacho, o por dilución, o por ambos métodos; la masa cocida cae a punto inferior al de saturación y todo el grano queda disuelto, por lo que quedará una cantidad insuficiente y se necesitarán núcleos adicionales para compensar la pérdida. Hay que llevar la concentración a la fase metaestable después que se ha logrado formar el grano, y en esta fase debe mantenerse durante todo el resto de la templa. Si la concentración se lleva a un punto demasiado alto, se formará falso grano y habrá que disolverlo por dilución, preferiblemente con agua. Aun después que aparezca el falso grano, puede ocurrir la formación de conglomerados. (Spencer, 1917)

La conglomeración significa la agrupación de cierto número de cristales, que siguen creciendo juntos. Una vez formados, los conglomerados seguirán así hasta el final de la templa. Estas agrupaciones de cristales son inconvenientes, porque se alojan impurezas en las rendijas, que evitan el lavado debido

y rinden un producto malo, de elevada coloración y baja filtrabilidad. Los conglomerados bajan la calidad del azúcar refinado y del consumo directo y hacen que sea más difícil secar estos azúcares en los granuladores. Los conglomerados se forman con mayor facilidad a purezas altas. Las purezas bajas casi nunca forman conglomerados. Al seleccionar azúcares finos para el semillamiento, si estos están conglomerados, el producto final también lo estará, ya que los conglomerados nunca quedan destruidos.

La conglomeración se lleva a cabo en el límite superior de la zona metaestable, precisamente antes de la formación de falso grano. En otras palabras, si se ha formado falso grano es casi seguro que se hayan formado conglomerados. (Spencer, 1917)

**3) Polarimetría.** Cuando un haz de luz polarizada atraviesa un medio anisótropo, la interferencia entre los rayos electromagnéticos ordinario y extraordinario lleva a la producción de una radiación polarizada elípticamente, circulante o en un plano. Estos diferentes efectos se pueden explicar como sigue: cuando dos trenes de onda de la misma frecuencia polarizados según planos perpendiculares se desplazan en la misma dirección, la resultante es un vector que no está en un plano, sino que describe una elipse o un círculo. Si las dos vibraciones presentan una diferencia de fase comprendida entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , el vector describe una elipse. Si la diferencia de fase es de  $90^\circ$ . La resultante describe una elipse o un círculo. La única excepción se da cuando las vibraciones están en fase, en cuyo caso la resultante es un único movimiento ondulatorio que está polarizado en el plano que forma un ángulo de  $45^\circ$  con los planos de las vibraciones componentes. En los casos de mayores diferencias de fase las figuras mencionadas se repiten a intervalos de  $180^\circ$ . (Pickering, 1980)

Un haz polarizado linealmente que atraviesa un medio puede estimarse desdoblándose en dos componentes circulares que son coherentes y que tienen sentidos de rotación opuestos. Cuando la luz emerge del medio, estos dos componentes se reúnen de nuevo resultando el haz primitivo polarizado en un plano. Sin embargo, si el medio es anisótropo, el rayo emergente no es idéntico al primitivo ya que en estos medios los índices de refracción para la luz polarizada dextrorsa o sinistrorsa son distintos. Es decir, son distintas las velocidades de propagación, lo cual produce una diferencia de fase que da lugar a que, al abandonar dicho medio, el rayo resultante aparezca con el plano de polarización girado un cierto ángulo. (Pickering, 1980)

Existen numerosas sustancias que presentan la propiedad característica de provocar la rotación del plano de una radiación polarizada. Se dice que estas sustancias poseen poder rotatorio óptico. El poder rotatorio óptico tiene su origen en la asimetría estructural que se da en toda sustancia que carece de plano o de centro de simetría. La asimetría puede ser propia de la formación cristalina en que se presenta la sustancia, o inherente a la propia estructura de sus moléculas. En este último caso, la actividad óptica es independiente de la forma física de la sustancia. (Pickering, 1980)

Un centro ópticamente activo típico es el átomo de carbono con cuatro sustituyentes distintos. La disimetría estructural resultante, que da a la sucesión de átomos en la molécula una disposición dextrorsa o sinistrorsa, origina la rotación óptica y en consecuencia, los compuestos de este tipo se presentan en formas isómeras dextrógiras (D) y levógiras (L). (Pickering, 1980)

Si se mezclan cantidades iguales de la formas D y L se obtienen las llamadas mezclas racémicas, las cuales carecen de actividad óptica ya que se anulan entre sí las actividades de cada forma. El ángulo de rotación del plano de polarización de la luz varía según la naturaleza de la sustancia ópticamente activa que se trate y también según la longitud de onda de la radiación y la temperatura. La rotación específica de una sustancia se define por  $[\alpha]=\alpha/dc$ , en la que  $\alpha$  es el ángulo de rotación del plano de polarización que experimenta la luz al atravesar una cubeta de una longitud de  $d$  decímetros que contiene una solución de concentración (g/100ml). Generalmente,  $\alpha$  se mide con radiación monocromática de la longitud de onda de la raya D de una lámpara de sodio. (Pickering, 1980)

La sacarosa está constituida por una molécula de  $\alpha$ -glucosa y otra de  $\beta$ -fructosa. La sacarosa se degrada, por ejemplo, en la célula de levadura por la acción de una enzima especial denominada  $\beta$ -fructosidasa, capaz de desdoblar precisamente compuestos de  $\beta$ -fructosa; pero como contiene también  $\alpha$ -glucosa, puede ser descompuesta asimismo por la enzima maltasa del intestino. (Pickering, 1980)

La sacarosa es soluble en agua, poco soluble en alcohol e insoluble en el éter. Funde a unos  $160^{\circ}\text{C}$  y al solidificarse, forma una masa vitre. A partir de  $180^{\circ}\text{C}$  se transforma en caramelo. Sus disoluciones tienen la propiedad de desviar hacia la derecha la luz polarizada, circunstancia que permite determinar la proporción de azúcar que contiene una disolución. La molécula de sacarosa, en presencia de ácidos diluidos o de fermentos, puede hidrolizarse dando una molécula de glucosa y otra de fructosa. Como la fructosa que es levógira hace girar hacia la izquierda el plano de polarización de la luz polarizada un ángulo mayor que el que lo hace girar hacia la derecha la glucosa que es dextrógira se producen en la disolución observada con el polarímetro una inversión, que es el nombre dado a la referida hidrólisis o desdoblamiento. (Pickering, 1980)

La caña contiene de 13 a 15 por 100 de azúcar y la remolacha, de 12 y 17 por 100. Así, la remolacha y la caña, son las dos materias primas de la industria azucarera. Para obtener 100 kg de azúcar (sacarosa) se tratan de 800 a 1,400 kg de caña o de remolacha. (Pickering, 1980).

**h. Centrifugación.** La masa cocida proveniente del cristalizador se lleva a máquinas giratorias llamadas centrifugas. El tambor cilíndrico suspendido de un eje tiene paredes laterales perforadas, forradas en el interior con tela metálica, entre éstas y las paredes hay láminas metálicas que contienen de 400 a 600 perforaciones por pulgada cuadrada. El tambor gira a velocidades que oscilan entre 1000-1800 rpm. El revestimiento perforado retiene los cristales de azúcar que puede lavar con agua si se desea. El licor madre, la miel, pasa a través del revestimiento debido a la fuerza centrífuga ejercida (de 500 hasta 1800 veces la fuerza de la gravedad), y después que el azúcar es purgado se corta, dejando la centrifuga lista para recibir otra carga de masa cocida. Las máquinas modernas son exclusivamente del tipo de alta velocidad (o de una alta fuerza de gravedad) provistas de control automático para todo ciclo. Los azúcares de un grado pueden purgarse utilizando centrifugas continuas. El azúcar se lava con agua caliente para eliminar la miel que cubre los cristales y se descarga para conducirla a las secadoras. En los secadores se elimina el agua que viene impregnada en los cristales.

**i. Enfriamiento y secado.** El azúcar producido se enfría y se seca antes de su almacenamiento o envasado. Puede almacenarse a granel, empaquetado (bolsas de 1 kg.) o ensacado (sacos de 50 ó 100 kg.) (Porta 1955).

## **B. Industria azucarera en el mundo y Guatemala**

La caña de azúcar es actualmente cultivada por más de 100 países en más de 20 millones de hectáreas en el mundo, en donde se producen 1,300 millones de toneladas de caña (Melgar, 2010). Según estadísticas de la FAO los principales productores de azúcar en el mundo son Brasil, India, China, Tailandia y Paquistán. Guatemala se encuentra en el doceavo lugar a nivel mundial. A nivel de Latino América Guatemala ocupa el puesto número cuatro de los mayores productores de azúcar, por detrás de México, Colombia y Argentina (FAO, 2010).

La agroindustria azucarera es una organización que se ha convertido en una de las principales fuentes de divisas para el país y generadora de abundantes empleos en la economía guatemalteca, con lo constituye un factor determinante para el progreso de Guatemala (Azasgua, 2011).

**1. Ingenios de Guatemala.** La agroindustria azucarera de Guatemala se ha desarrollado en la costa sur del país, en donde con un área sembrada de 207,000 hectáreas (zafra 2006-2007) de un potencia de 342,000 hectáreas se produce el 99.7 por ciento del total del azúcar de Guatemala. En esta zona se ubican 11 de los 15 ingenios que funcionan en la actualidad. El otro 0.3% del área se encuentra distribuido entre los municipios de Cuilapa, Santa Rosa, Villa Canales, Guatemala y Panzós, Alta Verapaz (CENGICANA, 2007).

- a. Ingenio Concepción
- b. Ingenio Pantaleón
- c. Ingenio Palo Gordo
- d. Ingenio Los Tarros
- e. Ingenio el Baúl
- f. Ingenio Madre Tierra
- g. Ingenio La Sonrisa
- h. Ingenio Santa tersa
- i. Ingenio La Unión
- j. Ingenio Santa Ana
- k. Ingenio Guadalupe
- l. Ingenio Magdalena
- m. Ingenio El pilar
- n. Ingenio Trinidad

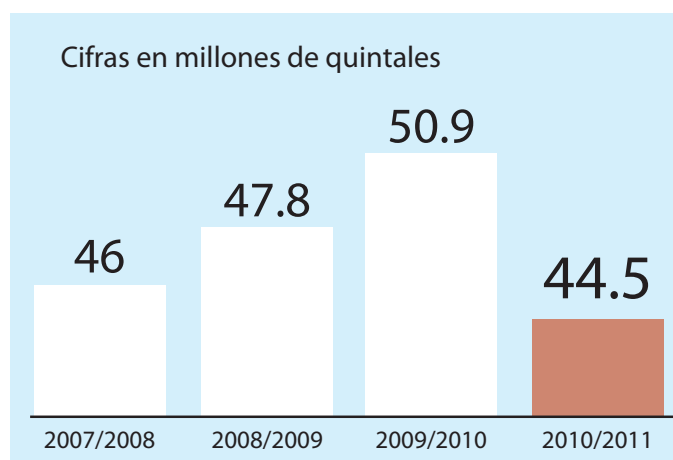
**2. Comercialización.** Alrededor del 70% de azúcar producido por los ingenios en Guatemala es exportado al mercado mundial. La mayor parte del mercado de exportación radica en Norteamérica y Asia. Aproximadamente el 12.6% de azúcar producido es enviado a Corea, 12,8% a Estados Unidos y a México un 21.8% (Ministerio de Economía, 2008).

Con el fin de aumentar la competitividad de la industria azucarera del país a nivel mundial, en 1994 se inauguró EXPOGRANEL, la terminal de embarque encargada de la recepción, almacenamiento y embarque del azúcar para exportación. Está localizada en el Puerto Quetzal, departamento de Escuintla, permite embarcar 2000 toneladas métricas de azúcar por hora y se puede catalogar como una de las terminales de embarque más eficientes en la industria de azúcar a nivel mundial (Expogranel S.A., 2011)

Según datos del Banco de Guatemala para el año 2006 la exportación de azúcar representó el 4.9 por ciento del producto interno bruto (PIB) y el 23 por ciento del total de las divisas generadas por los principales productos (CENGICANÑA, 2007).

Para la zafra 2010-2011 las exportaciones guatemaltecas cayeron un 20.6 por ciento, al totalizar 29.2 millones de quintales frente a los 36.8 millones de quintales vendidos en la cosecha anterior. Una de las principales causas de la disminución de la exportación se debe a la menor producción que hubo por el impacto en los cultivos de caña por las tormentas tropicales y lluvias intensas. En la zafra 2009-2010 la producción alcanzó los 50.9 millones, mientras que en la zafra 2010-2011 fue de 44.5 millones de quintales (Dardón, 2011).

**ILUSTRACIÓN No. 3** PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DE LAS ÚLTIMAS CUATRO ZAFRAS EN GUATEMALA (DARDON, 2011)



**3. Generalidades de los sistemas de corte para el Ingenio Pantaleón.** La planificación de la cosecha se realiza en el mes de septiembre de cada año, de preferencia las plantaciones de caña deben cortarse con una edad de 11.50-12.50 meses con el objeto de que puedan expresar el potencial

genético relacionado con el rendimiento de azúcar determinado por las condiciones climáticas de cada zafra. El corte de la caña inicia en la primer quincena de noviembre y finaliza por lo general en la primer quincena de mayo. El paquete tecnológico de Pantaleón incluye la aplicación de químicos para aumentar el contenido de Sacarosa de la caña que se va a cosechar, a estos productos se las conoce como Madurantes. El corte mecanizado se asigna a los campos con topografía plana, libre de obstáculos como piedras y/o troncos de árboles. El corte manual se realiza en aéreas con mayor grado de dificultad.

**a. Corte manual.** Para el corte manual se utiliza el machete australiano, con un diseño ergonómico que permite menor cansancio para el cortador y mejor calidad en la operación de corte. En este sistema de corte es esencial controlar el % de impurezas (tierra, hojas, rallo inmaduro, etc. ) que reducen la capacidad de recuperación de azúcar en el proceso industrial. Para un cortador promedio se tiene una eficiencia de 5-7 toneladas al día ( con caña quemada). En Ingenio Pantaleón como política se tiene la no contratación de mano de obra infantil o de género femenino para el corte manual de caña. Este tipo de corte tiene la dificultad de que debe esperar hasta que se termina el corte para poder empezar con la operación del alce, sin embargo, cada vez que se termina de alzar un lote por lo general ya se terminó de cortar otro lote con el objeto de garantizar un flujo continuo de caña para el proceso industrial. La actividad de corte se realiza durante el día pero debe cortarse suficiente caña para poder realizar la actividad de alce y transporte durante 24 horas, lo cual se traduce en un saldo de caña en campo con una permanencia de la caña entre 24 y 48 horas. La permanencia de la caña en el campo es uno de los factores que más impacta el desarrollo de bacterias y hongos sobre la caña.

De la operación de alce se puede decir que los cortadores al organizar las chorras continuas o bien maletas de caña en los surcos que fueron cortados, facilitan la operación de la alzadora, sin embargo, la eficiencia del transporte en cuanto al peso por viaje no se puede comparar con la de un sistema de corte mecanizado. El tiempo de permanencia de un frente de cosecha con corte manual, se puede decir que es alto comparado con el de un frente de cosecha con corte mecanizado.

Generalmente, se asocia la quema con el corte manual, sin embargo, puede realizarse en verde o en quemado. El realizarlo en quemado facilita el acceso a los cañaverales por parte del cortador, además elimina aquellos animales como serpientes o roedores que podrían estar dentro del lote. Por el otro lado, el corte manual en verde se justifica únicamente cuando el lote esta debajo de cables de tendido eléctrico o ben franjas a la orilla de carreteras principales para evitar el humo, sin embargo existe una mayor dificultad para el cortador cuando a caña verde se refiere. Así mismo, se realiza en lotes cercanos a viviendas, poblaciones o plantaciones donde es demasiado riesgo quemar. Sin embargo, el corte manual en verde aumenta los costos de operación ya que el rendimiento del cortador se ve afectado, por lo que deben de contratarse una mayor mano de obra.

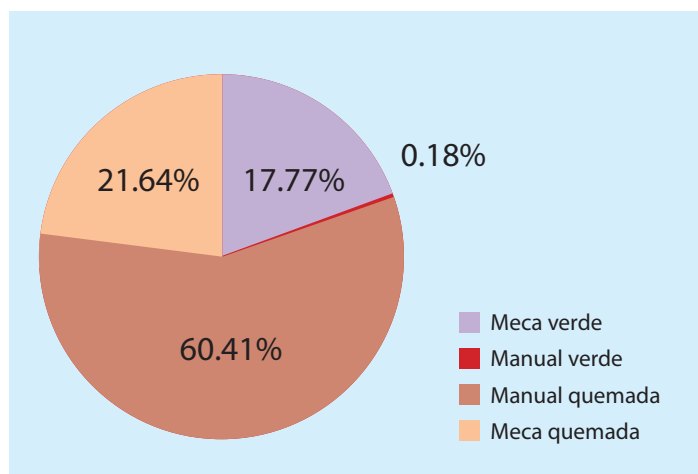
**b. Corte mecanizado.** Para el sistema de cosecha mecanizada como su nombre lo indica, el corte de la caña se realiza con maquinaria. La ventaja de las cosechadoras es que permiten realizar la labor más fácilmente, aunque tiene el inconveniente de entregar el producto de inferior calidad comparado con el sistema de corte manual. Habitualmente, se asocia la cosecha mecanizada en verde, pero al igual que el otro tipo de corte, éste se puede realizar en verde o en quemado.

El corte mecanizado en quemado se justifica cuando se quiere mejorar la eficiencia de la maquinaria y al igual que en el corte manual la quema se realiza en aquellos lotes con alta incidencia de plagas, con animales y para reducir la cantidad de materia o basura que se lleva a la fábrica. Así mismo, se quema cuando se quiere tener una mejor visibilidad en cuanto obstáculos (piedras) o topografía no uniforme.

El rendimiento de una cosechadora mecánica es de 26-28 toneladas por hora (con caña quemada). Los sistemas de corte mecanizado contemplan la operación de corte y alce. La cosechadora mecánica va cortando la caña en trozos pequeños y de una sola vez va distribuyendo la caña en las jaulas cañeras que van siendo jaladas por un tractor a un lado de la cosechadora mecánica, esto a su vez representa una mayor eficiencia en el transporte de caña al incrementar el peso efectivo por viaje.

**c. Políticas de sistemas de corte.** La política de corte establece que en un 75% del área se realiza con corte manual y el 25% con corte mecanizado. Sin embargo, con los datos obtenidos por parte del personal técnico de Ingenio Pantaleón se obtuvo información que muestra que para la Zafra 2010-2011 las proporciones por tipo de corte fue de aproximadamente el 60% para corte manual, mientras que con corte mecanizado fue de 40%.

**GRÁFICA No. 1** PORCENTAJE POR SISTEMA DE CORTE DE INGENIO PANTALEÓN (ZAFRA 2010-2011) (LOPEZ 2011)



### C. Actividad microbiológica en la industria azucarera

Los productos obtenidos en el proceso de fabricación de azúcar tienen las características ideales para el desarrollo de la actividad microbiológica. Esta actividad permanece desde el corte de la caña hasta la clarificación de los jugos, donde el aumento de la temperatura mata los microorganismos presentes. Es importante mencionar que las esporas de algunas especies pueden perdurar hasta el final del proceso (Alvarez *et. al*, 2008).

El jugo de caña está constituido por sustancias, que en su mayoría son azúcares y compuestos nitrogenados, que pueden ser utilizados por los microorganismos como nutrientes para su desarrollo. Estos microorganismos pueden llegar a causar efectos negativos en las distintas etapas de fabricación disminuyendo la calidad del producto final y la eficiencia del proceso (Hernández, 1986).

### 1. Efectos de la actividad microbiológica en los jugos

**a. Pérdidas de sacarosa.** La sacarosa está contenida en la caña y es la sustancia a recuperar en el proceso. Los microorganismos consumen la sacarosa y la utilizan como fuente de energía para sus procesos metabólicos. La caña cosechada y el área de molinos, son los puntos en los cuales los microorganismos tienen acceso a los jugos y consumen cantidades significativas de sacarosa (Hernández, 1986).

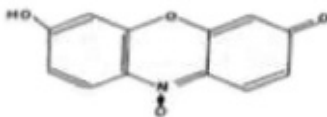
**b. Incorporación de sustancias al jugo de sustancias metabólicas ajenas a su composición.** Los ácidos orgánicos productos de la degradación de lactosa y los polisacáridos alteran las propiedades del jugo y dificultan el proceso de extracción. La presencia de los ácidos orgánicos provoca aumento de la cantidad de cal utilizada para elevar el pH del jugo en la etapa de alcalización, provocando aumento de las incrustaciones en los evaporadores y por lo tanto una disminución de la eficiencia de producción. Además aumenta la capacidad buffer del azúcar producido, la cual indica la presencia de sustancias extrañas que alteran la calidad y repercuten de forma adversa en su conversión (Hernández, 1986).

**c. Pérdidas económicas significativas.** Las pérdidas económicas son causadas por la degradación de la sacarosa debido a la actividad microbiológica y disminución de la eficiencia del proceso de producción (Hernández, 1986).

**2. Métodos de estimación microbiológica.** Para la estimación de la actividad microbiológica en la caña existen distintos métodos. Dentro de estos métodos se pueden mencionar el test de resazurina, pureza, fermentación espontánea y capacidad buffer.

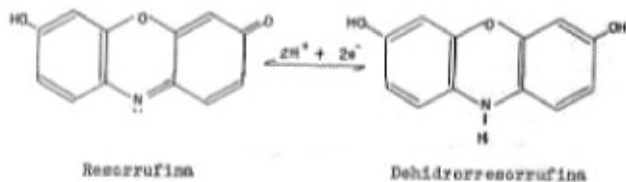
**a. Test de resazurina.** La resazurina o diazorresorcinol es un compuesto orgánico de color azul y tiene la siguiente estructura química

**ILUSTRACIÓN No. 4 ESTRUCTURA DE LA RESAZURINA (HERNÁNDEZ, 1986)**



La resazurina funciona como un colorante con estructuras insaturadas que se reducen al aceptar hidrógenos transportados por las deshidrogenasas, durante los procesos metabólicos de los microorganismos (Álvarez *et. al*, 2008).

**ILUSTRACIÓN No. 5 REDUCCIÓN DE LA RESAZURINA ( HERNÁNDEZ, 1986)**



En la primera fase del proceso se forma la resorufina, que hace variar el color violeta de la solución hasta un color rosado. La formación de la dehidrorresorufina provoca el cambio incoloro de la solución (Hernández, 1986).

En trabajos de investigación anteriores se ha demostrado que la prueba de resazurina es un método eficaz para estimar la actividad microbiológica en el jugo de caña. Dentro de sus principales ventajas se puede mencionar que se obtiene una respuesta relativamente rápida del análisis, es confiable y fácil de ejecutar. El tiempo total de decoloración de los jugos de caña permite calcular el coeficiente microbiológico, el cual es una variable proporcional a la carga y actividad microbiana de la muestra de jugo analizada. A continuación se muestra la ecuación

$$CM = \frac{5}{t_R}$$

(Ecuación 1)  
(Álvarez *et. al*, 2008)

Donde el CM es el coeficiente microbiológico y  $t_R$  es el tiempo de reducción de la resazurina de la muestra analizada. De acuerdo al valor numérico obtenido en trabajos anteriores se le asignó una valoración al coeficiente microbiológico. Se utilizaron cuatro intervalos para los valores y se le asignó un color determinado a cada uno. Las valoraciones fueron buenas, aceptables, malas y críticas (Álvarez *et.al*, 2008).

**TABLA No. 2** INTERVALOS DE COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO CON SU VALORACIÓN  
(ÁLVAREZ 2008)

CM	Valoración
Menor que 2	Bueno
2 a 2.5	Alerta
2.5 a 3	Malo
3 a 5	Crítico
Mayor que 5	Muy crítico

**b. Caída de pureza.** La pureza es la proporción de sacarosa en los sólidos solubles que existen en el jugo de caña. Esta relación se expresa de la siguiente manera:

$$Pureza = \frac{Sacarosa}{SólidosSolubles} * 100$$

(Ecuación 2)

(Hernández, 1986)

La caída de la pureza en los jugos de caña puede ser un indicador de pérdidas de sacarosa. Sin embargo es poco confiable debido a la actividad microbiológica. Los microorganismos producen sustancias con distintas rotaciones específicas de la luz polarizada que giran el plano de polarización de la luz, con intensidad distinta la glucosa o fructosa. Dentro de estas sustancias se puede mencionar la dextrana, que al igual que la sacarosa es dextrógira, causando cierto error en la determinación de la pureza. Otro aspecto que afecta la precisión del método es la variación de los sólidos solubles (Hernández, 1986).

**c. Fermentación espontánea.** La prueba de fermentación espontánea se basa en la relación que existe entre la disminución del pH del jugo, causada por la actividad microbiana, y la degradación de la sacarosa. Esta prueba fue utilizada por Hernández para estimar las pérdidas de sacarosa ocurridas entre el corte y la molienda de la caña. La estimación numérica de las pérdidas de sacarosa desarrollada en Cuba se muestra a continuación:

$$S_1 - S_2 = 1.4839 * \left( \left( \frac{10 * \Delta pH}{1.92} \right) - 1 \right)$$

(Ecuación 3)

(Hernández, 1986)

Donde  $S_1 - S_2$  representa la degradación de la sacarosa en un tiempo de incubación determinado y  $\Delta\text{pH}$  la caída del pH del jugo analizado.

**d. Capacidad Buffer.** La capacidad buffer del jugo está directamente relacionada con la formación de ácidos orgánicos y otras sustancias que afectan directamente el pH de los jugos. Según Hernández esta prueba puede ser utilizada de forma aceptable para el control microbiológico. Es fundamental debida que la disminución del pH del jugo afecta las diferentes etapas del proceso.

**e. Gomas naturales.** La caracterización de gomas solubles que se dan naturalmente en la caña de azúcar, y son extraídas con el guarapo durante la molienda, ha resultado más difícil que la de otros polisacáridos. El problema se complica por la presencia frecuente de dextrinas, así como la de otros productos de la contaminación microbiológica. Las gomas solubles en agua y claramente diferenciables de la dextrina son aisladas de las melazas. Los efectos indeseables surgen en la elaboración del jugo y la cristalización de los azúcares son a partir de los jarabes que poseían viscosidades más elevadas. En las estructuras de estos polisacáridos están presentes por lo menos cinco azúcares simples diferentes; la glucosa, la galactosa, la arabinosa y la xilosa, sustancias que fueron logradas por hidrólisis, por lo tanto tienen similitud con las sustancias clasificadas como hemicelulosas, pero se diferencian de éstas porque no contienen tanto ácido urónico como azúcares en la estructura polimérica. (Spencer, 1917)

**3. Los microorganismos en la industria azucarera.** Las bacterias y otros microorganismos se encuentran en la caña de azúcar, o pueden encontrarse en el equipo utilizado para su tratamiento, llegando a contaminar al jugo de caña y otros intermediarios del proceso. Las bacterias proliferan principalmente en el jugo de caña, antes de la clarificación. El jugo de caña actúa como fuente de nutrientes para la bacteria, principalmente de sacarosa (Lou, 2008).

La sacarosa puede sufrir diversas transformaciones metabólicas catalizadas por la presencia de enzimas específicas en la bacteria. La metabolización de la sacarosa, además de reducir su concentración en el medio, puede resultar en la liberación de sustancias indeseables como los ácidos débiles y polímeros de azúcares, especialmente la dextrana. Los ácidos débiles disminuyen el pH, lo cual provoca la necesidad de mayor cantidad de cal en el proceso de alcalinización (Hernández, 1987). Los polímeros en cambio, constituyen las llamadas “gomas”, que son sustancias viscosas que alteran algunas propiedades del jugo, como su punto de ebullición, capacidad y tiempo de formación de cristales, entre otras características. En conjunto, estos productos del metabolismo bacteriano elevan los costos del proceso de producción de azúcar (Lou, 2008).

Entre la microbiota del azúcar, se han encontrado diferentes grupos de microorganismos, principalmente hongos y bacterias. Entre los hongos encontrados se pueden mencionar aquellos del género *Penicillium*, levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, *Torula* y *Monilia*. Entre las bacterias se han aislado *L. mesenteroides*, *Bacillus levaniiformis*, *B. mesentericus*, *B. vulgatus* y *Clostridium* (Hernández, 1987).

**a. Cepas bacterianas aisladas en el ingenio Pantaleón.** En el estudio realizado en el proyecto del 2009 de la Universidad del Valle de Guatemala, se logró aislar e identificar a *Leuconostoc mesenteroides* como la bacteria más abundante en el jugo de caña o guarapo. También se lograron aislar otros dos tipos de bacterias, que se identificaron presuntamente como *Lactobacillus casei* y *Bacillus stearothermophilus* (Balsells, 2009).

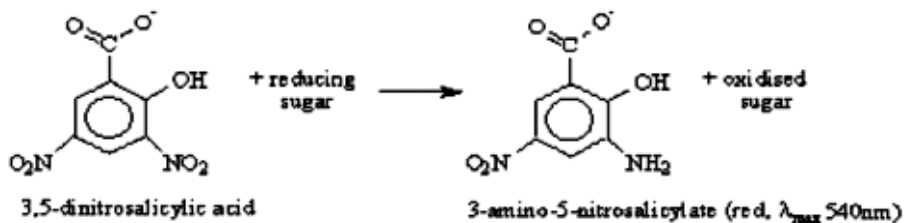
El género *Leuconostoc* incluye bacterias Gram positivo, catalasa negativo, con morfología cocoide irregular. En la naturaleza se encuentran en superficies de plantas, vegetales y productos lácteos (Mahon, 2007). *Leuconostoc mesenteroides* es una especie fermentadora, productora de ácido láctico, que es tolerante a condiciones de pH ácido, y es capaz de sobrevivir entre los pH 4.8 y 9.6 (Salminen, 2004). Representan un 12% de las bacterias del ácido láctico aislados de varios ecosistemas, principalmente de los materiales vegetales (Björkroth, 2006). Para su aislamiento, comúnmente se utiliza el medio Mayeux, Sandine y Elliker (MSE), en el que las colonias adquieren una morfología similar a gotas de agua. Este efecto se produce por la producción de dextranas. Además, el medio es selectivo debido a que su pH ácido permite el crecimiento de un número reducido de bacterias lácticas (Mayeux, 1962). Sin embargo, estos medios específicos son vendidos por casas comerciales y suelen tener un costo elevado, por lo que en el proyecto realizado en el año 2009 por Balsells, et.al. se propusieron fórmulas para medios costo-efectivos. El medio sólido más efectivo fue el MP200, y el medio líquido más eficiente fue el MP25, cuyo componente principal es la miel primaria, de donde se origina el nombre. Además, contienen peptona y en el caso del medio sólido, agar agar. Con estos medios no sólo se logró el crecimiento de las bacterias, sino una reducción en el tiempo de incubación (12h) (Balsells, et.al. 2009).

**b. Actividad enzimática de las bacterias.** El daño que producen las cepas bacterianas a la industria azucarera se debe a que estas sintetizan determinadas enzimas para metabolizar principalmente la sacarosa. Las enzimas son catalizadores biológicos que actúan en la mayoría de procesos metabólicos. Estas son selectivas para determinados sustratos. Cada enzima posee actividad distinta, la cual mide la velocidad a la que determinado sustrato es transformado mediante una reacción. La actividad enzimática a su vez depende de las condiciones del medio, como el pH, temperatura, concentración de sustancias químicas, entre otras. Existen diversos métodos para medir la actividad enzimática en un laboratorio, siendo el más utilizado la espectrometría o reacciones colorimétricas. Para ello es necesario que la enzima actúe sobre un sustrato que absorba luz en la longitud de onda de interés, o que el producto de la reacción presente dicha absorbancia. También es posible utilizar sustratos sintetizados en el laboratorio, con conformación muy similar al de interés (Nelson, 2004).

El método DNS (Dinitrosalicílico) fue propuesto en el proyecto de Balsells, et.al.2009, como uno de los métodos para medir la actividad de la dextranasa y de las enzimas degradadoras de la sacarosa. Esta prueba determina la presencia de grupos carbonilos libres (C=O) de los llamados azúcares reductores. Se basa en la utilización de ácido 3,5-dinitrosalicílico para provocar la oxidación de los azúcares y al mismo tiempo su propia reducción (ILUSTRACIÓN NO. 6). Un mol de azúcar reaccionará con un mol de ácido 3,5-dinitrosalicílico dando lugar a una relación estequiométrica que permite conocer la cantidad de azúcares reductores presentes en la muestra. Esta reacción es colorimétrica: el ácido

3,5-dinitrosalicílico es de color amarillo, mientras que la aparición del ácido 3-amino, 5-nitrosalicílico provoca un viraje a rojo oscuro-marrón, cuya intensidad será proporcional a la cantidad de azúcares reductores. Al medir el cambio de absorbancia respecto al tiempo, es posible determinar la tasa de producción de azúcares reductores (Alarcón *et.al.*, 2009).

**ILUSTRACIÓN No. 6 REACCIÓN DE OXIDACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES DEL MÉTODO DNS**



(Alarcón *et.al.*, 2009)

La sacarosa no es un azúcar reductor, pero los productos de su hidrólisis lo son: glucosa y fructosa. La fructosa se puede obtener también como producto de la reacción de producción de dextranas:



La sacarosa, además de ser nutriente para *Leuconostoc*, es inductor de la dextransacarasa y sustrato de la misma. El pH óptimo de crecimiento de *Leuconostoc* es de 7, mientras que el de la síntesis de la enzima es de 6.0-6.9. Sin embargo, el pH óptimo de actividad de la enzima es aún más bajo, de 5.0-5.4. Esto se logra normalmente iniciando con un pH neutro, ya que por la producción de ácidos débiles (ácido láctico) el pH tiende a alcanzar valores similares a 5.0 luego de incubar por 16h aproximadamente. Otro factor que influye en el crecimiento de la bacteria, producción y activación de enzimas es la temperatura. La temperatura óptima para la actividad de la enzima y crecimiento del microorganismo es de 30°C, sin embargo, la dextransacarasa no es relativamente estable a dicha temperatura, pero sí a temperaturas inferiores entre 26-29°C. Esta información se ha determinado en procesos industriales donde se busca producir dextrana para diversas aplicaciones, como para la preparación de sustitutos de plasma sanguíneo para transfusiones, por ejemplo (López *et.al.* 2004)

Para medir la producción de ácidos débiles se suele utilizar métodos basados en la medición de pH con un potenciómetro luego de un tiempo de incubación determinado. Este se basa en que las bacterias, en un medio rico de carbohidratos, fermentan los mismos a ácido láctico. El ácido láctico disminuye el pH del medio, lo cual se puede determinar con la ayuda de un potenciómetro (Lou, 2008). Ya que los

ácidos normalmente producidos son ácidos débiles, suelen establecer un sistema buffer en la solución o medio de cultivo que se encuentren. Por ello, una de las maneras de detectar la producción de ácidos débiles es midiendo la capacidad buffer, la cual aumenta conforme incrementa la concentración de ácidos débiles. La capacidad buffer de un ácido débil se define como el número de moles de una base fuerte que ocasiona un cambio de pH de 1 L de solución en 1 unidad (Cabrera, 2007)

**c. Control microbiano.** Para poder controlar los microorganismos los ingenios utilizan usualmente desinfectantes químicos. Estos deben de eliminar a las bacterias y a su vez no deben ser tóxicos para el consumo humano, ni dañino para el equipo del ingenio (Lou, 2008). Sin embargo, las poblaciones microbianas son capaces de adquirir resistencia a los desinfectantes en el transcurso del tiempo, por lo que estos se vuelven ineficientes. Por ello, es necesario evaluar periódicamente la efectividad de los desinfectantes, para invertir los recursos en el más eficiente (Pommerville, 2004).

El método más comúnmente utilizado, por su facilidad y costo relativamente bajo, es la prueba de difusión por disco, también llamada prueba de Kirby-Bauer. El método consiste en la inoculación de determinada concentración bacteriana en una placa de agar Mueller-Hinton. Luego se coloca un disco de papel filtro con concentración conocida de la sustancia antimicrobiana de interés. Luego de la incubación de 24 horas de la placa, se miden el radio del llamado “halo de inhibición”, consistente en la región sin crecimiento que se encuentra alrededor del disco con antimicrobiano. Esta distancia es comparada con tablas estandarizadas, donde se encuentran indicadas las distancias que se consideran como un resultado “susceptible” y “resistente”, o con un control positivo consistente en un antimicrobiano que se conoce previamente que es efectivo (Mahon, 2007).

## **D. Desarrollo del sistema de control microbiológico en etapas anteriores**

Los trabajos en este campo se remontan a varios autores que en los años 60-70s del pasado siglo comenzaron a utilizar pruebas indirectas para estimar la densidad o actividad microbiana en los jugos de caña o productos intermedios en los procesos de fabricación de azúcar crudo o refino compilados por Hernández, quien por primera vez utilizó el test de la resazurina con este fin. Posteriormente Núñez (1986, 1988) realizó las primeras modificaciones al test y elaboró la metodología para su uso como método para evaluar la actividad microbiológica en caña y molinos.

Anteriormente al 2008 se hicieron algunos estudios en ingenios de Guatemala utilizando el test de resazurina cuyos resultados no se publicaron (Núñez, 2011). En la zafra 2007-2008 se realizan los primeros trabajos del proyecto en el Ingenio Santa Ana con los que se actualizaron las modificaciones al test de la resazurina, y se comienzan a elaborar los procedimientos para la evaluación de bactericidas y puntos críticos del tándem (Alvárez, 2008). En este año, Lou (2008) realiza evaluaciones en medios de cultivos y desarrolla el primer medio de cultivo a base de productos intermedios del proceso para el desarrollo de *Leuconstoc mesenteroides*.

En la zafra 2008-2009 y 2009-2010 se inician los trabajos en el ingenio Pantaleón, donde se avanza en la elaboración de procedimientos y se pone a punto el sistema para su implementación sistemática en caña y molinos (Pacheco, 2010). Durante este período se hacen los primeros estudios de tendencias con muestras puntuales y aleatorias y se elabora la base para la evaluación técnica de l efecto de la actividad microbiológica sobre las etapas intermedias y finales del proceso de fabricación (Pinto, 2010). También se hacen los primeros estudios de logística del manejo de caña en el patio (Tejeda, 2010) y de la limpieza del tándem (Letona, 2010).

En el aspecto microbiológico Balsells y de la Peña (2009) determinaron las tres especies predominantes en los jugos: *Leuconostocmesenteroides*, *Lactobacilluscasei* y *Bacillus stearotermophilus*. De la Peña, además, estandarizó un medio de cultivo óptimo para el crecimiento del género *Leuconostoc* y realizó las primeras pruebas enzimáticas para evaluar la actividad destransucarástica de las cepas obtenidas.

Mientras, Lemus (2009) y Campos (2010) trabajaron en las mejoras a la prueba de la resazurina probando la poca variación del resultado en viales de propileno y con diferentes volúmenes, mientras que los cambios de pH y la concentración de sacarosa en el medio no influyeron. Campos (2010) encontró correlación entre la observación temprana del cambio de color y el tiempo total de decoloración.

A través de estos años, también se ha trabajado en los métodos para la evaluación económica.

Granai (2,008) planteó la opción al ingenio de la implementación del test de resazurina en lugar del análisis de densidad microbiana y el de la prueba de dextrana (mide la concentración de dextrana en los jugos), comparando la diferencia de costos en los distintos métodos para demostrar la viabilidad del test de resazurina. Además la autora utilizo el ahorro de bactericida teórico que se podía obtener con la implementación del sistema y realizó un análisis costo-beneficio, utilizando como beneficio el ahorro en bactericida y una estimación en azúcar que se podía recuperar por la disminución de la actividad microbiana. Díaz (2,010) realizó un análisis costo-beneficio en donde el costo es la inversión inicial del ingenio y el beneficio el ahorro en bactericida. Guzmán (2,011) realizó de la misma manera que los autores anteriores un análisis costo-beneficio, sin embargo como costo ya se tomó en cuenta las prestaciones laborales e inversión inicial y el beneficio es el ahorro en bactericida, sin embargo los datos utilizados fueron estimaciones de los primeros treinta días de zafra y no de la zafra completa. Además el autor realizó un análisis de sensibilidad para los beneficios esperados para la azúcar recuperada, donde utilizó como base la información de Granai (2,008).

## **E. Descripción de las herramientas utilizadas**

**1. Importancia de la estructura organizacional.** Una organización es un grupo de diversas personas que cuentan con recursos económicos, tecnológicos, etc. Estos recursos son utilizados para lograr determinados objetivos impuestos por uno o varios líderes de grupo.

Para que toda organización, consecuentemente todo grupo de trabajo funcione correctamente, se debe tener una estructura organizacional. Una estructura organizacional es un esquema de cómo se encuentra organizada una empresa, en donde se define cuál es el rol que debe cumplir cada miembro para lograr un objetivo en común.

Un objetivo es lo que toda empresa pretende alcanzar, es una imagen que la organización pretende para el futuro. Es lograr obtener una imagen ideal y que esta se convierta en real y actual.

Una estructura organizacional bien definida promueve el trabajo en equipo, una eficiente y efectiva comunicación, aspectos vitales si se quiere que una organización funcione en su plenitud. Es importante la estructura organizacional, ya que el fin de toda organización es lograr un crecimiento continuo, esto conlleva a que se vivirá en un ambiente de cambios constantes, estos cambios pueden ser positivos (expansión, nueva tecnología, etc.) O negativos (problemas del día a día, pérdidas de clientes, etc.)

Para poder lidiar con todos los cambios que pueda afrontar cualquier organización se debe de tener una estructura organizacional bien definida, donde se establezcan departamentos y funciones que debe de cumplir cada miembro para lograr sus objetivos específicos y así acercarse cada vez más a alcanzar el objetivo primordial de cada organización.

Las estructuras organizacionales pueden ser de distintos tipos:

- **Lineal:** Es la forma de organización más simple, en donde todas las decisiones son tomadas por un gerente o propietario. Las ventajas de este tipo es que debido a su forma, ésta es rápida y flexible, se logra mantener con bajos costos, la asignación de responsabilidad es clara y la toma de decisiones se hace de una forma ágil.

Una desventaja de este tipo de estructura organizacional es que es difícil mantener esta estructura una vez la organización empiece a tener crecimiento.

- **Matricial:** Estructura basada en la creación de equipos de trabajo con objetivos en común, esta consiste en la agrupación de los recursos humanos y materiales que son asignados de forma temporal a los diferentes proyectos que se realizan.

Las ventajas de esta estructura son que permite agrupar y compartir los recursos, ayuda a descargar los conflictos entre los objetivos generados por las distintas áreas funcionales de la organización y el personal tiende a estar más motivado.

- **Departmentalización:** Consiste en separar los grupos de trabajo en una organización dependiendo del departamento donde se labore. Esta creación se basa principalmente en las funciones de trabajo a desempeñarse.

- **Funcional:** En éste se agrupa a las personas sobre la base de sus habilidades, experiencia comunes, o los recursos que éstas utilizan. Las ventajas de este tipo es que se les da a las personas la oportunidad de aprender mutuamente y volverse aún más productivas, así como también desarrollan normas y valores que los hacen más efectivos en su trabajo.

Para poder definir la estructura organizacional de una empresa una de las herramientas más utilizada es el organigrama, este es considerado como la división de funciones. Las líneas de autoridad y responsabilidad, los niveles jerárquicos, los jefes de cada grupo de empleados, trabajadores, entre otros.

El organigrama tiene distintas finalidades, entre la que destacan:

- Representar las diferentes unidades que constituyen la compañía con sus distintas posiciones jerárquicas.
- Mostrar una representación de la división de trabajo.
- Reflejar los distintos tipos de trabajo que se realizan dentro de la empresa, así como las responsabilidades que cada uno de los empleados tiene.

Esta herramienta no tiene sólo finalidades sino también funciones, entre las cuales se destacan las siguientes:

- Dentro de la administración, sirve de guía y asistencia a todas las unidades administrativas de la empresa en la cual se refleja la estructura organizativa de la misma.
- Para el área de administración de personal, para los estudios que se realizan dentro de la empresa, por ejemplo planes de administración de sueldos y salarios, entre otros.

Las ventajas que tiene el contar con un organigrama en la empresa, según (Lerner 1959), obliga a los autores a aclarar sus ideas. Se puede apreciar la estructura general y las relaciones de trabajo dentro de la empresa, muestra quien depende de quien. Según (Melinkoff 1990) indica a los administradores y al personal nuevo la forma como se integran a la organización.

Como cualquier otra herramienta tiene sus desventajas, entre las cuales se destacan:

- Se demuestra solamente las relaciones formales de autoridad dejando fuera muchas relaciones informales significativas y relaciones de información
- Puede ocasionar que el personal confunda las relaciones de autoridad con el status y cree incomodidad e inconformidad entre los empleados
- La falta de actualización por parte del administrador en el organigrama

**2. Manual de procedimientos.** Un manual de procedimientos es un conjunto de pasos a seguir descritos plenamente para poder desarrollar una actividad, función o procedimiento siguiendo unos lineamientos estándar.

Un manual es de vital importancia cuando se quiere relevar un cargo, capacitar a una persona para desempeñar un puesto en específico o dar información general a un grupo de trabajo de cómo realizar ciertas funciones administrativas u operativas. Es útil debido a que contiene una descripción general de las tareas asignadas a un puesto.

Indica los pasos que se deben de seguir para realizar una inducción, darle una idea general de cómo se encuentra un proyecto, procedimientos o funciones deben practicar, en general un manual es muy eficiente ya que indica a los colaboradores la forma correcta de realizar su labor dentro de una organización.

Este manual tiene varias utilidades aparte de los mencionados anteriormente también se puede dar a conocer un aumento en la eficiencia de los empleados, en el que se les indica sus tareas y como llevarlas a cabo.

Los pasos para poder confeccionar un manual de procedimientos, son los siguientes (Váquiros 2,006):

**a. Delimitación del procedimiento.** Todo manual se diseña conforme a un objetivo que fue definido acorde a problema que se quiera resolver. El objetivo sirve como un lineamiento para saber que se debe analizar y todos procesos que se deben de seguir.

**1) Recolección de información.** Con un objetivo establecido, es necesario saber cómo se recolectará la información necesaria, que servirá como la base del manual. La información puede ser recolectada mediante observación en el campo, cualquier tipo de investigación o contacto directo con los involucrados (entrevistas).

**2) Análisis de la información y diseño del procedimiento.** Con la información de la situación actual, ésta se examina críticamente para conocer factores influyentes en el proceso a evaluar (¿Qué se hace?, ¿Quién lo hace?, ¿Cómo?, ¿Cuándo? Y ¿Por qué?).

**3) Procedimiento.** Con la información ya analizada, se procede a estructurar un nuevo procedimiento, eliminando todos los factores ineficientes, implementando nuevas ideas, o rediseñando un proceso ya existente.

**b. Elementos que integran el manual.** La estructura básica de un manual es:

- 1) Identificación: La información general de quien lo realizo, organización, fecha, a quien está dirigido, etc.
- 2) Índice: Aquí se presentan los capítulos del manual y las páginas que forman parte del mismo.
- 3) Introducción: En este punto se expone lo que se va a presentar en el documento, el contenido, objeto e importancia del mismo.
- 4) Objetivo general y específicos: Se explica el propósito por el cual se está llevando a cabo el manual y lo que se pretende cumplir con los procedimientos.

- 5) Áreas repercutidas o áreas de aplicación y/o alcance de los procedimientos
- 6) Personal involucrado en proceso
- 7) Normas para la estandarización del proceso
- 8) Conceptos cuyo grado de dificultad sean acreedores de una descripción previa.
- 9) Proceso estándar.
- 10) Modelos, de todos los formularios impresos que son necesarios para los procesos y los diagramas de flujo correspondientes.
- 11) Glosario de términos
- 12) Anexos.

Siendo la finalidad de un Megaproyecto la reducción de costos, optimización de procesos, generación de utilidades, recopilación y análisis de información entre otros, es necesaria la realización e implementación de manuales para dar a conocer de una forma más ordenada y concreta los resultados obtenidos por parte de los integrantes del equipo y demostrar su utilidad en el área desarrollada.

**3. Análisis beneficio costo.** El análisis beneficio costos es técnica de relación entre los ingresos obtenidos con los egresos de un proyecto, obteniendo como resultado una relación entre los beneficios que se pueden obtener por cada unidad de moneda que fue invertida. La técnica es resultado de la teoría de la decisión, beneficiando a los empresarios a tomar decisiones no programadas con un respaldo teórico.

Como beneficios se mencionan los ingresos que efectivamente se recibirán por el proyecto a evaluar en los años proyectados. En relación de los costos son todos los egresos que efectivamente ocasionaran salidas de flujo de efectivo durante el horizonte del proyecto.

El análisis beneficio/costo es interpretado como un indicador que mide el retorno que un proyecto puede generar a una empresa o involucrados.

Al obtener el resultado de la división entre los beneficios/costos, el resultado puede ser interpretado de la siguiente manera. Si el resultado es igual a 1, quiere decir que se alcanzó un punto de equilibrio, los ingresos son equivalentes a los egresos y sería indiferente ejecutar el proyecto. Si el resultado es mayor que 1, los ingresos son superiores a los egresos y la empresa obtendrá ganancias por la implementación del proyecto. Si el resultado es menor a 1 quiere decir que la empresa estaría teniendo pérdidas con la implementación del proyecto, los egresos son mayores que los ingresos.

**4. Base de datos.** Una base de datos es un conjunto de datos que pertenecen bajo un mismo contexto y son almacenados sistemáticamente para su uso posterior. De esta manera se puede considerar a la biblioteca como una base de datos compuesta en su mayoría de textos, libros y documentos impresos en papel e indexados para su consulta. Debido al desarrollo del campo tecnológico, en específico la informática y la electrónica, hoy por hoy se logran construir base de datos de forma digital de manera que se puede almacenar una cantidad amplia de información que equivaldrían a almacenar en una computadora más libros de los que puedan existir en una biblioteca. (Connolly 2002)

Entre las características principales de los sistemas de base de datos se pueden encontrar los siguientes: existe independencia lógica y física de los datos, redundancia mínima, acceso concurrente por parte de los que utilizan la base de datos, integración de datos, optimización de consultas de información compleja, seguridad en el acceso y monitoreo, respaldo y posibilidad de recuperación de datos, acceso a través de lenguajes de programación comunes. (Connolly 2002)

Existen programas denominados sistemas gestores de base de datos, abreviado SGBD, que permiten almacenar y posteriormente acceder a los datos de manera rápida y estructurada. Se compone de tres lenguajes: un lenguaje de definición de datos, un lenguaje de manipulación de datos y un lenguaje de consulta. (Connolly 2002)

#### **a. Tipos de Base de Datos**

**1) Base de Datos Estáticos.** Estas base de datos son aquellos que se utilizan únicamente para lectura, es decir, son primordialmente utilizados para almacenar datos históricos que posteriormente se pueden consultar para estudiar algún comportamiento de un conjunto de datos a través del tiempo de manera que se pueden hacer pronósticos y tomar decisiones en base de dichas proyecciones. (Connolly 2002).

**2) Base de Datos Dinámicos.** Éstas son aquellas donde la información almacenada se puede modificar a través del tiempo, permitiendo la manipulación de información puesto que se pueden agregar, borrar, y actualizar datos además de poder consultar los datos. Los supermercados, las farmacias, las empresas, son lugares que utilizan estos tipos de base de datos. (Connolly 2002)

#### **b. Modelos de Base de Datos**

Estos son esencialmente una descripción de lo que se conoce como “contenedor de datos”, así como de los métodos para almacenar y recuperar información de dichos contenedores. Estos modelos son abstractos ya que no se pueden representar como algo físico; por lo general se refieren a algoritmos, y conceptos matemáticos. (Connolly 2002)

**5. Herramientas de Ingeniería de métodos.** La ingeniería de métodos es básicamente un conjunto de procedimientos sistemáticos para someter a todas las operaciones de una proceso productivo, ya sea de trabajo directo o indirecto, a un concienzudo escrutinio, de manera que se logren introducir mejoras que faciliten la realización del labor y que permitan que éste se cumpla en el menor tiempo posible con una menor inversión por unidad producida, todo con el fin de incrementar las utilidades y ganancias de la empresa. (Niegel 2009)

**a. Estudio de tiempos.** Para desarrollar un centro de trabajo eficiente es necesario el establecimiento de estándares de tiempo. Estos se logran mediante el uso de estimaciones, de registros históricos y procedimientos de medición de trabajo. En el pasado, los analistas se fiaban únicamente en las estimaciones como una manera de establecer estándares. No obstante, la experiencia ha

demostrado que ninguna persona individual puede establecer estándares precisos y consistentes sólo con observar un trabajo y juzgar el tiempo necesario para su cumplimiento. Los datos históricos contienen desviaciones consistentes hasta del 50% en la misma operación de trabajo. Algunos trabajos incluyen retrasos personales, evitables e inevitables en un grado mayor a lo que deben, mientras otros no incluyen proporciones adecuadas de tiempos de retraso. (Niebel 2009)

Dicho esto, cualquiera de las técnicas de medición del trabajo como lo son el estudio de tiempos con cronómetros, sistema de tiempos predeterminados, datos estándar, fórmulas de tiempos o estudios de muestreo de trabajo, representan una manera más adecuada de establecer estándares productivos precisos. Todos estos métodos se fundamentan en el establecimiento de estándares de tiempos permitidos para la realización de una tarea, tomando en cuenta las holguras por fatiga, retrasos personas y retrasos inevitables. (Niebel 2009)

**b. Diagrama de operaciones.** Éste muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se usan durante el proceso de manufactura. Dicha gráfica muestra la entrada de los componentes necesarios. Se utilizan símbolos específicos para la construcción de la gráfica: un círculo representa una operación, un cuadrado representa una inspección. Una operación se da cuando una parte bajo estudio se transforma de manera deliberada, mientras que una inspección se realiza cuando la parte es examinada para determinar si ésta cumple o no con los estándares necesarios. (Niebel 2009)

Para la construcción de la gráfica es necesario que los analistas identifiquen la gráfica por medio del título, y otra información adicional como el número del plano, la descripción del proceso, el método actual y el propuesto, la fecha y datos como el número de gráfica, la planta, el edificio, y el departamento. Las líneas verticales indican el flujo general del proceso a medida que realice el trabajo, mientras que las líneas horizontales que alimentan la línea de trabajo indican materiales que se van requiriendo en cada parte del proceso. (Niebel 2009)





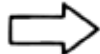















El diagrama de proceso operativo terminado ayuda a que los analistas puedan visualizar el método en curso, con sus detalles, de manera que se pueden identificar nuevos y mejores procedimientos.

**c. Diagrama de recorrido.** «Es una representación gráfica de la distribución de los pisos y edificios que muestra la de todas las actividades en el diagrama de flujo de proceso. Cuando los analistas elaboran un diagrama de flujo o recorrido, identifican cada actividad mediante símbolos y números correspondientes a los que aparecen en el diagrama de flujo de proceso. La dirección del flujo se indica colocando pequeñas flechas periódicamente a lo largo de las líneas de flujo. Se pueden utilizar colores diferentes para indicar líneas de flujo en más de una parte.» (Niebel 2009:29)

**d. Diagramas de flujo del proceso.** Los procesos se refieren a una parte o segmento de una organización que toma insumos y los transforma en productos, que según se espera, tendrán un valor más alto luego de haber sufrido dicha transformación. Las actividades que están asociadas a un proceso

con frecuencia se afectan unas a otras, por lo cual es importante considerar el desempeño de una serie de actividades que operan al mismo tiempo. Una manera de comprender un proceso en su totalidad, es mediante una representación gráfica. Los diagramas de flujo del proceso unifica todas las actividades que se realizan durante la elaboración de un producto, es decir, visualiza operaciones, inspecciones, transportes, almacenajes y demora a fin de analizar costos ocultos, actividades ocultas en el proceso productivo (Niebel, 2009).

**ILUSTRACIÓN No. 7** CONJUNTO DE SIMBOLOS ESTANDAR PARA DIAGRAMAS DE PROCESO (NIEBEL, 2009).

<b>Operación</b>  Un círculo grande indica una operación, como	 Martillar	 Mezclar	 Taladrar o barrenar
<b>Transporte</b>  Una flecha indica un transporte, como	 Mover material en vehículo	 Mover material por banda transportadora	 Mover material cargado (mensajero)
<b>Almacenamiento</b>  Un triángulo indica un almacenamiento, como	 Materia prima almacenada a granel	 Producto terminado apilado en tarimas	 Archivo de documentos
<b>Demora</b>  Una letra D mayúscula indica una demora, como	 Esperar el elevador	 Material en espera de ser procesado	 Documentos en espera para archivarse
<b>Inspección</b>  Un cuadrado indica una inspección, como	 Examinar calidad y cantidad	 Lectura de niveles en caldera	 Examinar información en forma impresa

**e. Método de observación.** Es una actividad fundamental para todo proceso de investigación. Es una técnica que consiste en observar atentamente un fenómeno, actividad, hecho o caso a investigar, tomar información de lo observado y registrarla para su posterior análisis.

**f. Ingeniería de valor.** Una manera sencilla de ampliar la evaluación de alternativas e mediante la aplicación de números y la creación de una matriz de pagos. Generalmente a ese proceso se le denomina ingeniería de valor, sin embargo, también se le conoce como método cualitativo por puntos. Este método consiste en definir los principales factores con los que se evaluarán las opciones, asignándole valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que se le atribuye (Chase, 2009).

Se le añade un valor de prioridad a cada factor (un rango de 0-10) que se deriva en el peso relativo, que sobre la base de una suma igual a 1. Así mismo se asigna un valor de (0 -3, donde 3 es el mejor) para reflejar qué tan bien produce cada solución el resultado deseado. El valor asignado se multiplica por la ponderación adecuada y los productos se suman para obtener la calificación final. Se deduce que la opción con un valor más alto es la mejor (Niebel, 2009).

**g. Importancia del control.** Se le denomina control al proceso de monitoreo, comparación y corrección de desempeño laboral o de una etapa del proceso. Aún cuando la etapa del proceso esta trabajando acorde a lo planeado o el desempeño laboral del trabajador es el ideal, se deben de controlar dichas actividades. La importancia del control radica en el logro de los objetivos, por los cuales la organización esta trabajando. Otra de las razones por las que se sugiere controlar es por el otorgamiento de facultades de decisión a los empleados. Pero un sistema efectivo de control puede proporcionar información y retroalimentación sobre el desempeño y de esta manera minimizar el riesgo de problemas potenciales. Por último, el control es una medida para proteger a la organización y a sus recursos.

Existen tres tipos de control, preventivo, correctivo y de retroalimentación. Sin duda alguna, el control preventivo es el ideal, ya que previene problemas antes que estos se susciten, ya que esta medida se da antes de la actividad real. A este nivel la organización puede prever y planificar sus operaciones por lo que representa una actividad con menor costo. La clave para el control preventivo es tomar acción administrativa antes de que el problema ocurra. Sin embargo, el control preventivo requiere información oportuna y precisa que no siempre es tan accesible. Es por ello que muchas veces es necesario utilizar el otro tipo de control (Robbins, 2010).

El control correctivo, como su nombre lo indica, corrige al mismo tiempo que se está llevando a cabo la actividad. Se pueden obtener beneficios del control concurrente porque ayuda a enmendar los problemas antes de que se vuelvan más costosos para la empresa.

Por último el tipo de control más popular reside en la retroalimentación. Éste se da después de que la actividad se ha realizado. Para cuando la persona encargada de supervisar tiene la información, ya es demasiado tarde, el problema ya ha ocurrido, lo que da como resultado desperdicios o daños. La retroalimentación que muestra poca variación entre el estándar y el desempeño real, indica que la planeación es adecuada en general.

Habiendo visto los tres distintos métodos de control, se requiere poder implementar un control preventivo, o bien correctivo, cuando la actividad microbiológica se este llevando a cabo en el lazo de operación de las áreas involucradas en el proceso, y de esta manera evitar la proliferación de estos microorganismos tomando las medidas adecuadas de sanitización.

### III. JUSTIFICACIÓN

Como se ha descrito, este trabajo forma parte de un proyecto que se ha desarrollado en varias etapas para el establecimiento de un sistema de control microbiológico en la industria azucarera. En la zafra 2009-2010 los procedimientos esenciales para la implementación del sistema en la industria se alistaron y las pruebas realizadas fueron convincentes para que la dirección del Ingenio Pantaleón decidiera su introducción en la práctica industrial y asignara los recursos materiales, humanos y organizativos para la misma.

Es así que con la implementación gradual del control microbiológico sistemático se tiene la oportunidad de hacer análisis más objetivos de las tendencias según las condiciones de la caña y la operación y diseño de los molinos, así como de la logística de actividades asociadas a este control como son el uso de los resultados obtenidos para establecer lazos operativos y políticas en cuanto a la caña, el manejo de esta en el patio, el control operativo en el tándem y la limpieza y desinfección de los molinos.

Por otra parte, surgen nuevos retos, como es el de reducir el tiempo de respuesta en el test de la resazurina, encontrar técnicas analíticas que indiquen el deterioro microbiológico por el paso del tiempo y que complementen el test de la resazurina, el reajuste del test de la fermentación espontánea con el que se puede estimar las pérdidas de sacarosa para hacerlo lo más viable posible, así como el desarrollo de un modelo para evaluar el efecto de la actividad microbiológica sobre las incrustaciones de los evaporadores y la elongación de cristales en la cristalización.

Así mismo, es necesario continuar con investigaciones para la evaluación de cepas individuales que pueden requerir tratamientos más fuertes o cambio de bactericidas y finalmente encontrar medios biológicos específicos para su tratamiento.

También la implementación ha ofrecido la oportunidad y necesidad de hacer análisis económicos más objetivos con datos reales. El hecho de que este proyecto lleve cuatro años de trabajo con una estructura y métodos que responden a la modalidad de megaproyecto en la Universidad del Valle de Guatemala induce la necesidad de evaluar al propio proceso organizativo del mismo.

## **IV. OBJETIVOS**

### **A. Objetivo general**

1. Evaluar los resultados técnicos, económicos y organizativos de la implementación gradual del sistema de control microbiológico en la industria azucarera y desarrollar mejoras para el mismo.

### **B. Objetivos específicos**

1. Analizar el desarrollo del Megaproyecto y proponer mejoras para su logística.
2. Desarrollar técnicas analíticas para el soporte del sistema de control.
3. Evaluar los resultados de la implementación del sistema en caña y desarrollar mejoras para el control.
4. Evaluar los resultados de la implementación del sistema en el tándem y desarrollar mejoras para el control.
5. Desarrollar una base de datos unificada para el sistema de control microbiológico y elaborar manual de usuario.
6. Reajustar los procedimientos sugeridos anteriormente para evaluar económicamente el efecto de la actividad microbiológica en el proceso.

## V. METODOLOGÍA

### A. Análisis del desarrollo del Megaproyecto y proponer mejoras para su logística

Se implementó una estructura interna de trabajo, donde se asignaron puestos de liderazgo y tareas específicas a cada integrante. Luego se procedió a analizar el funcionamiento del organigrama.

### B. Desarrollo de técnicas analíticas para el soporte del sistema de control

**1. Evaluación del cambio temprano en el test de la resazurina como indicador de mayor actividad microbiana en la etapa de implementación industrial.** En estudios anteriores se asoció el primer cambio observado o cambio a rojo con el tiempo total de decoloración y se encontró una correlación bastante aceptable. En base a este antecedente se evaluaron los resultados de los análisis de resazurina realizados durante la zafra 2010-2011 por el laboratorio de caña y el tándem del ingenio.

La evaluación consistió en identificar que tan acertados fueron las observaciones del primer cambio o cambio a rojo de los operarios de las dos áreas examinadas. Para esto se hizo un recuento de datos en base a dos tipos de errores. El primer error considera las muestras malas que no fueron detectadas, es decir las falsas negativas. El segundo tipo de error abarca las muestras que mostraron un cambio pero realmente no son positivas, es decir falsos positivos.

**2. Determinación de la metabolización de sacarosa y resistencia antimicrobiana como evaluación de cepas perjudiciales**

**a. Procedimiento.** Preparación y traslado de medios de cultivo: se preparó el medio MP200 optimizado en proyecto de Balsells *et. al.*, 2009, y PCA (Agar PlateCount) en el laboratorio de la Universidad del Valle de Guatemala. Los medios de cultivo se trasladaron sellados en una caja plástica cerrada al ingenio Pantaleón.

**1) Recolección y traslado de muestra:** se obtuvieron muestras de jugo primario y diluido en botes de plástico con tapadera, rotulados. Luego se trasladaron al laboratorio de caña del ingenio Pantaleón, donde se prepararán las diluciones correspondientes ( $10^{-1}$ - $10^{-4}$ ) y realizaron las inoculaciones de los medios (anexo 1). Luego, se conservaron los medios inoculados sellados con Parafilm en una caja plástica para su traslado al laboratorio de microbiología de la Universidad del Valle de Guatemala. Una vez en la Universidad se colocaron las muestras en incubadora a 37°C.

Para el análisis de las muestras, se utilizaron diferentes procedimientos dentro de cada etapa del estudio:

**2) Recuento de microbiota total y aislamiento, identificación y cuantificación de *Leuconostoc spp.* en jugo de caña.** Involucró los siguientes pasos:

- Recuentos de microbiota total.
- Recuentos de *Leuconostoc spp.* en medio MP200.
- Aislamiento e identificación morfológica de *Leuconostoc spp.* en medio optimizado MP200.

**a) Determinación de la actividad enzimática en cepas de *Leuconostoc spp.***

Involucró la elaboración de curvas de crecimiento para optimizar el tiempo y temperatura de cultivo, así como la determinación de tasa de consumo de sacarosa, producción de ácidos débiles y actividad de dextransacarasa. Este procedimiento se realizó para 5 cepas aisladas de *Leuconostoc spp.* en triplicado.

- Optimización de tiempo y temperatura de cultivo. Se realizaron curvas de crecimiento bacteriano, en base a la medición espectrofotométrica de la turbidez del medio de cultivo, en este caso el medio optimizado en el proyecto de Balsells, 2009, el MP25. Se realizaron lecturas en diferentes tiempos de incubación, y se compararon 3 temperaturas de incubación: 28, 32 y 37°C. Se determinaron las condiciones óptimas gráficamente, analizando en qué condiciones se obtuvo en menor tiempo una fase logarítmica en la curva de crecimiento. El procedimiento se encuentra detallado en Anexo 2.
- Determinación de actividad de dextransacarasa. Esta medición se realizó por medio del método colorimétrico de DNS, en el que se determinan azúcares reductores (Anexo 3). Este es un método que se basa en la reacción colorimétrica con azúcares reductores, como lo es la fructosa, que es producto de la reacción de producción de dextrana y del catabolismo de la sacarosa.
- Determinación de tasa de producción de ácidos débiles. Esta medición se realizó determinando el pH en diferentes tiempos de incubación (Anexo 5), y la capacidad buffer, mediante la titulación con hidróxido de sodio 0.1N (Anexo 6).

**3) Evaluación de efectividad de antimicrobianos.** Se realizó mediante el método de difusión por disco o Kirby Bauer, comparando con formaldehído 1:10 como control de desinfectante efectivo. Se probaron tres distintos desinfectantes, el 1 y 2 basados en carbamatos y el 3 un bactericida biológico. Se utilizaron 5 diferentes concentraciones: puro (100%), diluido  $10^{-1}$ - $10^{-4}$  (Anexo 4). Este procedimiento se realizó para 5 cepas de *Leuconostoc spp.* a 2 tiempos de incubación: 7 y 24h en MP200, y para la microbiota total incubada 24h en Mueller-Hinton, en triplicado.

- a) **Análisis estadístico.** Se utilizó Microsoft Excel 2010 y el programa SPSS versión 17.0 para Windows 7. Inicialmente se utilizaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, para determinar si los datos presentaban una distribución normal. Luego se verificó la homocedasticidad de cada conjunto de datos, mediante la estadística de Levene. Los conjuntos de datos que presentaron distribución normal y varianzas iguales se analizaron mediante pruebas paramétricas. Las pruebas paramétricas utilizadas fueron: ANOVA de un factor y prueba de rangos múltiples de Tukey. Las pruebas no paramétricas utilizadas fueron la de signos de Wilcoxon y la de Kruskal-Wallis

**3. Comparación de confiabilidad de diferentes técnicas analíticas como indicador de atraso de caña.** En este trabajo se realizaron cinco técnicas analíticas para determinar el atraso de caña. Se realizó un muestreo de jugo diluido. Añadiendo el factor que la propagación de microorganismos se da de una manera más rápida en fase líquida. Se realizaron cinco análisis para el atraso de caña estos fueron: pureza, coeficiente microbiológico, porcentaje de gomas, capacidad buffer y fermentación espontánea. Se ejecutaron seis muestras, cada una de ellas se realizó en un rango de tiempo de 30, 60, 90 y 120 min. Esto para determinar la tendencia que presentaba el jugo después de cierto tiempo y como se ve afectado.

a. **Pureza.** El método de análisis consiste en el cociente que expresa en términos de porcentaje la proporción en que se encuentra la sacarosa o pol respecto a los sólidos totales. El equipo utilizado para esta prueba fue un polarímetro y refractómetro marca SCHMIDT + HAENSCH.

#### Grados Brix

- Colar muestra de jugo
- Utilizar 250 mL de maestro
- Arrear una cucharada de Octapol
- Mezclar hasta homogenizar la muestra
- Filtrar
- Utilizar una pipeta de plástico para agregar aproximadamente 2 gotas de la muestra en el refractómetro.
- Oprimir la tecla F1 del refractómetro.
- Obtener la lectura de la muestra Grados DPol
- Colar muestra de jugo
- Utilizar 250 mL de muestra
- Agregar una cucharada de Octapol
- Mezclar hasta homogenizar la muestra
- Filtrar
- Agregar agua en la parte superior del refractómetro hasta que se tenga una lectura de 0.00°Z
- Agregar los 250 mL de muestra.

- Obtener la lectura de Lpol
- Convertir a pol la lectura anterior mediante fórmula descrita en la sección de cálculo de muestra.

La determinación del grado de pureza se realizó mediante el cociente de los valores de Dpol y grados brix por 100.

**b. Porcentaje de gomas.** Se utilizó un tubo de ensayo con un unidad menor de 10, cada una de las marcas representaban un porcentaje de gomas. Se utilizó jugo colado, alcohol isopropílico una probeta de 100 mL

- Colar jugo para muestra
- Agregar 10 mL de jugo a la probeta
- Llegar a la marca de 100mL de la probeta agregando alcohol isopropílico.
- Agitar el contenido de la probeta, tapando la parte superior invirtiendo y regresando a su posición inicial a fin de que el jugo tenga contacto con el alcohol.
- Agregar el contenido de la probeta al tubo de ensayo
- Identificar la muestra
- Dejar la muestra reposar en una gradilla.
- Cuando todo el contenido de color oscuro se ubique en la parte inferior del tubo de ensayo, tomar la lectura del porcentaje de gomas.
- Si el valor es mejor a 10, realizar una estimación.

**c. Coeficiente Microbiológico (CM).** Para esta prueba se utilizó rezasurina, un baño maría, termómetro, gradilla y vial con tapadera.

- Preparar el baño con un tercio de su capacidad con agua a 35°C.
- Introducir una gradilla adentro del baño para posicionar las muestras.
- Los viales deben poseer dos tercios de su capacidad con la solución de rezasurina.
- Mantener los viales con rezasurina en el baño de maría para usarlos según se necesite.
- Colar el jugo que se usará para la muestra
- Llenar el vial en su totalidad taparlo, extraer el aire del vial.
- Agregar nuevamente jugo y taparlo de nuevo.
- Introducirlo en el baño de maría
- Observar el primer cambio y apuntar si sucede en los intervalos de 15, 30 y 45 mins.
- Apuntar el número de horas hasta que se llegó al tiempo final.
- Calcular el coeficiente CM mediante el cociente de 5 entre el número de horas totales que se necesitaron.

**d. Fermentación espontánea**

- Preparar el baño con un tercio de su capacidad con agua a 35°C.
- Colar jugo
- Utilizar 100mL como muestra
- Llevar el pH de la muestra a 5.6
- Anotar el volumen de NaOH utilizado para llegar a pH de 5.6
- Agregar el contenido del jugo en un erlenmeyer de 250mL
- Tapar parte superior con un cuadro de parafilm
- Introducir erlenmeyer con muestra a baño de maría
- Dejar la muestra por tres horas en el baño
- Retirar muestra del baño y medir su pH
- Elevar su pH nuevamente a 5.6
- Anotar el volumen de NaOH utilizado

**e. Capacidad Buffer**

- Colar jugo
- Utilizar 100mL como muestra
- Tomar el pH inicial de la muestra
- Elevar el pH de la muestra una unidad
- Anotar el volumen de NaOH utilizado

**4. Evaluación preliminar de diferentes variantes de la prueba de fermentación espontánea.** Se realizó una revisión de trabajos anteriores donde se aplicó la técnica de fermentación espontánea con el fin de trabajar con diferentes variantes de la prueba y de esta forma hacerla más eficiente y fácil de realizar considerando que se propondría para el control sistemático

Se siguió el procedimiento de fermentación espontánea descrito anteriormente con la diferencia de que el período de incubación de la muestra fue de 4 horas. Durante el análisis se monitoreo el cambio de pH cada 60 minutos hasta llegar a completar las 4 horas de incubación. Además para cada muestra de jugo se trabajó con ajuste de pH y sin ajuste con el fin de comparar las diferencias experimentales realizando esta variante.

**5. Diseño de un modelo inicial para evaluar el incremento de incrustaciones en los evaporadores como efecto de mayor cantidad de cal añadida debido a la actividad microbiológica.** Para evaluar la incidencia de la actividad microbiológica en las incrustaciones de los evaporadores fue necesario encontrar un modelo que permita simular el proceso de evaporación. Para encontrar el modelo fue necesario hacer pruebas en el laboratorio con muestras de jugo de caña, hasta llegar al modelo de trabajo más adecuado. Es importante mencionar que el proceso de evaporación simulado fue de un solo efecto.

**a. Modelo de evaporación I.** A continuación se listan los materiales y equipo utilizados para el diseño del modelo de evaporación

- 1) Jugo de caña
- 2) Cal
- 3) Beaker de 1000 mL
- 4) Tubo de cobre proveniente de los calentadores de los evaporadores del ingenio Pantaleón. Las dimensiones de todos los tubos trabajados son de 7.8 cm de altura por 5.2 cm de diámetro.
- 5) Tiras indicadoras de pH marca Merck
- 6) Refractómetro digital marca Mettler Toledo
- 7) Balanza analítica marca OHAUS

El beaker representó el cuerpo del evaporador. Dentro de éste se colocó el tubo de cobre previamente pesado y se agregaron 800 mL de jugo colado. Se midieron los grados Brix del jugo utilizando el refractómetro digital y el pH inicial utilizando las tiras indicadoras. Se ajustó el pH añadiendo cal al jugo de caña hasta llegar a valores entre 7 y 10.

El sistema desarrollado se calentó hasta que el jugo alcanzó una concentración aproximada de 65 °Brix. El tiempo aproximado de operación para alcanzar esta concentración fue de 4 horas. Se monitoreó el cambio de concentración cada hora de operación. Al terminar el proceso se retiró el tubo de cobre y se volvió a pesar.

#### **ILUSTRACIÓN No. 8** MODELO DE SIMULACIÓN DE EVAPORACIÓN I



**ILUSTRACIÓN No. 9** EVAPORACIÓN DEL JUGO UTILIZANDO EL MODELO DE SIMULACIÓN DE EVAPORACIÓN I



**b. Modelo de evaporación II.** Para el modelo de evaporación II se utilizaron los mismos materiales utilizados para el diseño y construcción del modelo de evaporación I, incluyendo los siguientes:

- 1) Manguera
- 2) Bolsas de plástico
- 3) Masking tape

Este modelo de evaporación es muy similar al modelo mencionado anteriormente. La única diferencia que existe entre el diseño de los dos es que se elaboró una tapadera de tabla yeso, en donde se metió una manguera para poder proporcionar vacío al sistema. Se tapó el beaker con la tapadera fabricada, bolsas de plástico y se selló con masking tape. Después de taponar el beaker de la mejor forma posible se calentó el sistema hasta que el jugo alcanzó una concentración aproximada de 65 °Brix. El tiempo aproximado de operación para alcanzar esta concentración fue de 3 horas. Al terminar el proceso se retiró el tubo de cobre y se volvió a pesar.

**ILUSTRACIÓN No. 10** MODELO DE SIMULACIÓN DE EVAPORACIÓN II



El beaker representó el cuerpo del evaporador. Dentro de éste se colocó el tubo de cobre previamente pesado y se agregaron 800 mL de jugo colado. Se midieron los grados Brix del jugo utilizando el refractómetro digital y el pH inicial utilizando las tiras indicadoras. Se ajustó el pH añadiendo cal al jugo de caña hasta llegar a valores de 7, 9 y 10. Se elaboró una tapadera de tabla yeso, en donde se metió una manguera para poder proporcionar vacío al sistema. Luego se tapó el beaker con la tapadera fabricada, bolsas de plástico y se selló con masking tape.

El sistema se calentó hasta que el jugo alcanzó una concentración aproximada de 65 °Brix. El tiempo aproximado de operación para alcanzar esta concentración fue de 3 horas. Se monitoreó el cambio de concentración cada hora de operación. Al terminar el proceso se retiró el tubo de cobre y se volvió a pesar.

**a. Determinación de incrustaciones en tubo de cobre.** Después del proceso de evaporación parte de la meladura y otras partículas se adhieren al tubo de cobre, dificultando la incrustación por diferencia de peso. Por esta razón fue necesario lavar el tubo en un beaker con agua destilada a una temperatura de 90 °C.

#### ILUSTRACIÓN No. 11 LAVADO DEL TUBO DE COBRE DESPUÉS DEL PROCESO DE EVAPORACIÓN DEL JUGO



#### ILUSTRACIÓN No. 12 TUBOS DE COBRE ANTES Y DESPUÉS DEL LAVADO



Durante el proceso se sacó el tubo de cobre y se midió la masa hasta llegar a un peso constante de dos decimales. Es importante mencionar que para cada medición se espero que el tubo estuviera completamente seco (peso constante). La diferencia de peso entre la masa inicial del tubo y la masa final obtenida representó la cantidad cal en el tubo.

**6. Elongación de cristales.** Se utilizaron 5 muestras de masas cocidas del tacho C. El mes de recopilación de las muestras fue en el mes de abril. Se realizó el siguiente procedimiento para la determinación de elongación de cristales.

- Preparar baño de maría a 30°C
- Introducir la muestra en un beaker
- Homogenizar la muestra
- Tomar con una pinza una muestra
- Esparcir la muestra en un portaobjetos
- Agregar una gota de glicerina o la mezcla de glicerina y aceite mineral
- Introducir muestra en el microscopio
- Enfocar correctamente
- Elegir un campo con cristales de 30 cristales aproximadamente
- Determinar largo y ancho de cada cristal

### **C. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema en caña y desarrollo de mejoras para el control**

**1. Diseño y aplicación preliminar de una base de datos para control microbiológico en caña.** Tomando como base el formato de CM-1 creado para la recolección de datos de la prueba de resazurina para la zafra 2010-2011, se elaboró un sistema de base de datos a través de tablas dinámicas mediante el uso del software Microsoft Excel 2007. A partir de la hoja de ingreso de datos, se derivaron tres hojas de reporte que despliegan los resultados según el uso que se le quiere dar y a partir del criterio más conveniente.

**2. Oportunidad de información a partir de monitoreo microbiológico.** Mediante el uso de la base de datos para laboratorio de caña se determinó la proporción del estado de caña según su clasificación de CM. El muestreo se realizó en dos periodos comprendidos del mes de diciembre 2010 a enero 2011 durante 24 horas de lunes a domingo y febrero a abril 2011 durante 8 horas de lunes a viernes.

**3. Propuesta de rediseño del lazo operativo entre el laboratorio de caña, báscula, sanitización de tándem de molinos y el área agrícola.** Realizar un diagrama de flujo del proceso que ejemplifique las operaciones que se efectúan en las áreas antes mencionadas y de los lazos operativos.

**4. Evaluación preliminar de pérdidas en el patio y establecimiento de la logística para el control sistemático de la caña en esta área**

**a. Estudio del manejo de caña.** Se investigaron factores actuales de distintos aspectos que conforman las operaciones en el patio. Los aspectos indagados fueron: las rutas que toman los conductores al ingresar al ingenio para la descarga de caña, la utilidad y existencia de la caña almacenada en patio y la gestión de la caña en el patio.

Se aplicó la observación no participante en la cual se permaneció ajeno a la situación. Se inició con observaciones semanales por dos meses consecutivos de la caña en el patio, del cual derivó la hipótesis de que no existía una logística adecuada en su gestión. Luego se predijo una consecuencia lógica que consistía en el deterioro de la caña representada por la pérdida de sacarosa y un aumento en el desarrollo de actividad microbiológica

**b. Evaluación de pérdidas en el patio.** De acuerdo a las observaciones de la movilidad de la caña que es almacenada en pilas en el montículo del patio se decidió dividir en tres partes principales: fondo, intermedio y exterior de la pila. La caña que se encuentra en el fondo de la pila es la que permanece por mucho más tiempo en el patio antes de ser procesada. Mientras que la que permanece en la parte exterior es procesada más rápido.

#### ILUSTRACIÓN No. 13 CAÑA APILADA EN EL PATIO DEL INGENIO



Con el fin de evaluar las diferencias entre la caña de cada clasificación de la pila se tomaron muestras para ser analizadas con distintos métodos de estimación microbiológica. Los métodos de análisis utilizados son: coeficiente microbiológico, pureza y capacidad buffer. Con estos métodos se pudo hacer una evaluación preliminar de las pérdidas de sacarosa en el patio. A continuación se describe el procedimiento detallado para la preparación de la muestra.

##### 1) Preparación de la muestra

- a) Tomar la muestra de caña de la parte de la pila que se desea analizar.
- b) Cortar con un machete las cañas más grandes con el fin de disminuir el tamaño.

- c) Colocar la muestra en la desfibradora del laboratorio de caña, para obtener la fibra.
  - d) Parte de la muestra desfibrada se introduce a la prensa hidráulica para obtener el jugo.
  - e) Filtrar el jugo con un colador para eliminar el bagacillo extra y colocarlo en un recipiente plástico. Las muestras de jugo deben ser analizadas inmediatamente con los tres métodos de estimación microbiológica.
- 2) **Determinación coeficiente microbiológico.** Seguir procedimiento descrito en técnicas analíticas.
- 3) **Pureza.** Seguir procedimiento descrito en técnicas analíticas.
- 4) **Capacidad buffer.** Seguir procedimiento descrito en técnicas analíticas.

c. **Elaboración de propuesta para el manejo de caña en el patio.** Se aplicaron herramientas de métodos, estándares y diseño del trabajo para analizar las operaciones y actividades que conforman la gestión de caña en el patio del Ingenio Pantaleón y proponer una nueva logística de manejo. El propósito de este objetivo es realizar una optimización de movimientos y tiempo para facilitar el control y reducir la posible incidencia del deterioro de caña en los procesos subsiguientes. Para esto se elaboraron diagramas de operación, diagramas de flujo y formatos estandarizados para la formulación de la propuesta de manejo de caña en el patio.

## **D. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema en el tándem y desarrollo de mejoras para el control**

1. **Diseño y aplicación preliminar de una base de datos para control microbiológico del tándem.** Basados en el sistema de control microbiológico implementado por fases anteriores del Megaproyecto, surge la necesidad de diseñar un registro de los resultados, debido al volumen de datos a manejar. La frecuencia de muestreo es de 4 muestreos por período de 3 horas y se toman en cuenta los resultados puntuales y promedios del período de 3 horas, además del promedio diario. Se utilizó el programa Microsoft Excel 2007, por las consideraciones siguientes:

- a. Accesibilidad al programa
- b. Facilidad para alimentar la base de datos
- c. Facilidad para extraer la información requerida
- d. El comportamiento del manejador de base de datos con cada tipo de información

Es importante recalcar que la base de datos fue creada durante la zafra 2010-2011 por lo que fue sufriendo pequeñas modificaciones, hasta alcanzar lo que tenemos hoy en día. La misma todavía no se encuentra operando con todas las funcionalidades deseadas y requeridas.

La base de datos se construyó para optimizar el trabajo del operario encargado del control microbiológico, en el área de tándem. Poseyendo ésta dos funciones principales, la primera atiende el control de muestras puntuales en la operación diaria del tándem, mientras que la segunda se enfoca en el análisis histórico de los datos.

El uso de la base de datos para el área de tándem, en su modalidad de operación histórica, corresponde al comportamiento de los jugos primario y diluido de ambos tandems. En la base de datos, en la sección de reportaría, se obtienen tablas y gráficos, los mismos resumen la información agrupada en tres grandes modalidades, la primera, por promedio cada tres horas, de jugo primario y diluido, la segunda, por los promedios diarios de jugo primario y diluido, finalmente, la tercera, está basada en el conteo de muestras, clasificándolas de acuerdo a la siguiente tabla:

**TABLA No. 3 VALORACIÓN POR SEMÁFORO DE BASE DE DATOS PARA TÁNDEM**

Interpretación	Intervalo	Color
Bueno	$0 < CM \leq 2$	Verde
Alerta	$2 < CM \leq 2.5$	Amarillo
Malo	$2.5 < CM \leq 3$	Naranja
Crítico	$CM > 3.00$	Rojo

Es importante mencionar que todos los reportes poseen la característica de brindarnos la información por períodos de tiempo acoplados a necesidades (semanas, meses, etc.), sin perder la característica primordial de hacer comparaciones entre ambos tandems.

Mediante las tablas y gráficos generados por la base de datos, se observaron tendencias crecientes, decrecientes, etc. Los reportes generados por la base datos, ameritaron a realizar un análisis detallado de la información recopilada, por medio de estadísticas descriptivas e histogramas de frecuencia.

**2. Uso operativo de los resultados (lazo operativo con aplicación de acciones tándem).** El uso de la base de datos para el área de tándem, en su modalidad de operación diaria, provee información importante relacionada con el uso operativo de los resultados, ya que el operario de control microbiológico, puede apoyar en la toma de decisiones asociadas a la aplicación del bactericida, además de poder evaluar la efectividad de la limpieza en los tandems.

Se diseñó entonces un procedimiento que implica la utilización de los resultados analíticos de forma operativa para influir sobre la disminución de la actividad microbiológica y reducir su incremento en el tándem.

**3. Análisis de los procedimientos actuales de limpieza y desinfección.** Se realizó observación de campo en el Ingenio Pantaleón al recorrer los distintos procesos que conlleva la producción de azúcar. Nos enfocamos en el área de molienda donde se realizó un estudio de tiempo durante el turno de 6 am a 2

pm. Utilizando un cronometro y un cuaderno de apuntes se procedió a observar la limpieza que realizaba el operario. Se recopiló y analizó la información en una hoja de cálculo dividida en 3 áreas: molino interno, molino externo y piso.

**a. Elaboración de plan de mejoras para el procedimiento.** Por medio de la observación y recomendaciones de personas con amplios conocimientos en el tema de limpieza de molinos se creó un plan de mejoras. El objetivo de las mejoras es reducir áreas de acumulación de bagazo, retención de líquidos y modificar las rutinas de limpieza para enfocarse en los puntos críticos de cada tándem. Dichas propuestas se expusieron en el ingenio Pantaleón con buena aceptación por parte del personal para su implementación en la zafra 2011/2012.

**b. Creación del instructivo para un mejor procedimiento de limpieza y desinfección en molinos.** Se creó el instructivo partiendo de las conclusiones del análisis de los procedimientos actuales de limpieza y desinfección en conjunto con el plan de mejoras. En el instructivo se establece una serie de pasos secuenciales para que el operario los siga dependiendo del área del molino para realizar una limpieza ordenada y eficiente.

**c. Optimización del trabajo del operario de control microbiológico. Finalmente se emplearon las técnicas de estudio de tiempos y diagramas de recorrido.** Con la utilización de esta herramienta se pretendió mostrar la secuencia de las actividades desarrolladas en el Control Operativo Microbiológico (COM) en el tándem, con la finalidad de llegar a un estándar, el cual es el resultado final de dichas actividades. Para el estudio de tiempos se empleo un cronómetro para establecer los valores de tiempo del desarrollo del análisis de puntos críticos en el tándem.

Empleando la información recabada en el estudio de tiempo de las actividades del COM en un tándem de un ingenio azucarero y los diagramas de recorrido se buscó mejorar los métodos existentes, eliminando todas las actividades innecesarias.

## **E. Unificación de base de datos para el procesamiento de la información y diseño de manual para su implementación**

Se trabajó conjuntamente con dos estudiantes del Megaproyecto actual (Woc y Basterrechea) donde cada uno desarrollo un sistema de ingreso de datos y procesamiento de información respectivamente para el laboratorio de caña y el área de tándem. Se unificó el sistema y se procedió a hacerlo más amigable para el usuario.

Se realizó un manual para el usuario del sistema unificado, tomando en cuenta todas las sugerencias de los estudiantes, se diseñó el manual de la forma más simple con varias imágenes señalizando los pasos a seguir por el usuario para facilitar su uso.

## **F. Evaluación económica del proyecto**

Se procedió a analizar las propuestas anteriores de tres estudiantes, donde se actualizaron procedimientos utilizados por los antecesores debido a que solamente eran propuestas y hasta la presente zafra se procedió a implementar el proyecto en el Ingenio. Se actualizaron todos los datos que antes no se tenían en base a la información obtenida y por recopilación de información.

## VI. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

### A. Análisis del desarrollo del Megaproyecto y proponer mejoras para su logística

**1. Evaluar la logística del propio trabajo de investigación de Megaproyecto.** El Megaproyecto para los años 2,010-2,011 cuenta con la participación de tres estudiantes del departamento de Ingeniería Química, cinco estudiantes del departamento de Ingeniería Industrial y tres estudiantes del departamento de Ingeniería Bioquímica.

Al ser el Megaproyecto activo más antiguo de la universidad del valle de Guatemala y uno de los más numerosos con la participación de tres departamentos del campus, es vital tener una organización interna, porque los resultados de cada miembro del equipo de trabajo se encuentra relacionado con la información de los demás integrantes, todos dependen del trabajo grupal. Es el cuarto año consecutivo que se le da seguimiento al Megaproyecto, a pesar de que ya se tienen las bases a diferencia del primero año, el trabajo es más arduo y requiere de una eficiente comunicación entre todos los miembros del equipo.

Dentro de toda organización es importante que cada miembro tenga definido cual es su rol dentro del equipo y cómo sus aportes logran ayudar a cumplir el objetivo primordial de la organización, en éste caso el del Megaproyecto.

Antes de la estratificación de un organigrama fue necesario analizar que puestos son necesarios para la sustentabilidad del equipo, debido a que es un trabajo que se llevó acabo aproximadamente en un año y medio (julio del 2,010 hasta noviembre del 2,011). El organigrama no fue definido solamente con dicho propósito, sino que se pensó en una manera de evaluar las competencias de los miembros, poner a prueba su capacidad de dirigir un grupo de trabajo, delegar responsabilidades y no solo ser un líder sino también ser capaz de ser un seguidor.

**2. Estructura interna.** El equipo multidisciplinario realizó un análisis para detallar el organigrama, se llegó a un convenio de estructurar el equipo con base en los siguientes puestos:

- a. Director (a) de Megaproyecto.
- b. Secretario (a) de Megaproyecto.
- c. Documentación Gráfica.
- d. Director (a) de Ingeniería Química.
- e. Director (a) de Ingeniería Bioquímica.
- f. Director (a) de Ingeniería Industrial.

El asesor externo es el director de la estructura interna, encargado de proponer el objetivo general del Megaproyecto. Además se encarga de dirigir y dar una guía a los estudiantes a partir de sus conocimientos y experiencia en el campo de trabajo.

Director(a) de Megaproyecto (MP), encomendado a todas las funciones generales del Megaproyecto. Cuando se inició el trabajo, se acordó entre los miembros del equipo y el asesor, que todos llevaran un cuaderno de apuntes, donde anotaron cualquier aspecto relacionado al Megaproyecto. La finalidad del cuaderno es tener toda la información a la mano, además se utilizó como una forma de medición de cumplimiento de tareas que asignadas durante el primer semestre. El director de MP, se encargaba de la revisión de los cuadernos de los directores de los tres departamentos. Servía como contacto directo entre el asesor y los demás miembros del equipo para estar recordando y calificando el cumplimiento de tareas que ayudaran al levantamiento de información en el segundo semestre de trabajo.

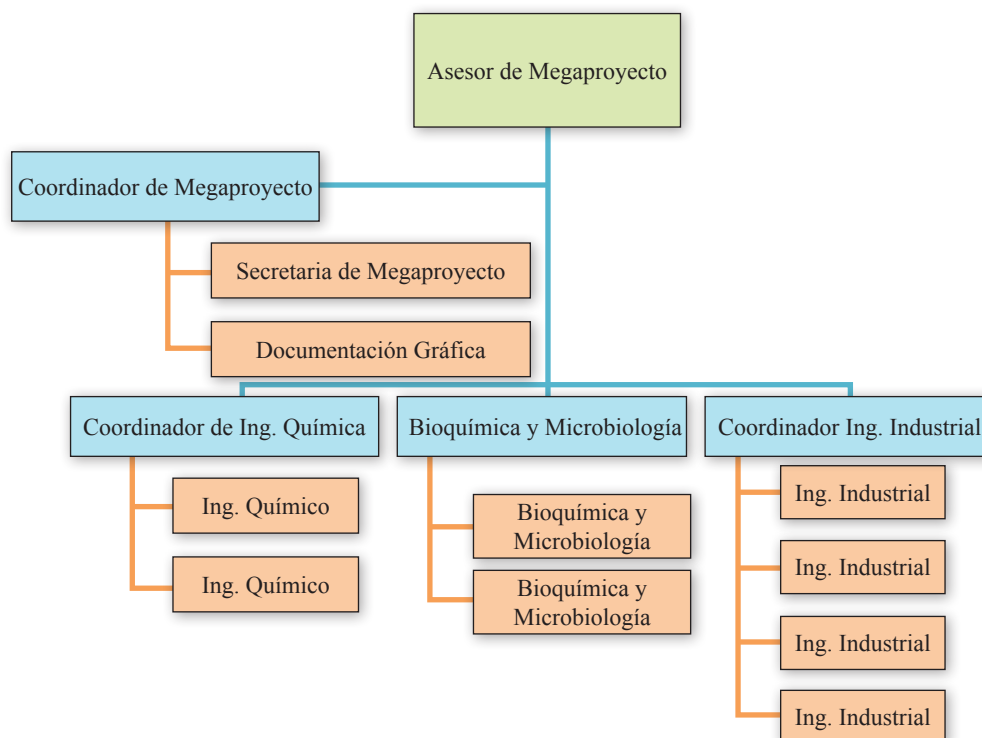
Secretario (a) de Megaproyecto, es la persona que se encargaba de la logística de todas las reuniones entre los distintos grupos de trabajo existentes dentro del equipo y realizar un plan de trabajo de visitas al Ingenio Pantaleón para transcurso del Megaproyecto. Debido a que es un grupo muy grande de trabajo, dividió el grupo en dos, acorde a las necesidades y objetivos de cada miembro, luego coordinó las visitas semanales de cada grupo de acuerdo al tiempo disponible del asesor en el ingenio. El secretario (a) es el contacto directo con el asesor en lo que respecta las reuniones o visitas al ingenio.

Documentación Gráfica, este puesto se dedicó a recolectar toda la información de uso general para todos los miembros del equipo. Obtenía la información de los demás miembros del equipo, para generar un documento de datos, fotografías, gráficas, etc. Facilitando la elaboración del trabajo final a todos los integrantes.

Directores de los departamentos de Ingeniería Química e Industrial, y departamento de Bioquímica y microbiología, encargados de coordinar todas las actividades relacionadas a su departamento, revisar los cuadernos de los miembros de su departamento (incluyendo al director (a) de Megaproyecto, secretario (a) o documentación gráfica si se encuentran en su departamento).

Para los fines del Megaproyecto se utilizó una departamentalización funcional, las divisiones de los distintos grupos se realizaron acorde a la especialización de cada miembro del equipo. Se decidió por esta forma de organización interna debido a que desde un principio se tenían ya tres grupos de trabajo distintos, los ingenieros Químicos, Industriales y Bioquímicos, sin embargo no se tenía un flujo de información entre los distintos grupos. Además de tener tres departamentos, se decidió crear los puestos de coordinador de Megaproyecto, secretario(a) y documentación gráfica, son necesarios para que el flujo de información fluya eficientemente, para que exista autoridad dentro de los mismos miembros del equipo y que cada miembro del equipo perciba que es una obligación para él desempeñar sus tareas correctamente y no afectar el rendimiento del equipo.

ILUSTRACIÓN No. 14 ORGANIGRAMA DEL MEGAPROYECTO



**3. Asignación de puestos.** Un líder es una persona que se encuentra comprometida con cualquier organización, con todos los niveles jerárquicos, encargado de apoyar, facilitar y promover la implementación y la práctica continua de todas las actividades que le generen valor a las etapas hasta lograr el cumplimiento del objetivo final. (Robbins/coulter 2005)

El objetivo de tener un diseño organizacional dentro del equipo de trabajo es generar una división de trabajo que no sólo ayude a desempeñar correctamente la función de cada miembro, sino explotar las competencias de los miembros para lograr un mejor desarrollo personal y experimentar lo que sería trabajar en un equipo de trabajo multidisciplinario, en donde no todos los integrantes son afines, pero todos luchan por lograr un mismo objetivo.

Antes de realizar una organización o tan siquiera tener la idea de que se quería una, el proceso del Megaproyecto se inició solamente con reuniones con todos los miembros del equipo de trabajo, donde se empezaron a conocer todos los integrantes. Conforme se fueron efectuando las primeras reuniones y se empezaron a realizar las primeras investigaciones primarias, se observó que la comunicación dentro del equipo era muy poco eficiente, era muy difícil planear cualquier tipo de reunión, y más aún el lograr que los miembros del equipo se juntaran en un horario distinto al asignado.

No existía ningún vínculo entre los miembros del equipo; un Megaproyecto es un trabajo multidisciplinario en donde estudiantes de distintas carreras trabajan conjuntamente para desarrollar e implementar un tema científico en común, sin embargo a principio del primer semestre de trabajo

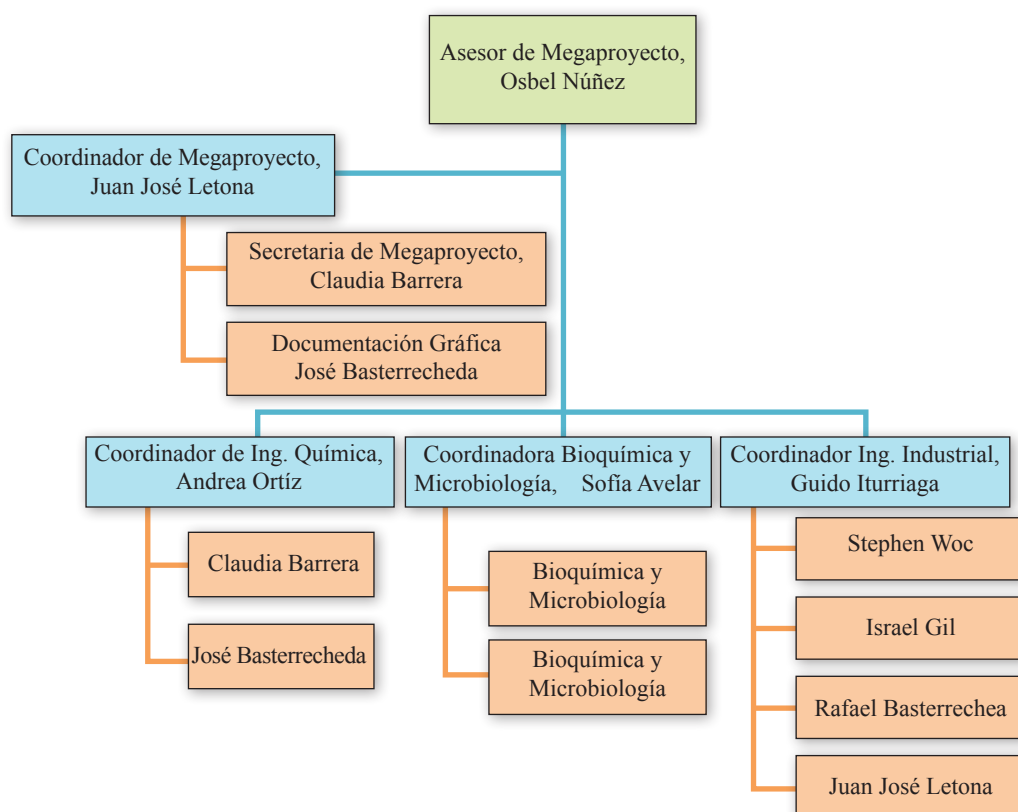
se percibía que cada integrante estaba trabajando por su propia cuenta. Es allí cuando se decidió en el segundo mes de trabajo, crear una estructura de trabajo que nos permitiera a todos los alumnos trabajar en equipo, cumplir las tareas individuales y ayudar a los demás miembros a cumplir las suyas.

Ya definida la estructura que se quería seguir, se decidió bajo el consejo del asesor, que los puestos no se elegirían por medio de votos, parte del diseño de la estructura es conocer a los líderes dentro de nuestro equipo, explotar sus destrezas, por lo que se la asignación se efectuó como un autonombramiento, en donde los demás miembros debían estar de acuerdo con el nombramiento.

Sabiendo que son seis los puestos de liderazgo vacantes dentro del equipo, y son once los miembros totales, y lo que se quiere es explotar el liderazgo de todos los miembros, se acordó una re-estructuración del equipo a inicios del tercer y último semestre. En la re-estructuración del último semestre los integrantes del equipo que ya habían ocupado un puesto de liderazgo dentro del equipo preferiblemente debían de ocupar un puesto distinto, para también explotar sus otras competencias como trabajo en equipo, cumplimiento de tareas, etc. Sin embargo debido a que varios estudiantes son querían llevar una carga extra, prefirieron ser excluidos de los puestos de liderazgo dentro del equipo.

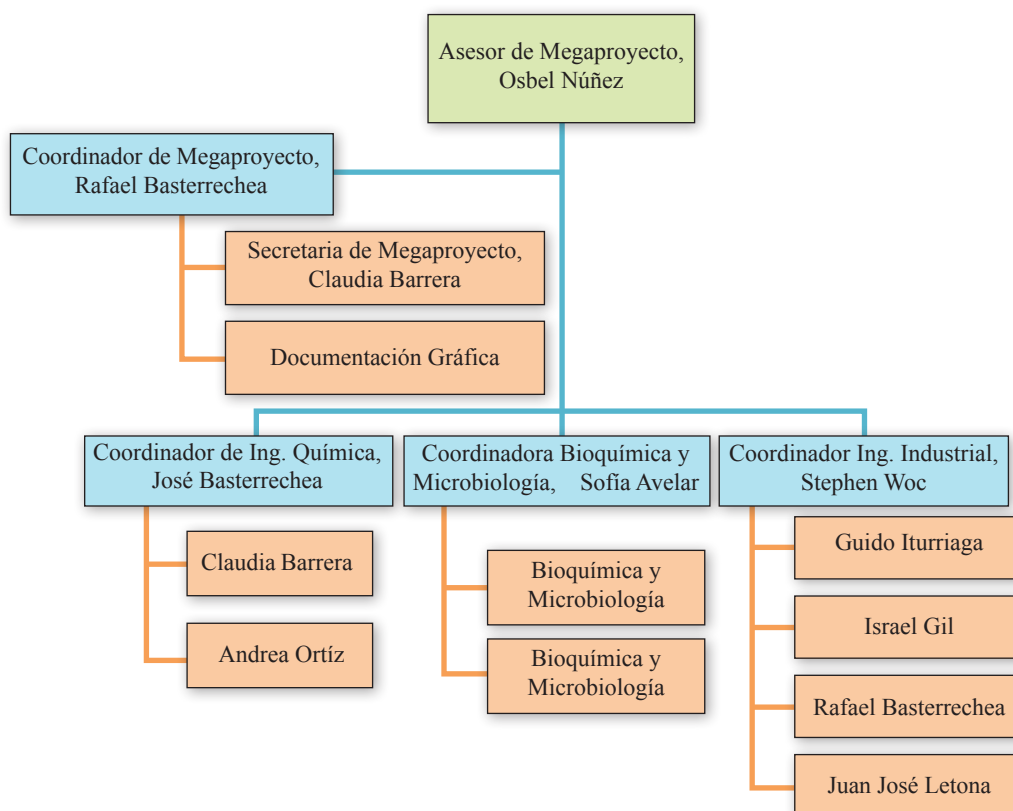
El organigrama para el primer y segundo semestre de Megaproyecto está estructurado de la siguiente manera.

**ILUSTRACIÓN No. 15** ORGANIGRAMA DEL PRIMER Y SEGUNDO SEMESTRE DE MEGAPROYECTO (Septiembre 2,010-Mayo 2,011)



El organigrama para el tercer y último semestre se estructuró de la siguiente manera

**ILUSTRACIÓN No. 16** ORGANIGRAMA TERCER SEMESTRE DE MEGAPROYECTO  
(Junio-Noviembre 2,011)



**4. Objetivos del organigrama.** Todos los puestos fueron llenados por autonombramiento, los puestos de coordinador tenían como primera tarea revisar los cuadernos de apuntes a las personas del grupo. El coordinador de Megaproyecto, secretario (a) y documentación gráfica también debían de presentar sus cuadernos a los coordinadores de sus respectivos departamentos.

La propuesta de que todos los miembros tuvieran un cuaderno de apuntes y fuera revisado, fue propuesta por el asesor. La idea principal era que los integrantes pudieran tener todos los apuntes relacionados a Megaproyecto en un mismo lugar y de forma ordenada. Fue pensado como una forma de poder controlar el cumplimiento de tareas y darle una retroalimentación a cada miembro del departamento del coordinador asignado y el asesor.

En la Universidad del Valle De Guatemala se pueden escoger dos distintas metodologías como trabajo de graduación, la primera es la Tesis y la segunda Megaproyecto. La diferencia esencial a parte del trabajo multidisciplinario del Megaproyecto, es que en la tesis es requerimiento que el alumno realice ciertas horas de prácticas en una empresa, logrando así adquirir experiencia laboral, ver cómo es su

desempeño en la vida real. Factor importante por el cual se quiso desarrollar un organigrama fue lograr que los alumnos aprendieran que es el trabajo en equipo en un ambiente serio a pesar de estar conformado el equipo por compañeros universitarios. Al darle la oportunidad a los alumnos que se desempeñaran en una posición de liderazgo les permitió tener una idea de cómo son los grupos de trabajo en un ambiente laboral real.

El aspecto vital por el que se quiso tener un organigrama es por el hecho de establecer una estructura ordenada de trabajo, en donde el asesor por sus años de experiencia en el Megaproyecto vio necesario y vital ya que es uno de los pasos más importantes, la implementación de todas las metodologías propuestas por trabajos anteriores.

**5. Evaluación de la estructura organizacional.** Todo proyecto tiene sus aspectos positivos y de mejora, se evaluó la funcionalidad de la estructura organizacional propuesta para poder aprender de los errores y que futuras generaciones del Megaproyecto lo puedan implementar de una mejor manera y lograr un funcionamiento más eficiente.

Para evaluar el clima laboral se realizó un pequeño cuestionario de 6 preguntas, para conocer que es lo que piensan los integrantes del equipo respecto al funcionamiento del organigrama, en que aspectos los ayudo a desempeñar de una mejor forma su trabajo y también para conocer los aspectos contradictorios o mal estructurados debido a que es la primera vez que se realiza este tipo de organización en el Megaproyecto de control microbiológico.

El cuestionario consistió en las siguientes 6 preguntas.

**TABLA No. 4 CUESTIONARIO**

Cuestionario
1. ¿Desempeñó algún puesto en el organigrama en el primer semestre? ¿Qué puesto desempeño?
2. ¿Cuáles eran las principales funciones de su puesto, si es que desempeño uno?
3. ¿Cree que aprendió algo de la experiencia? Por ejemplo un aspecto de liderazgo, organización, etc.
4. Aspectos positivos de tener un organigrama en el Megaproyecto.
5. Aspectos negativos o de mejora del organigrama utilizado en el Megaproyecto.
6. ¿Desempeñó algún puesto en el organigrama en el tercer semestre? ¿qué puesto desempeño?

La encuesta la llenaron todos los integrantes del equipo a mediados del tercer semestre para tener un opinión respecto al funcionamiento de todo el tiempo trabajado, los resultados de cada miembro se pueden observar en APÉNDICE 2. Se utilizaron las respuestas de los integrantes del equipo para obtener en base a la experiencia los aspectos positivos de implementación y los puntos de mejora que puede tener para futuras generaciones.

**6. Aspectos positivos.** Los integrantes adquirieron experiencia en el manejo de grupos de trabajo, parte de la carga que conllevaba el puesto era la dirección de los integrantes de su departamento de Megaproyecto, asignando tareas y lograr una división de trabajo.

Desarrollaron su liderazgo, competencias y conocieron sus debilidades para contra restarlas en un futuro próximo para su desarrollo personal y profesional. Se logró una organización más eficiente, facilitaba la logística de la reuniones, incremento la dirección y comunicación entre los integrantes y el asesor asignado.

**7. Aspectos a mejorar.** La propuesta del asesor de tener un cuaderno de apuntes para llevar un control más eficiente de la información de cada integrante, no funcionó. Se implementó el primer mes del primer semestre de trabajo, todos los integrantes lo vieron como una carga estudiantil extra y no como una ayuda para el momento de desarrollar sus objetivos específicos. A pesar de que no se procedió a tener una revisión periódica de los cuadernos, cada miembro tenía su propia forma de recolección de información y al final no existió inconveniente de no revisar los cuadernos.

Los puestos de liderazgo dentro del organigrama tienen un mayor grado de responsabilidades, es una de las causas por las cuales los miembros no quisieron realizar una rotación dentro del organigrama. Las personas que no había desempeñado ningún puesto observaron que los coordinadores o demás tenían más responsabilidades y eso fue una de las causas por la que algunos miembros del Megaproyecto no desempeñaron ningún puesto de liderazgo o manejo de equipo. No solamente los puestos de coordinador, secretario (a) o documentación gráfica tenían responsabilidades, ya que los puestos de los ingenieros Industriales o Químicos también tenían a cargo diferentes funciones de organización o cumplimiento de tareas que habían sido asignadas por parte de su coordinador respectivo o asesor.

El punto que todos los integrantes nombraron como mayor aspecto a mejorar es la rotación, a pesar de que fue una de las ideas principales ya que se quería en un principio que todos los miembros participaran activamente en la estructura organizacional. Por descuido y comodidad se siguió con el mismo organigrama dos semestres, y el último semestre solamente se realizaron leves cambios en la estructura del mismo, no fue una rotación del 100% como se quería.

No se tenía bien definido que funciones les toca desempeñar a los miembros. En varias ocasiones cuando se quería obtener cierta información o fijar una reunión de cierto grupo departamento no se tenía definido quien era la persona responsable de tener la información al día o de manejar la logística de la reunión.

El puesto de documentación gráfica, es de vital importancia cuando se quiere trabajar un Megaproyecto, debido a que es necesario tener un documento con información general que le pueda servir a todos en cualquier momento, y no tener que estar fatigando mentalmente a la persona encargada pidiendo información. Existe mucha carga para la persona que es la documentadora gráfica, ya que aparte de ser el encargado de juntar la información, fotos, etc. Es el que les tiene que mandar lo que le piden los demás integrantes y puede llegar a ser un trabajo tedioso y una carga laboral extra.

**8. Propuesta para el siguiente grupo de trabajo del Megaproyecto.** El siguiente grupo de Megaproyecto debe considerar al momento de estructurar el organigrama interno, una rotación completa de los miembros, para que la carga que representa cada puesto se vea diluida, todos los miembros tengan la oportunidad de ser los líderes de un grupo de trabajo, organizar las distintas tareas y miembros de su equipo. Se le recomienda a las personas que continuarán el seguimiento del proyecto del Ingenio, rotar los puestos cada inicio de semestre, y así darle la oportunidad a todos los miembros de adquirir experiencia en el manejo de grupos de trabajo y explotar sus competencias.

Sería relevante que un miembro se encargara de realizar una descripción de puestos, del organigrama, así como de las personas que requiere el Ingenio para el funcionamiento del proyecto en el Ingenio. Para el organigrama facilitaría a tener un orden interno, asignación de las tareas organizacionales, la forma de cumplirlas y no se le asignaría un puesto a una persona que no cumpla las competencias necesarias. Para el Ingenio ayudaría en ahorrarse costos de capacitación, ya que se contrataría únicamente a las personas que cumplan con los requisitos y solamente las que se crea que son aptas para desempeñar las tareas correctamente, no tener que cambiar de personal a mitad de una zafra.

Es importante asignar a una persona para que cumpla el puesto de documentación gráfica, ya que es necesario que una persona lleve el control de toda la información, datos, fotografías, etc. El problema es que muchas veces que se le pedía información al documentador gráfico, el tamaño del archivo era muy grande e imposible enviarlo vía correo, entonces considero necesario la creación de un drop-box, google.documents o un correo con acceso para los miembros de Megaproyecto y asesor. Las maneras de recolección propuestas anteriormente agilizarían el proceso de obtención de información de todos los integrantes, además disminuiría la carga del documentador gráfico, siendo este al final únicamente encargado de llevar control que los miembros actualicen el documento.

Para llevar un mejor control del equipo, se propone la implementación de un sistema de control de tareas semanal o quincenalmente como lo crean más conveniente los integrantes de futuras generaciones del Megaproyecto y el asesor asignado. Es indispensable para el funcionamiento del sistema que se revise periódicamente por parte de la persona encarga. El sistema que se propone se observa en la Tabla No. 5 y los beneficios asociados al mismo son:

- El control sobre todas las tareas del grupo, el control puede ser llevado por el coordinador del Megaproyecto o el asesor.
- Ayuda a planificar el tiempo del estudiante y llevar un cronograma de todas las actividades.
- En todas las reuniones grupales efectuadas, los integrantes deberán presentar su tabla de MCI para que los demás miembros se enteren del trabajo de realiza cada uno de los miembros.

TABLA No. 5 PROPUESTA DE CONTROL DE TAREA

MCI	LEADS	LAGS	Semana 1	Semana 2
Objetivo General de Megaproyecto	Objetivo específico # 1	Sub-objetivos	Tareas	Tareas
		Sub-objetivos	Tareas	Tareas
		Sub-objetivos	Tareas	Tareas
		Sub-objetivos	Tareas	Tareas
	Objetivo específico # 2	Sub-objetivos	Tareas	Tareas
		Sub-objetivos	Tareas	Tareas
		Sub-objetivos	Tareas	Tareas
		Sub-objetivos	Tareas	Tareas
	Objetivo específico # 3	Sub-objetivos	Tareas	Tareas
		Sub-objetivos	Tareas	Tareas
		Sub-objetivos	Tareas	Tareas
		Sub-objetivos	Tareas	Tareas
	Objetivo específico # 4	Sub-objetivos	Tareas	Tareas
		Sub-objetivos	Tareas	Tareas
		Sub-objetivos	Tareas	Tareas
		Sub-objetivos	Tareas	Tareas

La forma en que funciona la tabla es de la siguiente manera, en la columna de MCI, los estudiantes colocan el objetivo general del Megaproyecto, en la siguiente columna se colocan los objetivos en específico que tiene cada estudiante por individual. En la columna LAGS se colocan los sub-objetivos de cada objetivo en específico, en esta parte el estudiante deberá definir cuáles son las tareas esenciales que debe de realizar para cumplir el objetivo en específico, esta parte los ayudara a realizar con tiempo el índice y tener bien definido la forma en que se estructurará el trabajo final. Posteriormente se agregan columnas periódicamente a la tabla, asignando tareas individuales semanal o quincenalmente que ayuden a cumplir cada uno de sus sub-objetivos en específico y así consecuentemente cumplir sus objetivos en específico y de forma progresiva cumplir el objetivo general de Megaproyecto.

En la columna donde se indica Semana 1, le deben de ingresar una fecha de inicio y fecha final para cumplir las tareas que se asignaron, si se cumple al 100% la tarea, llenar el cuadro color verde, si no se cumple al 100% pero se dio inicio a la tarea se llena de color amarillo y si no se dio inicio a la tarea asignada se llena de color rojo. El ejemplo se observa en la siguiente tabla.

TABLA No. 6 PROPUESTA DE CONTROL DE TAREAS

MCI	LEADS	LAGS	Semana 1
Objetivo general de Megaproyecto	Objetivo específico # 1	Sub-objetivos	Tarea cumplida
		Sub-objetivos	Tarea cumplida
		Sub-objetivos	Tarea Iniciada
		Sub-objetivos	Tareas no iniciada

### 9. Conclusiones parciales

a. Se evaluó la implementación de una estructura interna de trabajo en el Megaproyecto, donde se observó como mayor beneficio la experiencia adquirida por los estudiantes en el manejo de grupos de trabajo, y como un aspecto a mejorar relevante la rotación de puestos dentro del organigrama.

### 10. Recomendaciones parciales

a. Tomar en cuenta los aspectos a mejorar y positivos obtenidos en el presente Megaproyecto para crear un mejor ambiente laboral dentro del grupo de trabajo.

b. Implementar las recomendaciones propuestas para un mejor control del equipo en la definición y cumplimiento de las tareas asignadas a cada uno de los miembros.

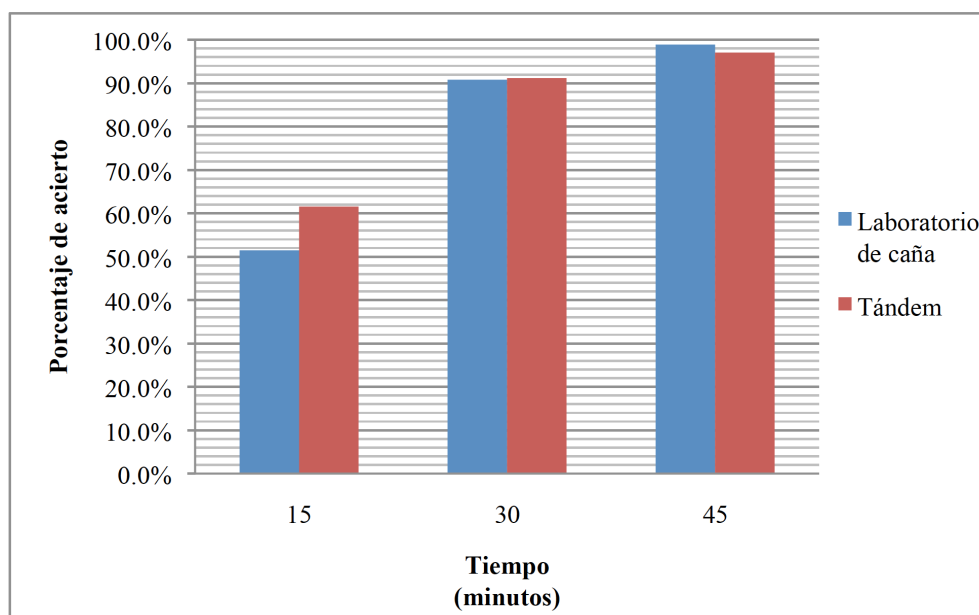
## B. Desarrollo de técnicas analíticas para el soporte del sistema de control

**1. Evaluación del cambio temprano en el test de la resazurina como indicador de mayor efectividad microbiana en la etapa de implementación industrial.** En estudios anteriores se ha comprobado que la prueba de resazurina es un método de análisis eficiente para estimar la actividad microbiológica en el jugo de caña. Con el fin de optimizar aún más esta prueba, se han realizado variantes que permitan obtener resultados más rápidos y de esta forma agilizar la toma de decisiones operativas en el proceso. Una de las variantes estudiadas anteriormente, consistió en monitorear los cambios de color de la resazurina durante la prueba hasta alcanzar la decoloración total. Esas pruebas se llevaron a cabo a nivel de laboratorio. En dichos estudios se comprobó que existe una correlación entre el primer cambio observado o cambio a rojo y el tiempo total de decoloración. Los coeficientes de correlación fueron superiores a 0.9 indicando que las observaciones de cambio de color podrían utilizarse para determinar el tiempo de decoloración total (Campos, 2009).

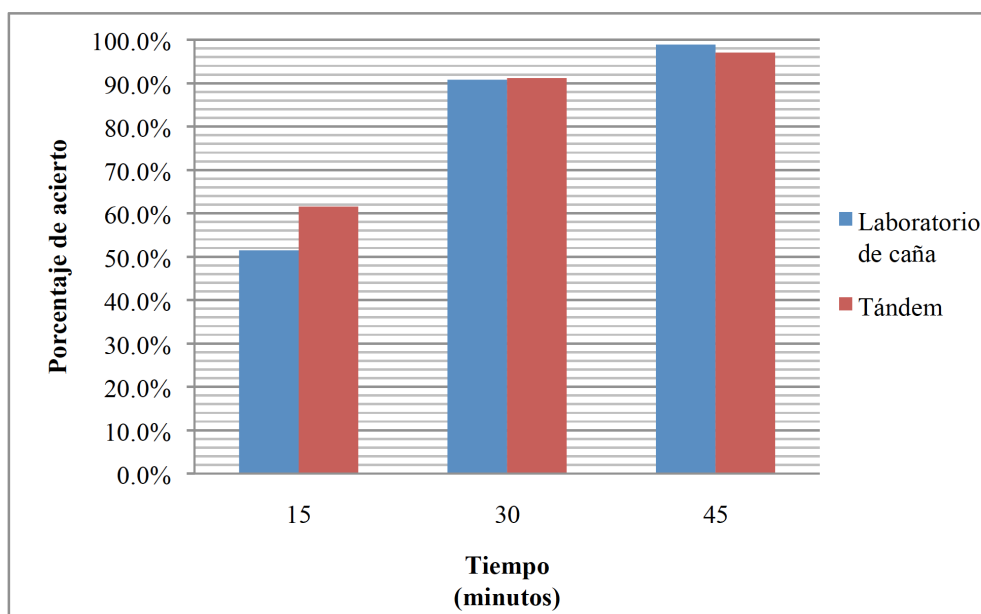
Bajo el supuesto de que existe una correlación entre el primer cambio observado o del cambio a rojo con el tiempo total de decoloración en el test de resazurina se llevó a cabo una evaluación de los resultados de las pruebas de resazurina que realizaron los operarios durante la zafra 2010-2011 en el laboratorio de caña y el tándem del ingenio Pantaleón y se analizó la eficiencia de las observaciones. Los operarios llevaron un registro del primer cambio observado o cambio a rojo y el coeficiente microbiológico (CM) en hojas de control. El formato de las hojas de control para cada una de las áreas mencionadas se muestra en la sección de anexos de este trabajo. Se debe aclarar, que durante la zafra no se realizó correcciones sobre las observaciones de los operarios ya que el objetivo fue obtener los resultados de lo que ellos observaban espontáneamente a partir de orientaciones iniciales. En el trabajo se comparó los resultados obtenidos por los operarios del tándem con los de los operarios del laboratorio de caña.

En el laboratorio de caña según el primer cambio observado para las muestras con CM mayor a 3 se obtuvo un porcentaje de acierto de 56.9% en los primeros 15 minutos, 93.1% a los 30 minutos y 99% a los 45 minutos. Mientras que para las muestras con CM mayor a 2.5 se obtuvo un porcentaje de acierto de 51.5% a los 15 minutos, 90.8% a los 30 minutos y 98.9% a los 45 minutos. Para las muestras del tándem con CM mayor a 3 a los 15 minutos el porcentaje de acierto fue de 57%, 88.6% a los 30 minutos y 95.3% a los 45 minutos. Por su parte las muestras con CM mayor a 2.5 tuvieron un porcentaje de acierto de 61.6% a las 15 minutos, 91.2% a los 30 minutos y 97.1% a los 45 minutos. Comparando el porcentaje de acierto con base en el primer cambio observado entre las muestras analizadas por el laboratorio de caña y el tándem se puede decir que los resultados fueron similares. En la GRÁFICA NO. 2 se puede observar la comparación para las muestras con CM mayor a 3 y en la Gráfica No. 2 las muestras con CM mayor a 2.5.

**GRÁFICA No. 2** PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 3 SEGÚN EL PRIMER CAMBIO OBSERVADO



**GRÁFICA No. 3 PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 2.5 SEGÚN EL PRIMER CAMBIO OBSERVADO**



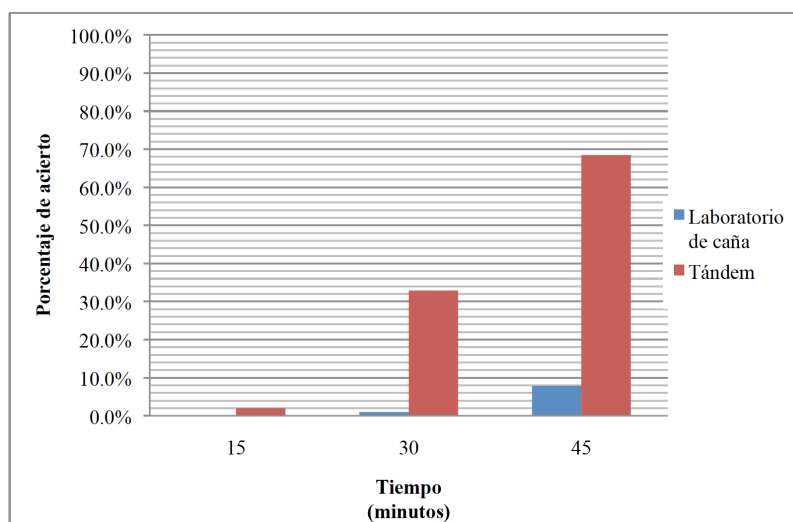
Para las dos áreas de trabajo en los primeros 15 minutos entre el 50 y 65% del total de muestras catalogadas como positivas fueron acertadas, dando un porcentaje de falsos negativos elevado (muestras positivas catalogadas como negativas). A los 30 minutos de análisis el porcentaje de acierto estuvo alrededor del 90%, teniendo un porcentaje de falsos negativos aceptable. Después de 45 minutos de análisis se pudo lograr detectar más del 95% de las muestras con actividad microbiológica alta utilizando el primer cambio observado. Por esta razón se puede decir que según el primer cambio observado a partir de los 30 minutos de análisis es posible, con un alto porcentaje de certeza, identificar las muestras que se encuentran en rangos de actividad microbiológica mala o crítica y podría ser utilizada para tomar decisiones operativas.

En el caso del cambio a rojo en las muestras del laboratorio de caña el porcentaje de acierto fue nulo para los primeros 15 minutos tanto para las muestras con CM mayor a 3 como para las muestras con CM mayor a 2.5. A los 30 minutos se obtuvo un porcentaje de acierto de 1% para las muestras con CM mayor a 3 y 2.6% para las muestras con CM mayor 2.5. A los 45 minutos de análisis se obtuvo un porcentaje de acierto de 7.8% para las muestras con CM mayor a 3 y 11.4% para las muestras con CM mayor a 2.5. En el tándem el porcentaje de acierto para las muestras con CM mayor a 3 fue de 2% a los 15 minutos, 32.9% a los 30 minutos y 68.5% a los 45 minutos. Para las muestras con CM mayor a 2.5 el porcentaje de acierto obtenido fue de 2.1% a los 15 minutos de análisis, 24.4% a los 30 minutos y 59.5% a los 45 minutos.

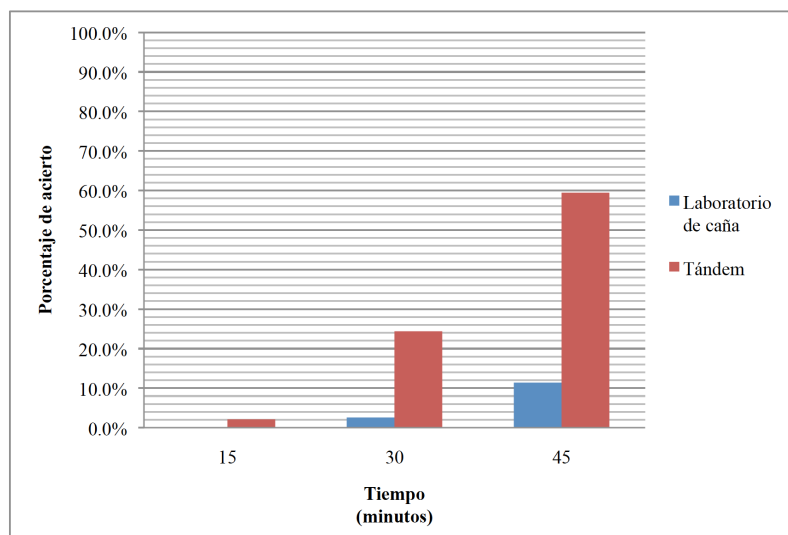
En la GRÁFICA No. 4 y GRÁFICA No. 5, claramente puede observarse que el porcentaje de acierto fue bastante bajo para las muestras con CM mayor a 3 y mayor a 2.5, de las dos áreas de trabajo.

Lo que indica que el porcentaje de falsos negativos con base en el cambio a rojo es alto para los dos casos. Sin embargo, se puede observar que en el caso del tándem el porcentaje de acierto fue más alto que el que se obtuvo en el laboratorio de caña. A pesar de esta diferencia el resultado sigue estando por debajo del esperado y no sería recomendable utilizar para tomar decisiones operativas con base en esta observación.

**GRÁFICA No. 4** PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON MAYOR A 3 SEGÚN EL CAMBIO A ROJO



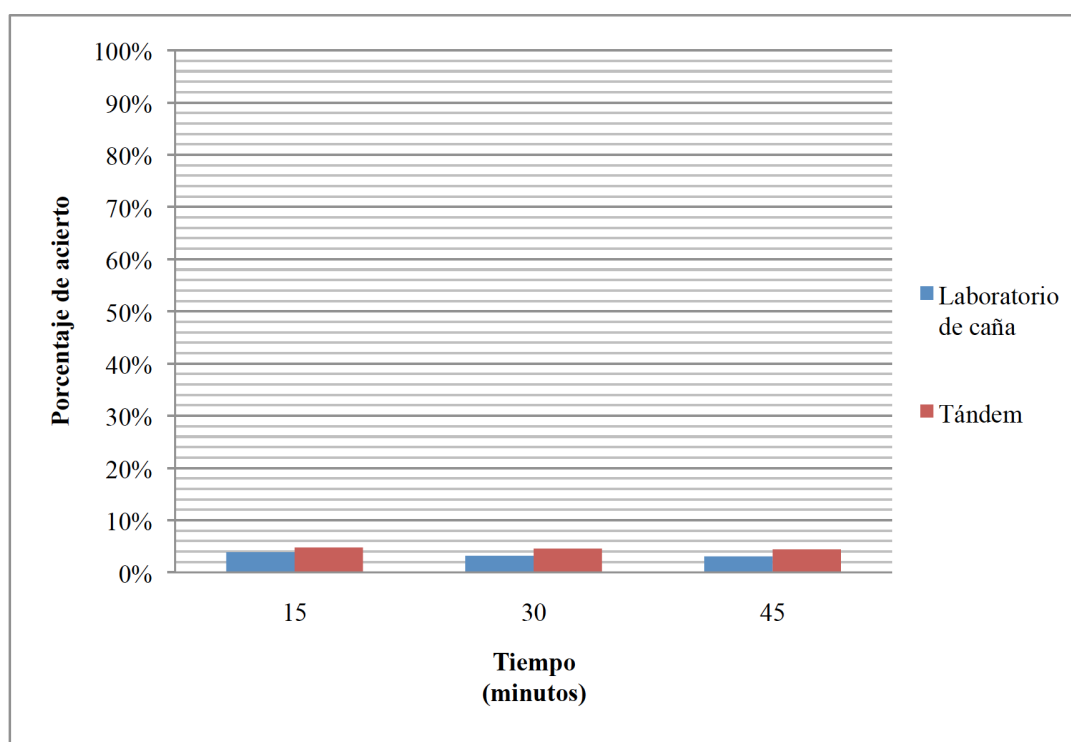
**GRÁFICA No. 5** PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 2.5 SEGÚN EL CAMBIO A ROJO



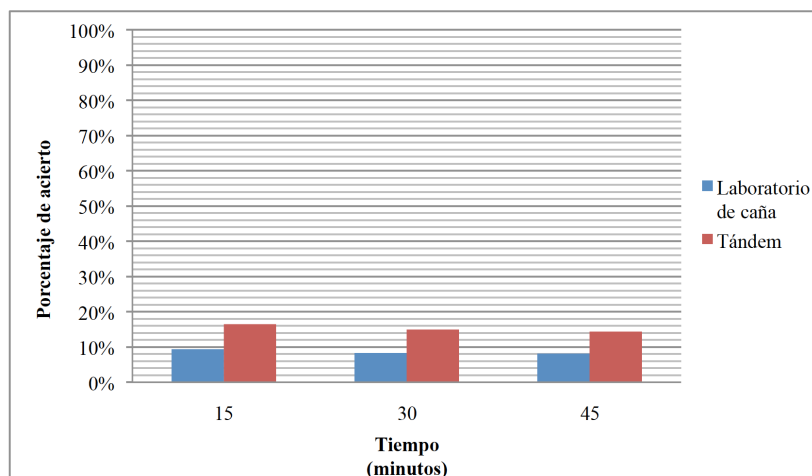
Otro aspecto importante a tomar en cuenta en el análisis de la eficiencia son los falsos positivos. Los falsos positivos son aquellas muestras en las que fue posible observar un cambio pero no eran positivas. El porcentaje de acierto excluyendo los falsos positivos según el primer cambio observado, en el laboratorio de caña para las muestras con CM mayor a 3 presentaron un porcentaje de acierto de 3.9% a los 15 minutos, 3.2% a los 30 minutos y 3.1% a los 45 minutos. Para las muestras con CM mayor a 2.5 el porcentaje de acierto fue de 9.4% a los 15 minutos, 8.3% a los 30 minutos y 8.1% a los 45 minutos. En el tándem para las muestras con CM mayor a 3 el porcentaje de acierto fue de 4.8% a los 15 minutos, 4.5% a los 30 minutos y 4.4% a los 45 minutos. Y para las muestras con CM mayor a 2.5 se obtuvo un porcentaje de acierto de 16.5% a los 15 minutos, 15% a los 30 minutos y 14.3% a los 45 minutos.

Según se puede observar el porcentaje de acierto en ambas áreas fue bastante bajo, lo que indica que se obtuvo una cantidad alta de falsos positivos. El porcentaje de acierto fue similar para las muestras con CM mayor a 3 del laboratorio de caña y del tándem. Sin embargo, para las muestras con CM mayor a 2.5 hubo una diferencia, ya que en el tándem se obtuvo un mayor porcentaje de acierto, aunque todavía se considera muy bajo como para tomar decisiones operativas. Estos resultados se presentan en la GRÁFICA NO. 6 y GRÁFICA NO. 7.

**GRÁFICA No. 6** PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 3 SEGÚN EL PRIMER CAMBIO OBSERVADO EXCLUYENDO LOS FALSOS POSITIVOS

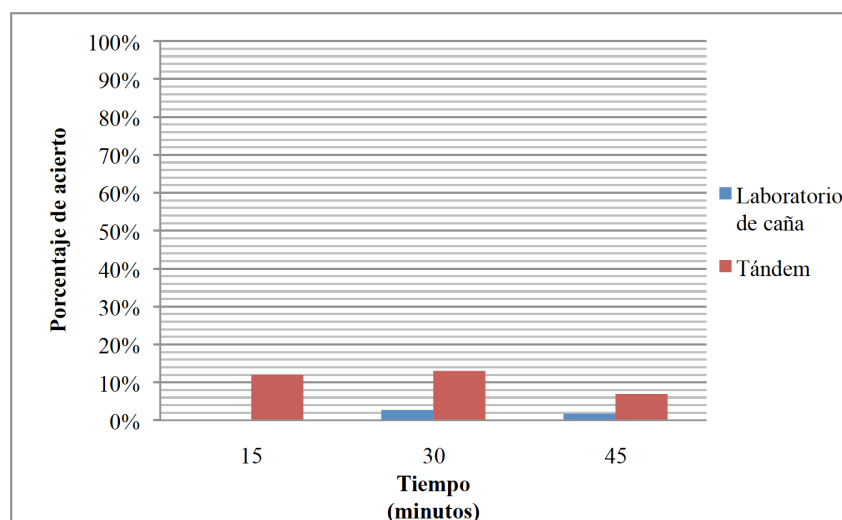


**GRÁFICA No. 7** PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 2.5 SEGÚN EL PRIMER CAMBIO OBSERVADO EXCLUYENDO FALSOS POSITIVOS

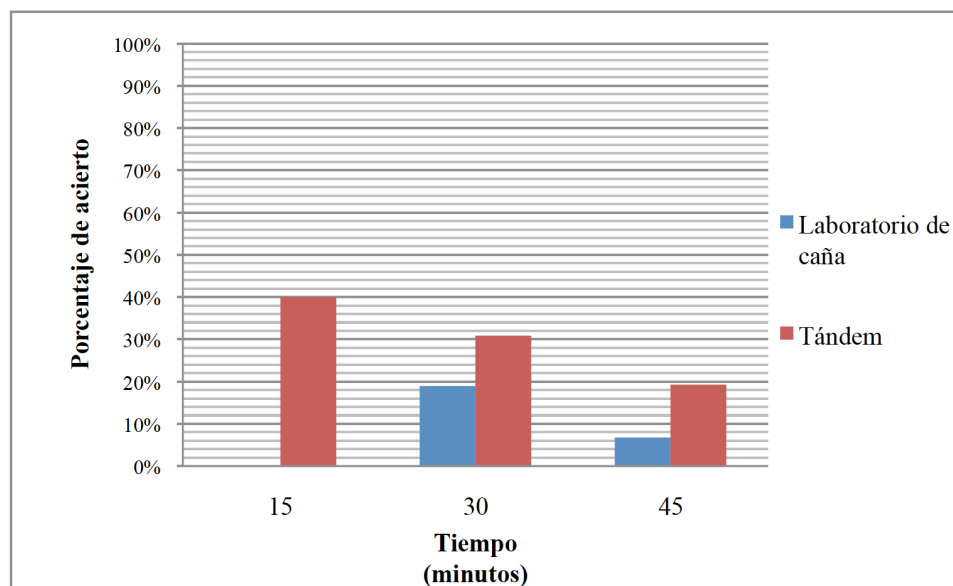


Con base en el cambio a rojo el porcentaje de acierto es aún más bajo que el porcentaje del primer cambio observado. En el laboratorio de caña se obtuvo un porcentaje de acierto nulo tanto para las muestras mayores a 2.5 y mayores a 3 en los primeros 15 minutos. A los 30 minutos de análisis se obtuvo un porcentaje de acierto de 2.7% para las muestras mayores a 3 y de 18.9% para las muestras mayores a 2.5. A los 45 minutos el porcentaje de acierto fue de de 1.7% para las muestras mayores a 3 y 6.7% para las muestras mayores a 2.5. En el tándem el porcentaje de acierto fue de 12% a los 15 minutos, 13% a los 30 minutos y 6.9% a los 45 minutos. Mientras que para las muestras mayores a 2.5 el porcentaje de acierto obtenido fue de 40% a los 15 minutos, 30.9% a los 30 minutos y 19.3% a los 45 minutos.

**GRÁFICA No. 8** PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 3 CON BASE EN EL PRIMER CAMBIO A ROJO EXCLUYENDO FALSOS POSITIVOS



**GRÁFICA No. 9 PORCENTAJE DE ACIERTO DE MUESTRAS CON CM MAYOR A 2.5 CON BASE EN EL CAMBIO A ROJO EXCLUYENDO FALSOS POSITIVOS**



Como se mencionó anteriormente, el objetivo principal al realizar el monitoreo del primer cambio observado y cambio a rojo es minimizar el tiempo de análisis que permita tomar decisiones operativas de forma más rápida. Dentro de estas operaciones se puede mencionar la aplicación del bactericida en el tándem para desinfectar. A pesar de que con el primer cambio observado se logró detectar las muestras malas y críticas casi en su totalidad y a los 30 minutos el error fue aproximadamente 10%, no es posible validar por completo este método debido a que el porcentaje de falsos positivos fue elevado. En el caso de que se decida aplicar bactericida al tándem, podría ser que en muchos casos dicha aplicación no sería realmente necesaria. La observación del cambio a rojo tampoco pudo validarse debido a que el porcentaje de acierto fue muy bajo como para garantizar la precisión de este método.

Se puede considerar que la principal razón por la que a nivel industrial no fue posible validar la correlación entre el primer cambio observado o cambio a rojo con el tiempo total de decoloración ha sido la dificultad de realizar las observaciones por parte de los operarios debido a la falta de experiencia. Al principio de la zafra se capacitó al personal para realizar la prueba de coeficiente microbiológico y las observaciones de primer cambio y cambio a rojo, pero no se monitoreó continuamente durante toda la zafra la forma que los operarios trabajaban debido a que el control no formaba parte de este trabajo. Para mejorar esto es necesario que se vuelva a capacitar a los operarios enfocándose en el monitoreo del primer cambio y cambio a rojo antes de que inicie la siguiente zafra. Además, se debe llevar un control periódico del trabajo de los operarios para identificar cualquier tipo de problema y resolverlo inmediatamente.

También se debe mencionar que la mayoría de los operarios que realizaban las pruebas de resazurina del laboratorio de caña tenían más responsabilidades y se les dificultaba realizar todas las observaciones requeridas. Esto se pudo comprobar en los resultados debido a que hubo un mayor porcentaje de acierto para las muestras analizadas en el tándem, en especial cuando se trabajó con base en la observación de cambio a rojo. Con el fin de disminuir la carga se podría disminuir el número de observaciones de la prueba. Según los resultados obtenidos en el análisis de los resultados a los 30 minutos es posible detectar la mayor parte de las muestras malas o críticas, por esta razón se podría modificar la prueba para que sólo se monitoree el primer cambio o cambio a rojo a los 30 minutos de análisis. Esto permitirá que los técnicos realicen las pruebas con más precisión, se obtengan resultados rápidos para la identificación de muestras críticas y la toma de decisión más adecuada con base en el resultado.

## 2. Determinación de la metabolización de sacarosa y resistencia antimicrobiana como evaluación de cepas perjudiciales

a. **Recuentos bacterianos en jugo de caña primario y diluido.** Los recuentos bacterianos obtenidos para la microbiota total y *Leuconostoc*spp. en el jugo primario y diluido de ambos tandems se presentan en la TABLA NO. 7.

**TABLA No. 7** RECUEENTOS DE MICROBIOTA TOTAL Y *Leuconostoc*spp. EN JUGO PRIMARIO Y DILUIDO DE TÁNDEM A Y B

Muestra	Recuento de microbiota total (UFC/mL)	Recuento de <i>Leuconostoc</i> spp. (UFC/mL)
Primariotándem A	<1.5x10 <sup>6</sup>	<7x10 <sup>2</sup>
Primariotándem B	<1.0 x10 <sup>5</sup>	<4x10 <sup>4</sup>
Diluidotándem A	3.4 x 10 <sup>6</sup>	<7x10 <sup>4</sup>
Diluidotándem B	3.4 x 10 <sup>7</sup>	<2x10 <sup>2</sup>

En el proyecto del año 2009, se encontraron conteos del orden de 10<sup>5</sup>, tanto para microbiota total como de *Leuconostoc*, en ambos jugos. Se observa un mayor recuento de microbiota total para este proyecto, pero un menor recuento de *Leuconostoc*.

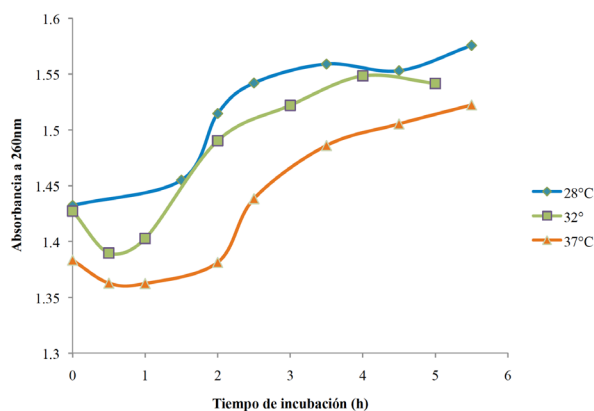
Se encontró una menor concentración de *Leuconostoc* en el jugo de caña diluido y primario, con respecto a la microbiota total, siendo la diferencia de uno o más órdenes de magnitud. También se encontró un incremento aparente en la microbiota total del jugo diluido, con respecto a los recuentos obtenidos en el año 2009. Sin embargo, la mayor diferencia con respecto al proyecto del 2009 es la proporción de *Leuconostoc* respecto a la microbiota total, que fue menor en el presente proyecto. Las diferencias en los recuentos, con el obtenido en años anteriores, justifica el hecho de llevar a cabo la evaluación del

jugo de caña en cada proyecto microbiológico a realizar. Esto puede variar principalmente conforme al origen de la caña, el tiempo que transcurre entre su corte y procesamiento en el ingenio principalmente, y los residuos que pudo dejar la caña procesada anteriormente, la cual pudo tener mayor densidad de microorganismos que la caña introducida al proceso posteriormente. Además, dándole seguimiento a resultados de proyectos anteriores se introdujo un nuevo método de aplicación de bactericida en el ingenio, que fue el de adición por “shock”. Éste consiste en agregar todo el bactericida a utilizar en una sola aplicación, no continua. Esto pudo influir de manera beneficiosa al ingenio disminuyendo la densidad de *Leuconostoc*. En este proyecto no se realizaron réplicas, por lo que no pudo realizarse una comparación estadística, ni tampoco se obtuvo un promedio representativo del estado microbiológico general de la caña. Por ello, se aconsejaría realizar más lecturas a partir de jugo recolectado en diferente tiempo.

Las curvas de crecimiento, presentadas en la GRÁFICA No. 10, muestran la tendencia esperada para el desarrollo bacteriano, en todas las condiciones. Teóricamente, la temperatura de cultivo óptima para el desarrollo de *Leuconostoc* es de 30°C (López et.al. 2004). Por motivos de facilidad en el laboratorio de microbiología, se evaluaron las temperaturas de las incubadoras disponibles, las cuales fueron de 28, 32 y 37°C. Se determinó que efectivamente, las bacterias crecieron más rápido en temperaturas cercanas a la óptima propuesta por la literatura, proporcionando un desarrollo más rápido la de 28°C. El crecimiento más lento se logró a 37°C, como se esperaba. La temperatura de 28°C se seleccionó para los análisis posteriores no sólo por el desarrollo más acelerado de *Leuconostoc*, sino también porque la bibliografía consultada indica que entre 26 y 29°C la estabilidad de la dextransacarasa es óptima (López et.al. 2004). El tiempo de incubación adecuado en estas condiciones se consideró de 3h, ya que se observa que en ese tiempo se alcanza la fase estacionaria.

**b. Optimización de condiciones de cultivo de *Leuconostoc*spp.** En la GRÁFICA No. 10 se presentan las curvas de crecimiento promedio obtenidas para determinar la temperatura óptima de cultivo de *Leuconostoc*spp. y el tiempo de incubación en el cual se llega a la fase estacionaria.

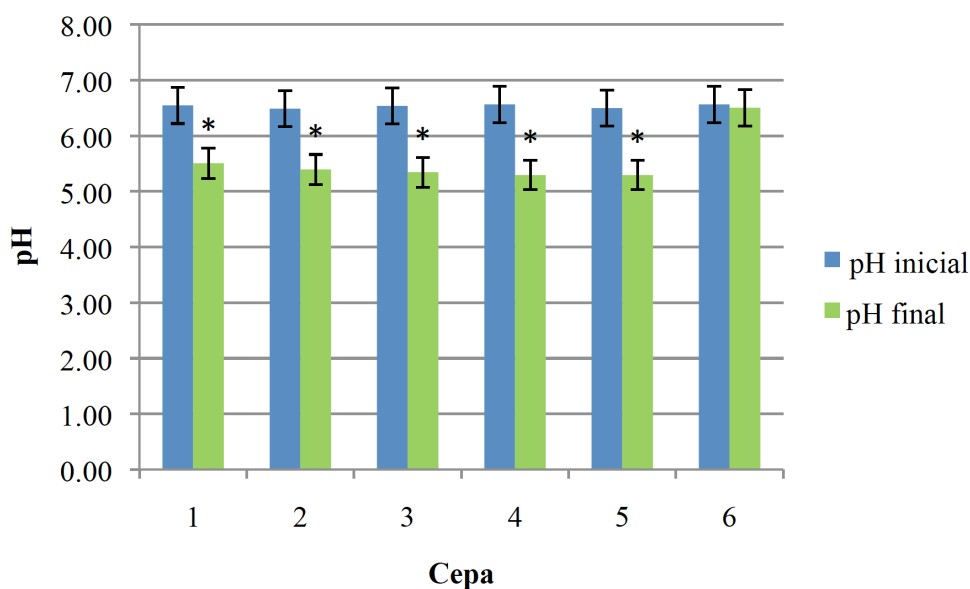
**GRÁFICA No. 10** CURVAS DE CRECIMIENTO DE *Leuconostoc*spp. A DIFERENTE TEMPERATURA DE INCUBACIÓN EN MEDIO MP25



Se determinó que efectivamente, las bacterias crecieron más rápido en temperaturas cercanas a la óptima propuesta por la literatura, proporcionando un desarrollo más rápido la de 28°C. El crecimiento más lento se logró a 37°C, como se esperaba. La temperatura de 28°C se seleccionó para los análisis posteriores no sólo por el desarrollo más acelerado de *Leuconostoc*, sino también porque la bibliografía consultada indica que entre 26 y 29°C la estabilidad de la dextransacarasa es óptima (López et.al. 2004). El tiempo de incubación adecuado en estas condiciones se consideró de 3h, ya que se observa que en ese tiempo se alcanza la fase estacionaria.

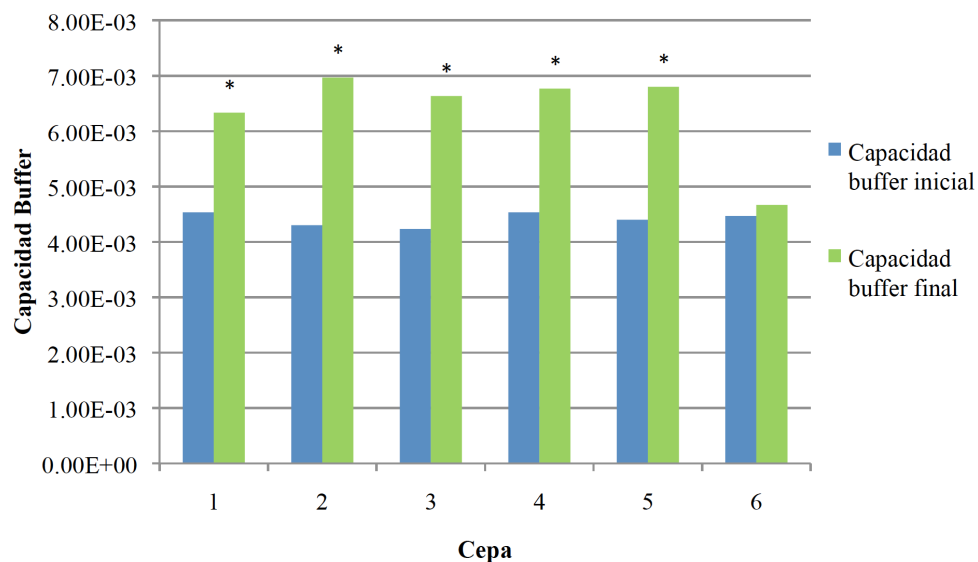
**c. Determinación de tasa de producción de ácidos por *Leuconostoc*spp., mediante mediciones de cambio de pH y capacidad buffer.** Se comparó el pH inicial y final del medio MP25 luego de 3 horas de incubación de las cepas de *Leuconostoc*. Los resultados se encuentran resumidos en la GRÁFICA No. 11. Se determinó que los valores de pH finales fueron distintos a los iniciales, siendo los valores finales menores a los iniciales. Se comprobó que los valores de pH final e inicial se mantuvieron estadísticamente iguales en el control negativo.

**GRÁFICA No. 11** COMPARACIÓN DE PH INICIAL Y FINAL PROMEDIO OBTENIDO EN CULTIVO DE 5 CEPAS DE *Leuconostoc*spp. EN MEDIO MP25. MEDIANTE LA PRUEBA DE SIGNOS DE WILCOXON AL 95% DE CONFIANZA SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (\*) ENTRE EL PH FINAL Y EL INICIAL. LA CEPA 6 EQUIVALE AL CONTROL NEGATIVO



Después, se comparó la capacidad buffer inicial con la final, obtenida luego de 3 h de incubación de cada cepa a 28°C en medio MP25. Los resultados se encuentran resumidos en la GRÁFICA No. 12. Se determinó que los valores de capacidad buffer finales fueron distintos a los iniciales, siendo los valores finales mayores a los iniciales. Se comprobó que los valores de capacidad buffer final e inicial se mantuvieron estadísticamente iguales en el control negativo.

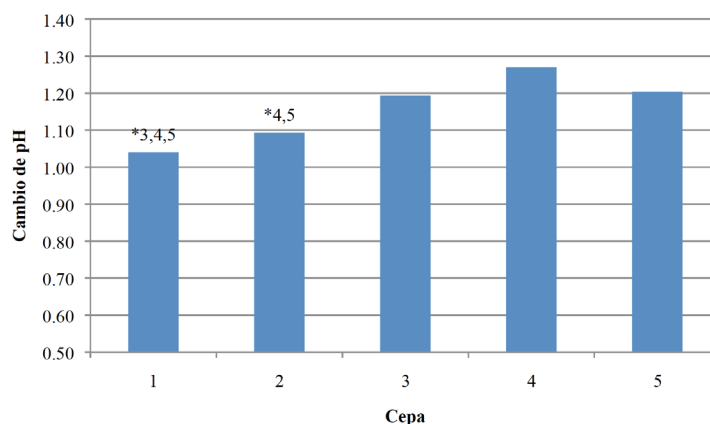
**GRÁFICA No. 12** COMPARACIÓN DE CAPACIDAD BUFFER FINAL E INICIAL PROMEDIO, OBTENIDA EN CULTIVO DE 5 CEPAS DE *Leuconostoc*spp. EN MEDIO MP25. MEDIANTE UN ANOVA AL 95% DE CONFIANZA SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (\*) ENTRE LA CAPACIDAD BUFFER FINAL E INICIAL. LA CEPA 6 EQUIVALE AL CONTROL NEGATIVO



En cuanto el análisis de pH y capacidad buffer, los resultados se presentaron como se esperaban. Se observó que el pH disminuyó luego de la incubación. Esto indica producción de ácidos. En este caso, se puede mencionar que parte del cambio de pH se debe a la producción de ácidos débiles, puesto que la capacidad buffer incrementó luego de la incubación en las mismas muestras. Los resultados obtenidos para el control negativo son los esperados también, ya que al no haber inóculo bacteriano no debería alterarse significativamente el pH del medio, lo que también elimina interferencias posibles debido a cambios en composición del medio por condiciones ambientales. Esto indica que efectivamente el incremento en la población de bacterias en las muestras provoca una disminución de pH e incremento de capacidad buffer. Este es un resultado que aporta a la determinación de agresividad de las bacterias, ya que como se expuso antes, tanto la disminución del pH como el incremento de capacidad buffer incrementa el costo de el paso de alcalizado en la industria azucarera, en donde es necesario elevar el pH. No incrementa la cantidad de cal a utilizar debido a que incrementa la distancia entre el pH deseado y el actual, sino que también la capacidad buffer de los ácidos débiles hace que la mezcla se resista al cambio de pH.

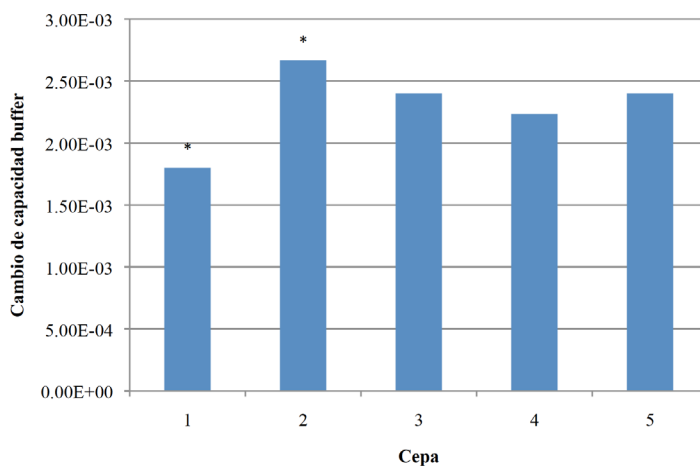
Posteriormente, se compararon los valores de cambio de pH obtenidos para las diferentes cepas. Los valores de cambio de pH se presentan a continuación, en la GRÁFICA No. 13. Se determinó que el cambio de pH obtenido para la cepa 1 fue significativamente diferente que el del resto de cepas, a excepción de la cepa 2. La cepa 2 presentó un cambio de pH distinto a la cepa 4 y 5.

**GRÁFICA No. 13** COMPARACIÓN DEL CAMBIO DE PH PROMEDIO, LUEGO DE 3H DE INCUBACIÓN, OBTENIDO PARA LAS 5 CEPAS DE *Leuconostocsp.* EN MEDIO MP25. MEDIANTE UN ANOVA Y UNA PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY, A UN NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%, SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (\*) CON RESPECTO A LAS CEPAS INDICADAS



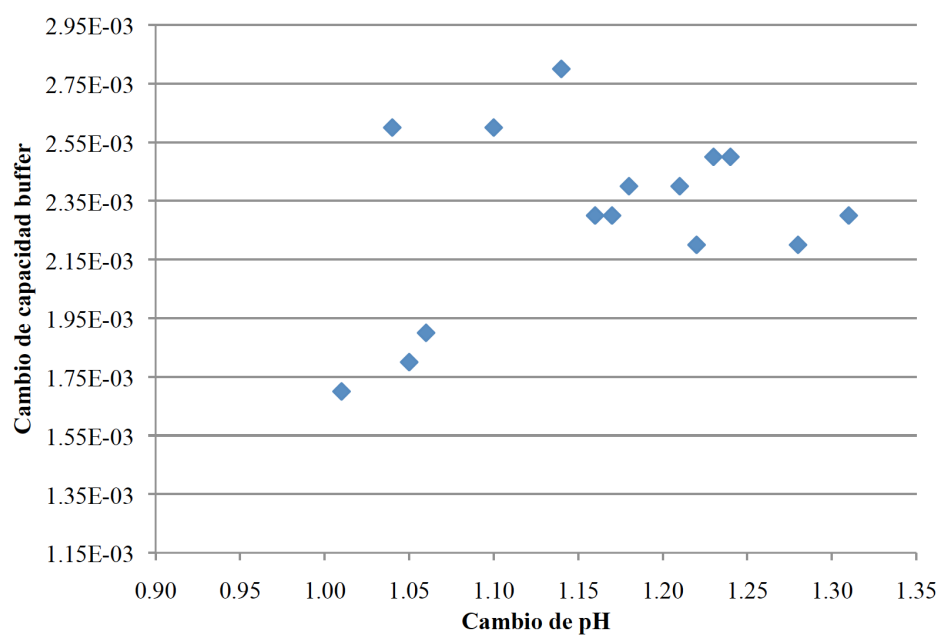
Además, se comparó el cambio de capacidad buffer entre cepas. Como se muestra en la GRÁFICA NO. 14, se encontró diferencia significativa entre la cepa 1 y el resto de cepas, al igual que con la cepa 2.

**GRÁFICA No. 14** COMPARACIÓN DEL CAMBIO DE CAPACIDAD BUFFER PROMEDIO, LUEGO DE 3H DE INCUBACIÓN, OBTENIDO PARA LAS 5 CEPAS DE *Leuconostocsp.* EN MEDIO MP25. MEDIANTE EL ANÁLISIS DE KRUSKAL-WALLIS Y UNA PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY, A UN NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%, SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (\*) ENTRE LA CEPA INDICADA Y TODAS LAS DEMÁS



Se determinó que tanto el cambio de pH como el cambio en la capacidad buffer sí fue diferente entre algunas cepas, por lo que se considera que el método es capaz de distinguir entre cepas bacterianas. Sin embargo, hay que considerar la posibilidad de que hayan factores de regulación genética involucrados, y no solo la cepa bacteriana lo que genere esta distinción. La cepa con mayor cambio de pH no coincidió con la de mayor cambio en capacidad buffer, ya que la que produjo un mayor cambio de pH fue la cepa 4, y la que obtuvo un mayor cambio en capacidad buffer fue la cepa 2. Para determinar si se existía alguna relación entre pH y capacidad buffer en general, se construyó la GRÁFICA No. 15.

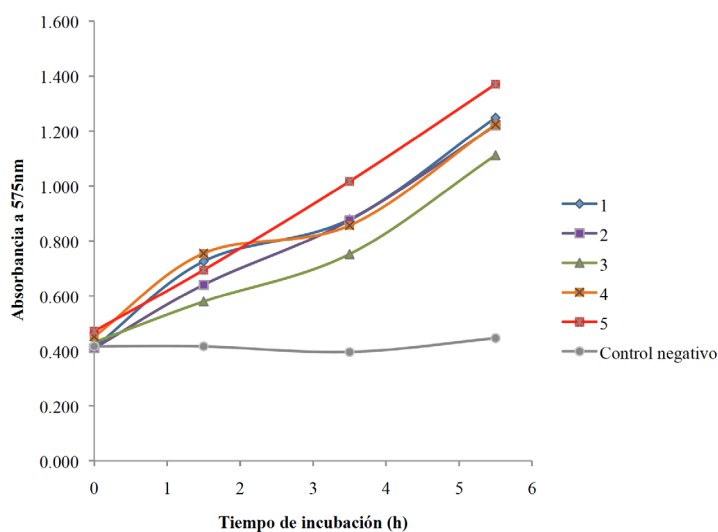
**GRÁFICA No. 15** CAMBIO DE CAPACIDAD BUFFER EN FUNCIÓN DEL CAMBIO DE PH LUEGO DE 3H DE INCUBACIÓN DE *Leuconostoc*spp. A 28°C EN MEDIO MP25



En la GRÁFICA No. 15 se observó alta dispersión de los datos, sin una tendencia. Por ello, se consideró que si en un futuro se establece un coeficiente de agresividad que involucre la medición de muchas variables, se debe incluir el pH y la capacidad buffer por separado.

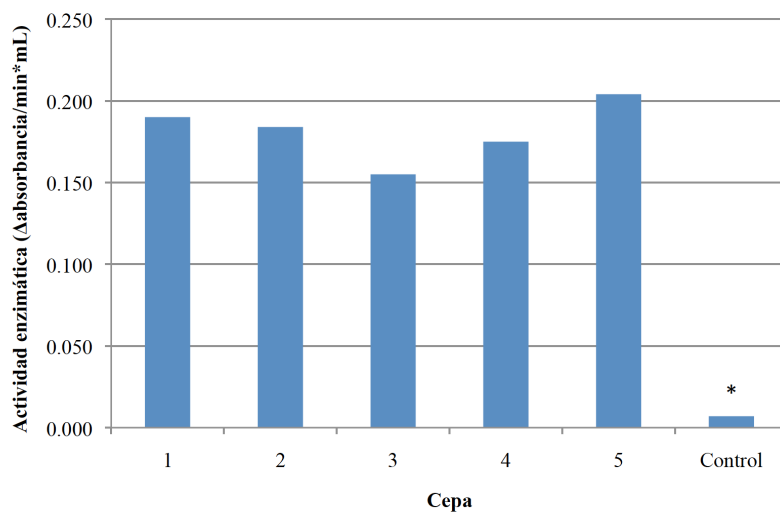
**d. Determinación de actividad enzimática de *Leuconostoc*spp.** Se encontró la actividad dextranásacárica para 5 cepas de *Leuconostoc*spp, mediante el método de determinación de azúcares reductores de DNS. A continuación, en la GRÁFICA No. 16, se presentan las curvas de actividad enzimática promedio obtenidas.

**GRÁFICA No. 16** CURVA DE ACTIVIDAD DE DEXTRANSACARASA OBTENIDA MEDIANTE MÉTODO DE DNS, PARA 5 CEPAS DE *Leuconostoc*spp. N=3 POR CEPA



A partir de las curvas anteriores, se determinó la actividad enzimática, cuyos resultados se resumen en la GRÁFICA No. 17. A continuación, en la Gráfica No.7, se presenta un gráfico de barras con la actividad enzimática obtenida para las diferentes cepas.

**GRÁFICA No. 17** ACTIVIDAD ENZIMÁTICA OBTENIDA PARA LAS DIFERENTES CEPAS Y EL CONTROL NEGATIVO, MEDIANTE EL MÉTODO DEL DNS. MEDIANTE EL ANÁLISIS DE KRUSKAL-WALLIS Y UNA PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY, A UN NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%, SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (\*)ENTRE LA CEPA INDICADA Y TODAS LAS DEMÁS

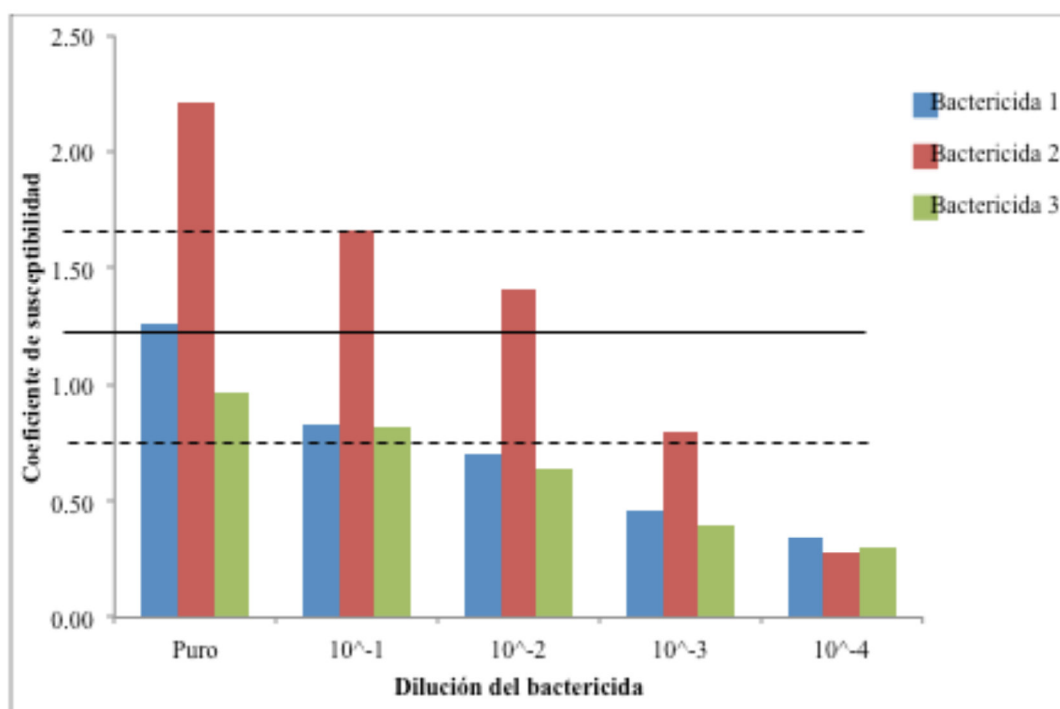


No se encontró diferencia significativa entre la actividad enzimática de las diferentes cepas, pero sí entre las cepas y el control negativo.

No se encontró diferencia entre la actividad enzimática de las diferentes cepas. Esto indica que no hubo diferencia significativa en la tasa de transformación de sacarosa de las mismas. Cabe mencionar que no se sabe con certeza si las bacterias realmente son de variedades diferentes. Habría que comparar con otras bacterias para determinar si es un buen método para detectar la transformación de sacarosa, en cuanto a su límite de detección.

En la GRÁFICA No. 18 se pueden observar los resultados obtenidos para el análisis de susceptibilidad de la microbiota total a los bactericidas.

**GRÁFICA No. 18** COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD A ANTIMICROBIANOS DE LA MICROBIOTA TOTAL A LOS DIFERENTES BACTERICIDAS AL 100%. LA LÍNEA HORIZONTAL A  $Y=1$  HACE REFERENCIA AL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD A ANTIMICROBIANOS DEL CONTROL POSITIVO LAS LÍNEAS PUNTEADAS HACEN REFERENCIA AL COEFICIENTE DEL CONTROL POSITIVO



Como se observa en el gráfico anterior, sólo se encontró diferencia entre los coeficientes de susceptibilidad obtenidos para los tres bactericidas cuando se utilizaron al 100%, siendo más efectivo el bactericida 2, seguido de 1 y el 3. En diluciones de  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$  únicamente se detectó diferencia entre el

bactericida 2 y el resto, siendo Bactericida 2 el más efectivo. En el caso de los bactericidas más diluidos ( $10^{-3}$  y  $10^{-4}$ ), no se encontró diferencia entre los resultados obtenidos para los diferentes antimicrobianos, lo cual se debe a que los halos de inhibición fueron mínimos o inexistentes. La tendencia observada fue la esperada, ya que se puede visualizar que efectivamente los coeficientes de susceptibilidad a los bactericidas fue decreciendo con respecto a la concentración.

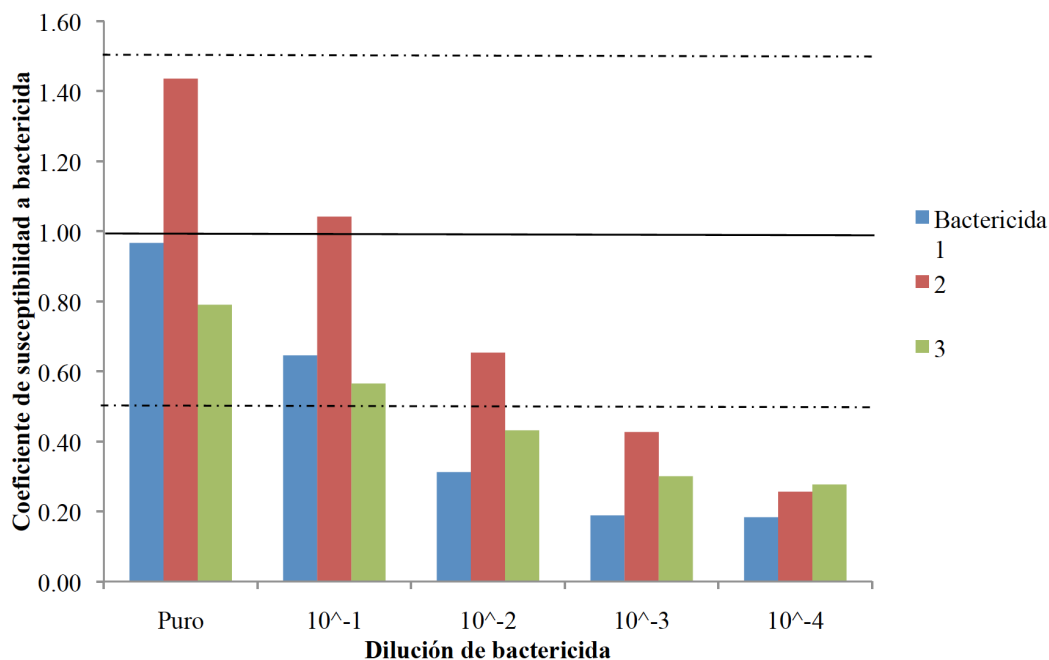
Se observó que el bactericida en el que hubo mayores diferencias entre los resultados a diferentes concentraciones fue el bactericida 2. El bactericida 2 fue el más efectivo, siendo inefectivo solo en la concentración más diluida analizada ( $10^{-4}$ ). En tres ocasiones superó la efectividad del control positivo. El bactericida 1 le sigue en efectividad a altas concentraciones, siendo más efectivo que el control solo al ser utilizado concentrado. El mismo fue efectivo también para las concentraciones  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$ , pero los coeficientes obtenidos fueron menores a los del control positivo. El bactericida 3 no obtuvo coeficientes de susceptibilidad mayores al control positivo, pero sí se alcanzaron valores cercanos al ser utilizado al 100%. Se consideró efectivo hasta la dilución de  $10^{-2}$ . No se puede asegurar su funcionamiento, ya que el mismo no equivale al control positivo en ninguna concentración, pero de ser utilizado se recomienda su uso a concentraciones elevadas.

Para determinar la concentración a utilizar a escala industrial, es necesario realizar nuevos estudios, utilizando el método de la resazurina que se ha usado en proyectos anteriores (Balsell *set.al.* 2009). Es relevante darle continuidad al estudio especialmente con el bactericida Bactericida 2, que fue el más efectivo. Esto es necesario debido a que el cultivo de la microbiota total no representa todos los factores que influyen en la eficacia de un bactericida a nivel industrial, como los componentes del jugo de caña y su flujo en el proceso, por ejemplo. Además, a nivel industrial, deben cumplirse normas que limitan la concentración de bactericida en el proceso. Sin embargo, el uso de los valores obtenidos son aplicables como referencia, para ser comparados con los coeficientes de otras cepas de *Leuconostoc* o especies bacterianas, y así determinar si hay cepas con mayor o menor resistencia.

Para el análisis de susceptibilidad de *Leuconostocspp.* a los antimicrobianos se inició con una comparación general de los coeficientes obtenidos en los diferentes tiempos de incubación. En general, hubieron diferencias significativas entre los coeficientes obtenidos en a los diferentes tiempos de incubación. Debido a que a las 24h la producción excesiva de dextrana pudo afectar la lectura de los halos de inhibición, y a que la misma se desplazó al mover las placas, se consideró más apropiado tomar en consideración los resultados a 7h de incubación en el resto de lecturas.

Al comparar las diferentes cepas en las distintas condiciones experimentales (GRÁFICA No. 19 - GRÁFICA No. 21), en la mayoría de casos no se encontró diferencia significativa en el coeficiente entre diferentes cepas, no se consideró la cepa como factor en análisis posteriores. A continuación se presentan los promedios de coeficientes de susceptibilidad de *Leuconostoc* a los diferentes bactericidas.

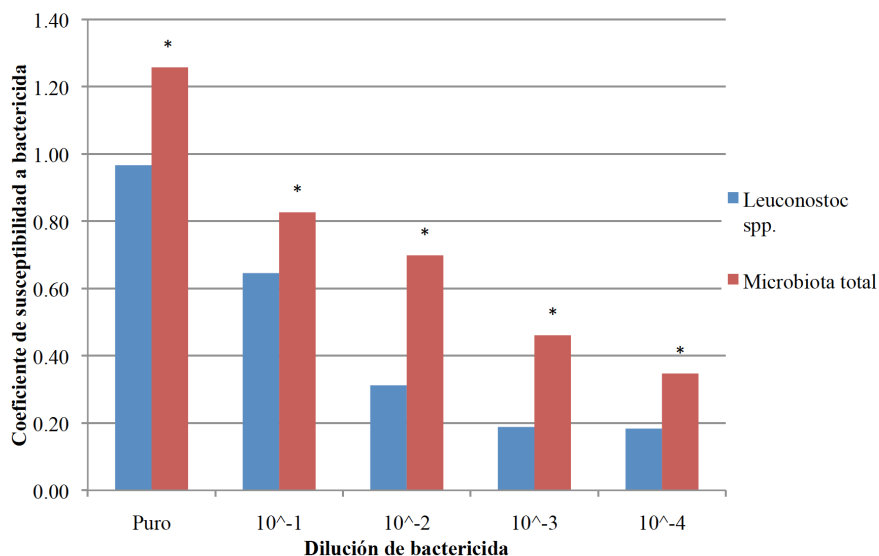
**GRÁFICA No. 19** COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD DE CEPAS DE *Leuconostoc*spp. A TODOS LOS BACTERICIDAS ANALIZADOS A DIFERENTES CONCENTRACIONES. LA LÍNEA HORIZONTAL A Y=1 HACE REFERENCIA AL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD A ANTIMICROBIANOS DEL CONTROL POSITIVO LAS LÍNEAS PUNTEADAS HACEN REFERENCIA AL COEFICIENTE DEL CONTROL POSITIVO  $\pm 0.5$



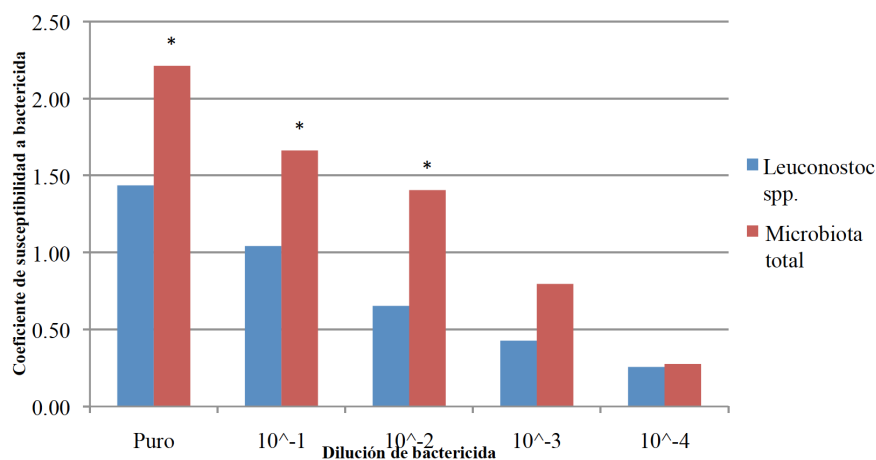
Con respecto a los coeficientes de susceptibilidad de *Leuconostoc* obtenidos para las diferentes concentraciones de cada bactericida, al igual que con la microbiota total el bactericida que presentó mayor efectividad contra *Leuconostoc* fue el bactericida Bactericida 2, superando al control al ser utilizado concentrado y diluido 10-1, aunque en ningún caso superó al control en más del 50%, lo cual sí se logró con la microbiota total. En cuanto a bactericida 1 y bactericida 3, no se puede determinar cuál es más efectivo entre ambos, ya que en la mayoría de concentraciones sus resultados no fueron significativamente diferentes. Estos antimicrobianos no superaron al control positivo aún concentrados, por lo que no se recomienda su uso, si se tiene disponible el bactericida 2. Sin embargo, de ser necesario su uso, se deben utilizar en las concentraciones más elevadas permitidas por la industria.

Por último, se compararon los resultados obtenidos por bactericida sobre la microbiota total y *Leuconostoc*. Los resultados obtenidos se presentan en la GRÁFICA No. 20 - GRÁFICA No. 22.

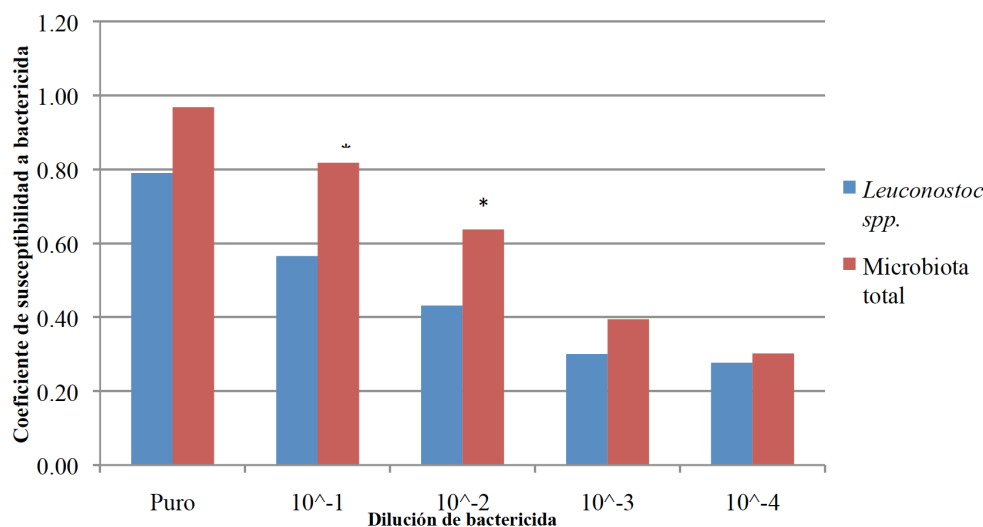
**GRÁFICA No. 20** COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD OBTENIDOS PARA EL BACTERICIDA BACTERICIDA 1 A DIFERENTES CONCENTRACIONES, PARA *Leuconostoc*spp. Y MICROBIOTA TOTAL. MEDIANTE ANOVA Y PRUEBA DE MANN-WHITNEY-WILCOXON SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (\*) ENTRE *Leuconostoc*spp. Y MICROBIOTA TOTAL



**GRÁFICA No. 21** COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD OBTENIDOS PARA EL BACTERICIDA BACTERICIDA 2 A DIFERENTES CONCENTRACIONES, PARA *Leuconostoc*spp. Y MICROBIOTA TOTAL. MEDIANTE ANOVA Y PRUEBA DE MANN-WHITNEY-WILCOXON SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (\*) ENTRE *Leuconostoc*spp. Y MICROBIOTA TOTAL



**GRÁFICA No. 22** COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD OBTENIDOS PARA EL BACTERICIDA BACTERICIDA 3 A DIFERENTES CONCENTRACIONES, PARA *Leuconostoc*spp. Y MICROBIOTA TOTAL. MEDIANTE ANOVA Y PRUEBA DE MANN-WHITNEY-WILCOXON SE DETERMINÓ LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (\*) ENTRE *Leuconostoc*spp. Y MICROBIOTA TOTAL



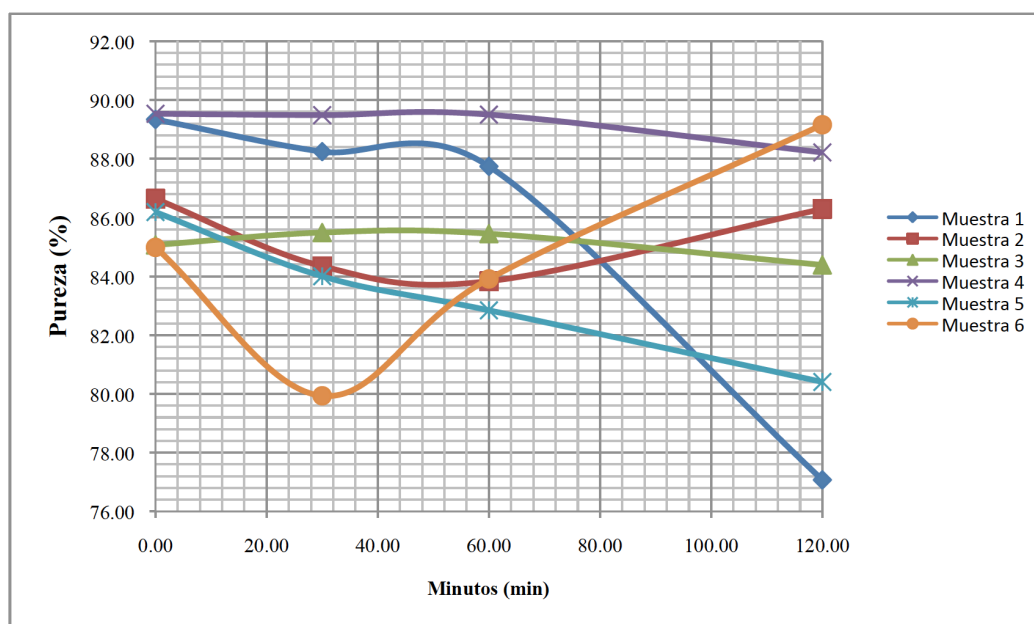
El bactericida 1 fue el que presentó mayores diferencias entre microbiota total y *Leuconostoc*, siendo diferentes los coeficientes obtenidos para todas las concentraciones del bactericida. Luego, le sigue el bactericida Bactericida 2, en el que hubo diferencia al aplicar bactericida en las diluciones más concentradas (puro-10<sup>-2</sup>). El que presentó menores diferencias fue el bactericida bactericida 3, donde únicamente fueron distintos los resultados para las concentraciones 10<sup>-1</sup> y 10<sup>-2</sup>. En general, en los resultados que fueron diferentes se obtuvo una mayor efectividad de los antimicrobianos contra la microbiota total que contra *Leuconostoc*. Esto puede deberse a varias razones, una de ellas que el análisis en el medio de cultivo utilizado (Mueller-Hinton) no presentara un resultado real para la microbiota total, ya que cepas como las de *Leuconostoc* no se desarrollan fácilmente en dicho medio. Otro aspecto que pudo influir, es que las interacciones existentes entre microorganismos afectaran el resultado. Otra posibilidad es que la producción de dextrana en el medio MP200 protegiera a *Leuconostoc*, permitiendo así que resistiera mejor el efecto de los antimicrobianos. Se sugiere que en proyectos futuros se estudien estos factores para determinar en qué radica la diferencia entre cepas específicas y la microbiota total. Aunque se encontraron diferencias entre la efectividad de desinfectantes para microbiota total y *Leuconostoc*, los resultados son consistentes en que el antimicrobiano más efectivo es el Bactericida 2. Para decidir qué concentración debe ser usada en la industria se requieren análisis posteriores, como se mencionó para en el análisis de la microbiota total.

**3. Comparación de confiabilidad de diferentes técnicas analíticas como indicador de atraso de caña.** El atraso de caña es un parámetro de vital importancia para los Ingenios Azucareros. Este conlleva problemas como dificultad de extracción de sacarosa y propagación de microorganismos.

A continuación se describen los resultados de diferentes pruebas para determinar el paso del tiempo para jugos de caña con el objetivo de establecer un modelo que pueda usarse después en caña propiamente.

Para el análisis de pureza de la caña se puede observar en la GRÁFICA No. 23 la tendencia en su mayoría fue decreciente para la cantidad de sacarosa contenida. Sin embargo dos muestras presentaron una tendencia creciente. Una de las ventajas de este método radica en la rapidez para la obtención del resultado y tener una técnica fácil de seguir. Las desventajas de este método radican en interferencias producidas dextranas, estas poseen la característica de ser dextrógiras al igual que la sacarosa. Por lo que el resultado de alta pureza puede ser interpretada como un contenido considerable de sacarosa en la muestra o una alta incidencia de microorganismos. Estos primeros resultados confirman la incertidumbre de usar este parámetro como indicador de atraso de la caña, incluso como de calidad general de la misma.

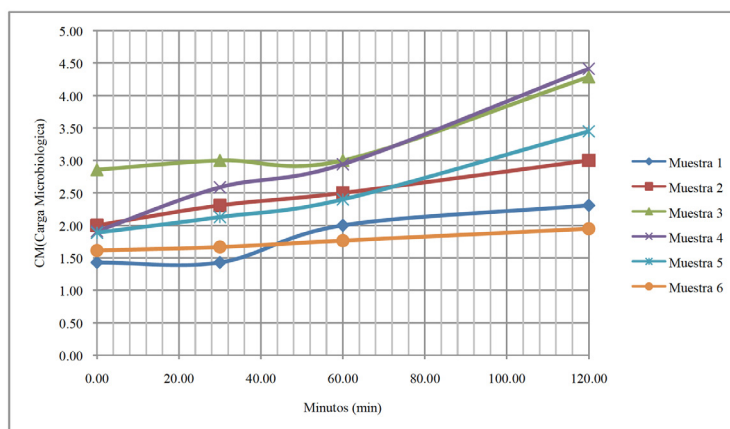
**GRÁFICA No. 23 PRUEBA DE PUREZA EN JUGO DILUIDO, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011**



Considerando que aún hoy en la industria azucarera guatemalteca y de muchos países es considerada la pureza como un parámetro de calidad de la caña o sus jugos y la caída de la misma entre dos puntos como un indicador de actividad microbiológica, con lo que no concuerda esta autora por lo antes expuesto, es necesario que este trabajo se amplíe con un número significativo de muestras, y si se demuestra lo errático de este parámetro como es la hipótesis que se concluye de esta prueba preliminar, publicarlo para conocimiento y orientación de la agroindustria guatemalteca.

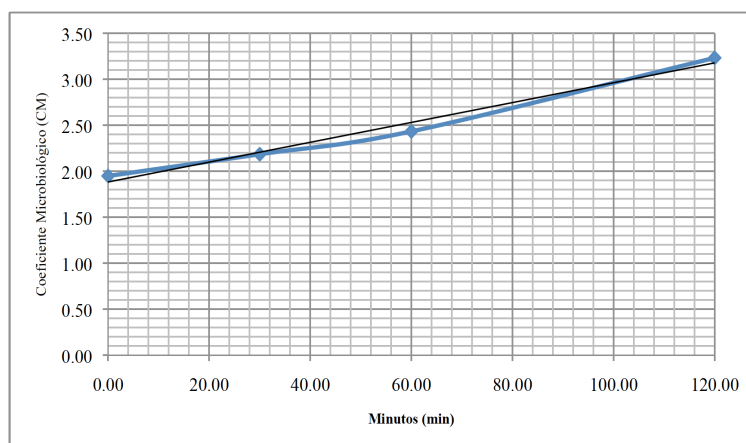
Trabajado con coeficiente microbiológico en todas las pruebas realizadas se obtuvo un incremento en el CM según se puede observar en la GRÁFICA No. 24.

**GRÁFICA No. 24** PRUEBA DE COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO EN JUGO DILUIDO, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011



De acuerdo con la GRÁFICA No. 25, se obtuvo una regresión lineal con una pendiente de  $0.011 \pm 0.001$  CM/minutos y una ordenada al origen de  $1.884 \pm 0.072$  CM. Con un coeficiente de correlación múltiple de 0.990 lo cual indica que el tiempo y coeficiente microbiológico están fuertemente relacionados y la regresión realizada es confiable. El coeficiente de determinación indicó que el 98% de las muestras pueden determinar su valor de CM en relación al tiempo que transcurre. Otro parámetro estadístico utilizado fue el valor F para el análisis de varianzas, en este caso tuvo un valor de 106.88 con un valor crítico F de 0.009. Debido que el valor de F fue mucho mayor que su valor crítico se pudo concluir que los resultados de las muestras son significativos estadísticamente. Los resultados mostraron la fiabilidad del test de la rezasurina como indicador del deterioro de la caña.

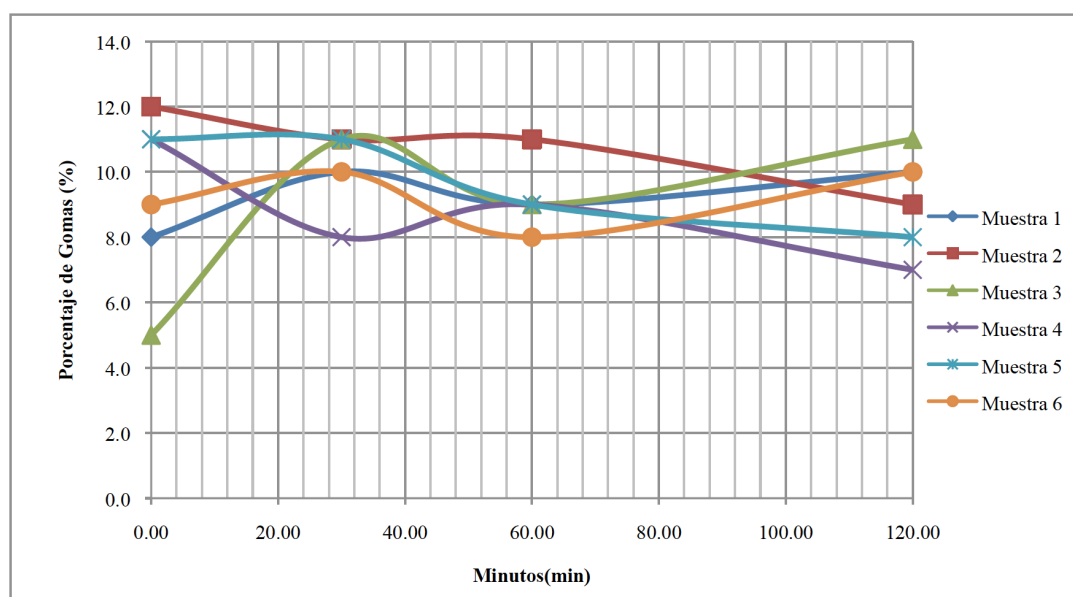
**GRÁFICA No. 25** REGRESIÓN LINEAL DE COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO EN JUGO DILUIDO, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011



Como desventaja se puede mencionar las interferencias que ocurren cuando el jugo tiene turbidez por la cantidad de tierra con la que viene la caña lo cual retrasa el cambio de coloración de los tubos.

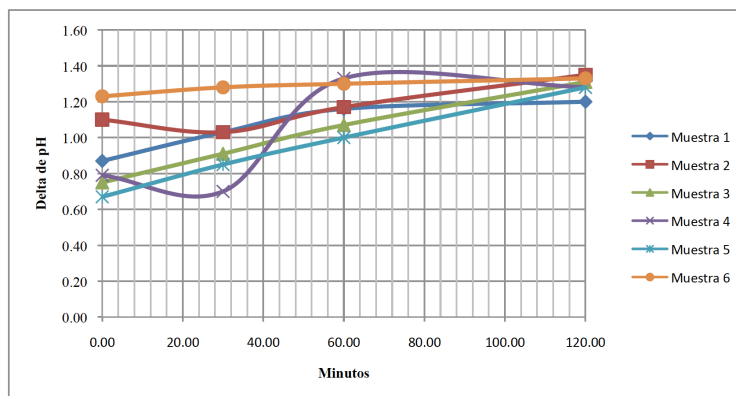
Los resultados obtenidos a partir de la prueba de porcentaje de gomas no mostraron tendencia alguna, teóricamente la cantidad de gomas precipitadas debió ser mayor con el incremento del tiempo. Como se puede observar en la GRÁFICA No. 26, ninguna de las muestras tienen una tendencia creciente. Como posibles fuentes de error para este método y el comportamiento que presentó en los análisis se puede mencionar que las gomas contenidas en el jugo no son únicamente las dextranas, la caña de azúcar posee otras gomas naturales. El almidón que precipita en presencia de alcohol, es un interferente considerable. Aunque se ha atribuido que el almidón puede ocluirse en el cristal de azúcar crudo un gran porcentaje se puede eliminar en el proceso de clarificación y cristalización. También se puede mencionar la escala utilizada para la determinación del porcentaje de gomas tenía como unidad mayor el 10 y se realizaron diferentes estimaciones cuando existía una medida debajo de este valor. El propósito de este método era proveer una técnica viable donde no se necesitaba controlar tiempo, temperatura o cambios de color. Como sugerencia para seguir probando esta indicador es hacerlo de tal manera que la precipitación de las gomas pueda cuantificarse de una manera más exacta.

**GRÁFICA No. 26** PRUEBA DE PORCENTAJE DE GOMAS EN JUGO DILUIDO, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011



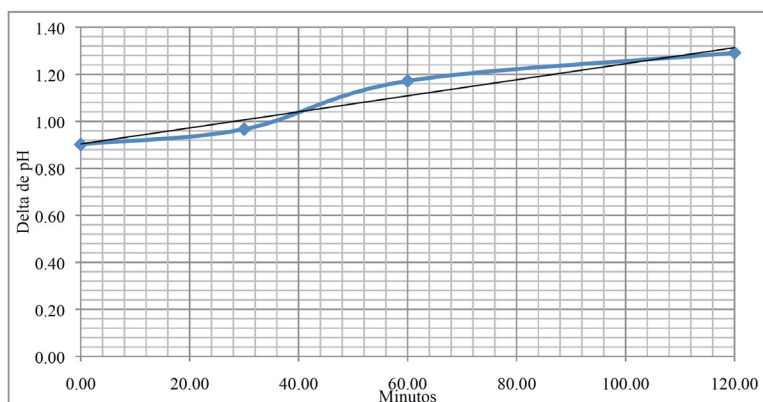
A partir del análisis de fermentación espontánea se obtuvo una relación del aumento de la caída de pH para las muestras analizadas. Se pudo observar a partir de la GRÁFICA No. 27 que la mayoría de las muestras presentaron una tendencia creciente para la caída de pH, mientras que una muestra tuvo valores intermedios totalmente diferentes al resto de la población.

**GRÁFICA No. 27** PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA EN JUGO DILUIDO, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011



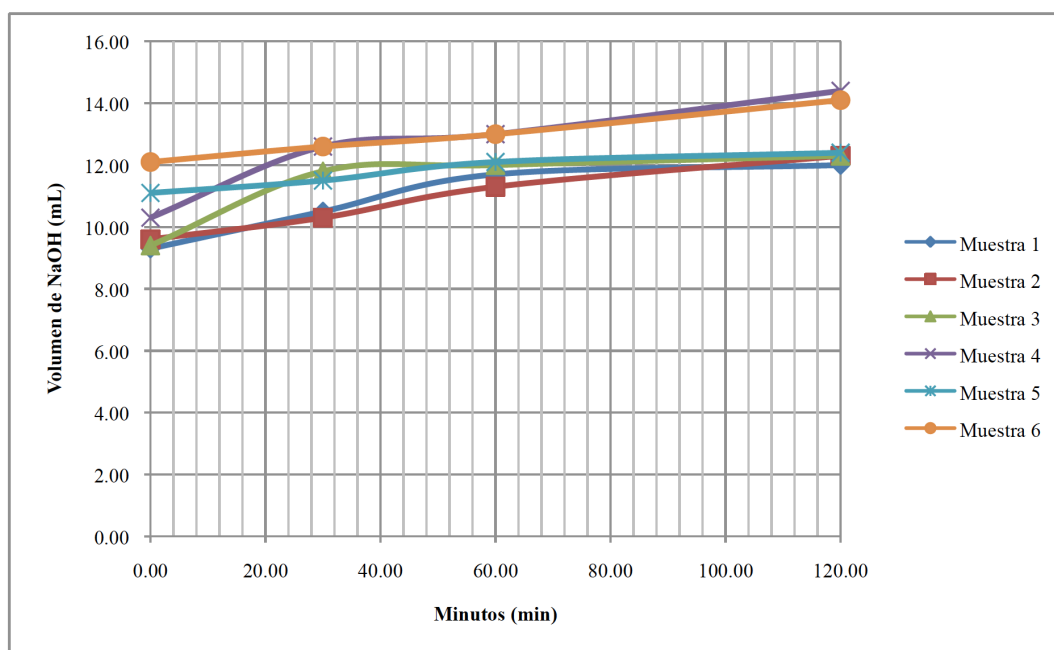
La importancia de esta prueba radica en la propagación de microorganismos en condiciones de temperatura mayor a la ambiente ( $37^{\circ}\text{C}$ ) y un descenso de pH. Ambos factores propician la inversión de la sacarosa, que provoca el desdoblamiento de la molécula en fructosa y glucosa. Esto produce otros problemas en el proceso como la necesidad de incorporar más cantidad de lechada de cal con los perjuicios mencionados en otra parte de este trabajo. Para la regresión realizada se obtuvo una pendiente de  $0.003 \pm 0.001 \Delta\text{pH}/\text{min}$  y una ordenada al origen de  $0.003 \pm 0.001 \Delta\text{pH}$  según se puede observar en la GRÁFICA NO. 28. El coeficiente de correlación múltiple fue de 0.969, lo cual muestra una relación aceptable para los resultados de  $\Delta\text{pH}$  en función del tiempo que el jugo pasa hasta la hora de muestra. El coeficiente de determinación muestra que el 94% de las muestras pueden representar su comportamiento por medio de la regresión realizada. El análisis de varianzas mostro que los datos son estadísticamente significativos, se obtuvo un valor F de 30.51 mucho mayor al crítico de 0.03. Las desventajas de este análisis radican en la cantidad de tiempo que tarda para realizarse, lo cual no podría representar una comprobación rápida del uso correctivo de bactericida utilizado en el molino.

**GRÁFICA No. 28** REGRESIÓN LINEAL PARA FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA DE JUGO DILUIDO EN ZAFRA 2010-2011 DE INGENIO PANTALEÓN



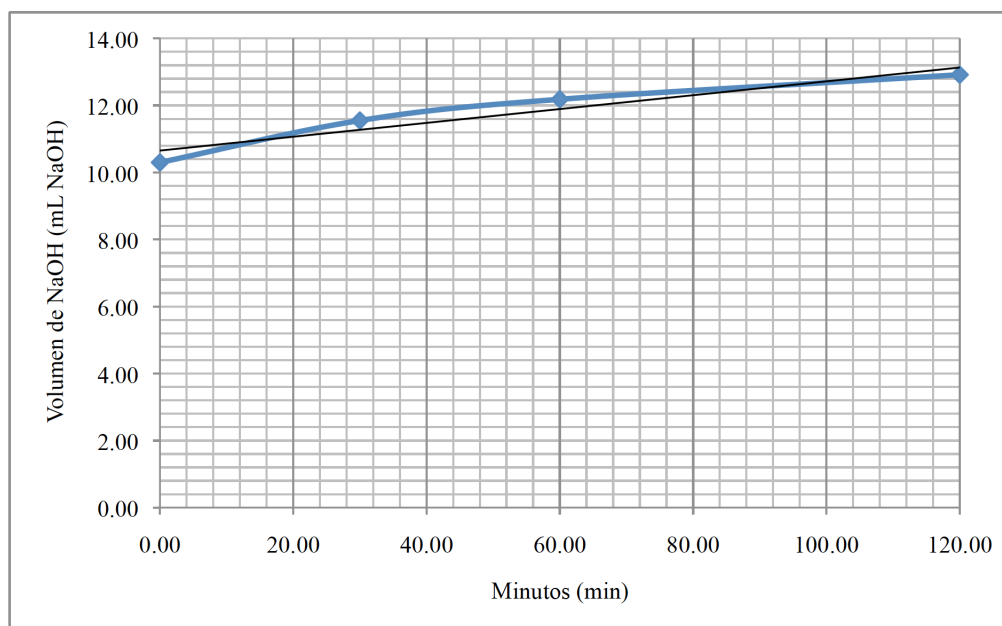
Los resultados de capacidad buffer presentaron un aumento en el volumen de NaOH. Se tomó en cuenta este análisis ya que presenta resultados de la cantidad de ácidos orgánicos contenidos en la muestra. Los ácidos orgánicos que existen en la muestra son causados a partir de la fructosa. Los subproductos formados a partir de la formación enzimática de la dextrana como el ácido láctico, acético, el manitol y el etanol que producen la caída de pH lo cual favorece la inversión de la sacarosa. Según la GRÁFICA No. 29 se pudo observar una tendencia creciente para todas las muestras.

**GRÁFICA No. 29** PRUEBA DE CAPACIDAD BUFFER EN JUGO DILUIDO EN ZAFRA 2010-2011 DE INGENIO PANTALEÓN



Para los valores promedios se obtuvo una regresión lineal con una pendiente de  $0.021 \pm 0.316$  mLNaOH/min y una ordenada al origen de  $0.021 \pm 0.005$  mL de NaOH, según se observa en la GRÁFICA No. 30. A partir de esto se obtuvo un coeficiente de correlación múltiple de 0.95, lo cual muestra una relación admisible entre ambos parámetros. El 91% de los datos de volumen de NaOH se pueden relacionar con el tiempo transcurrido de una muestra de jugo, según el coeficiente de determinación. Para el análisis de varianzas se obtuvo un valor de F de 20.205 mucho más alto que el valor crítico de 0.046 mostrando que los resultados son significativos estadísticamente. Se observó que la ventaja de este método es la simplicidad, debido a que únicamente se tomó una medida de pH y anotó la cantidad de NaOH para elevar una unidad. Y también se debe mencionar la resistencia que tiene una solución a cuando está en equilibrio un ácido débil y su base conjugada para elevar la unidad de pH.

**GRÁFICA No. 30** REGRESIÓN LINEAL PARA CAPACIDAD BUFFER EN JUGO DILUIDO, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011



Como un estudio complementario se realizó la simulación de caña en patio, para determinar el comportamiento de la caña dejándola en la intemperie durante tres días tomando muestras diarias. Los resultados obtenidos señalaron un comportamiento decreciente para la pureza y porcentaje de gomas. Creciente para las pruebas de coeficiente microbiológico, caída de pH y volumen de NaOH. Por lo que esta simulación presentó resultados favorables a la teoría para la tendencia de cada análisis. Para futuras investigaciones se podría establecer una relación entre la simulación de caña de patio con la caña que yace en el patio con condiciones no controladas y así determinar el tiempo que esta lleva.

En conclusión el análisis que mejor se ajusta para la corroborar el deterioro de caña es la rezasurina, teniendo regresiones con coeficientes aceptables tanto para la simulación de caña y el jugo diluido y así mismo son aceptables los análisis de fermentación espontánea y capacidad buffer. Para conclusiones determinantes este trabajo debe continuarse en etapas posteriores como ya se sugirió anteriormente.

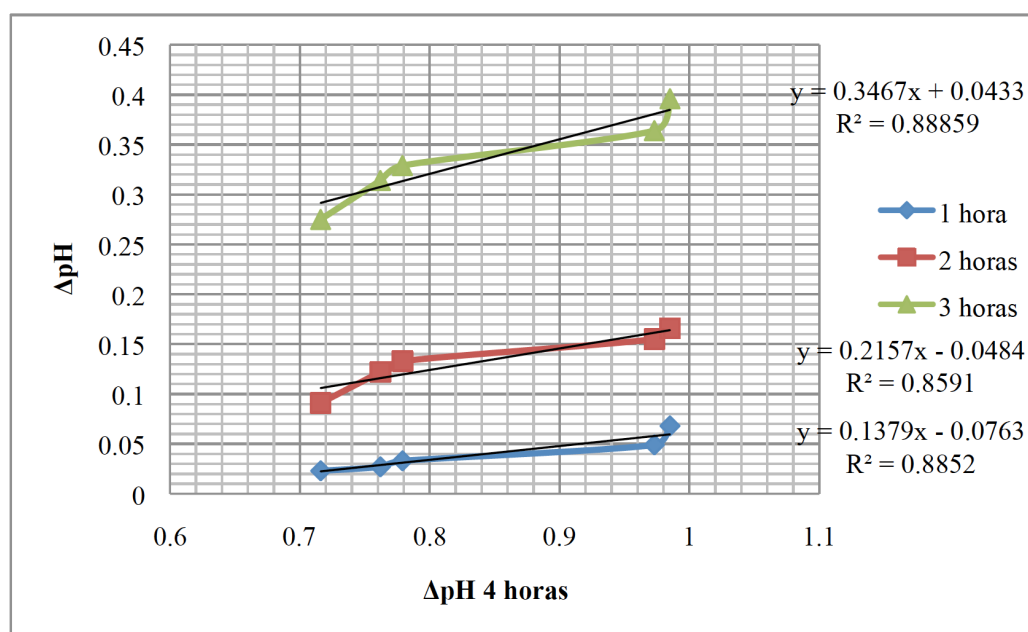
**4. Evaluación preliminar de diferentes variantes de la prueba de fermentación espontánea.** La prueba de fermentación espontánea relaciona la disminución del pH del jugo de caña, causada por la actividad microbiológica, con la degradación de la sacarosa (Hernández, 1987). Debido a que esta técnica es sencilla de realizar y en trabajos anteriores se demostró su eficiencia podría introducirse en el control sistemático del ingenio.

La prueba original de fermentación espontánea fue diseñada para un tiempo de análisis de 4 horas. En la industria se desea reducir el tiempo de análisis para obtener resultados más rápidos que permitan tomar decisiones operativas. Con el fin de determinar si es posible reducir el tiempo de análisis de la

prueba de fermentación espontánea, se monitoreó el pH del jugo en análisis cada 60 minutos. Con base en estas mediciones se pudo calcular la caída de pH para cada intervalo de tiempo hasta llegar a las 4 horas de análisis. Se graficó la caída de pH para cada hora contra la caída de pH después de 4 horas. Para cada muestra de jugo se trabajó con ajuste y sin ajuste de pH.

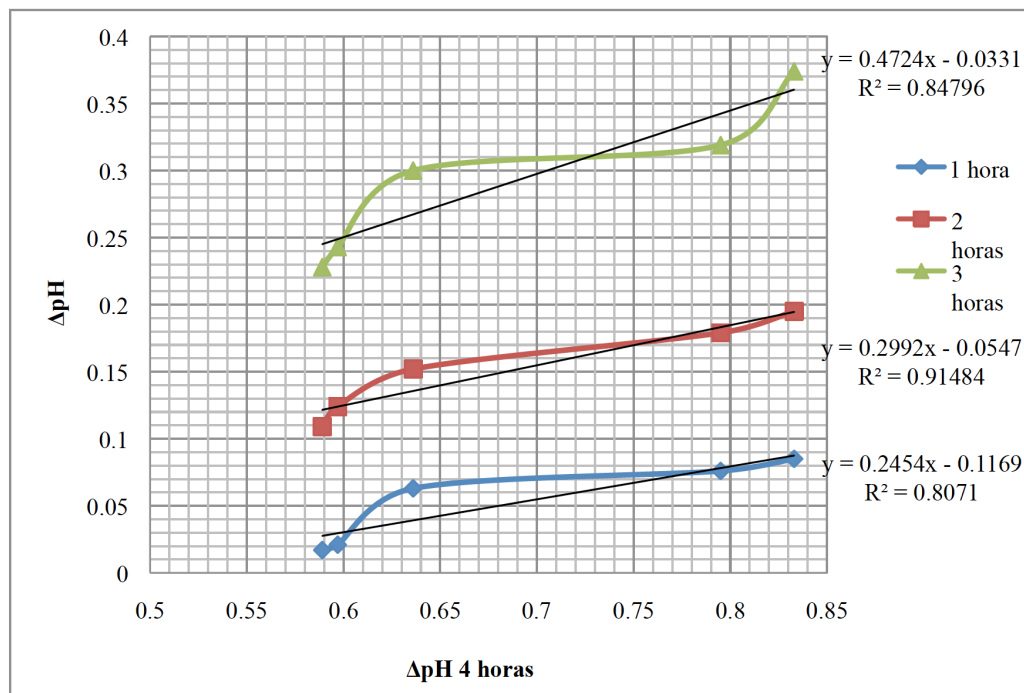
En la GRÁFICA No. 31 se muestran los resultados para las muestras trabajadas con ajuste de pH. Según esta gráfica se puede observar que la tendencia del cambio de pH para cada hora analizada es lineal con respecto al cambio de pH a las 4 horas. Los coeficientes de correlación obtenidos fueron de 0.8852 para la primera hora, 0.8591 para la segunda hora y 0.8886 para la tercera hora de análisis. Estos coeficientes de correlación lineal son aceptables para asumir que la tendencia de los datos es lineal.

**GRÁFICA No. 31 ANÁLISIS DEL CAMBIO DE PH PARA DIFERENTES HORAS DE ANÁLISIS PARA LA PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA TRABAJANDO CON AJUSTE DE PH**



En la GRÁFICA No. 32 se muestran los resultados para las muestras trabajadas sin ajuste de pH. Al igual que en el caso anterior la tendencia del cambio de pH para cada hora analizada es lineal con respecto al cambio de pH a las 4 horas. Los coeficientes de correlación obtenidos fueron de 0.8071 para la primera hora, 0.9148 para la segunda hora y 0.848 para la tercera hora de análisis. Estos coeficientes de correlación lineal son aceptables para asumir que la tendencia de los datos es lineal. Además, se puede observar que en la segunda hora de análisis se obtuvo el coeficiente de correlación lineal más elevado.

**GRÁFICA No. 32 ANÁLISIS DEL CAMBIO DE PH PARA DIFERENTES HORAS DE ANÁLISIS PARA LA PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA TRABAJANDO SIN AJUSTE DE PH**

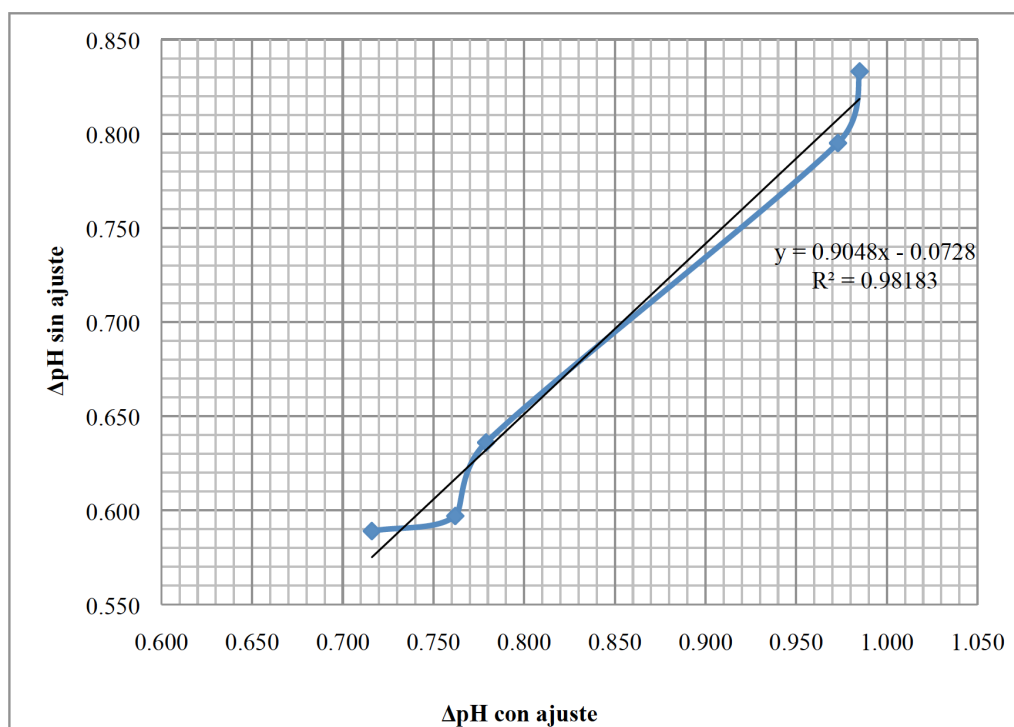


Debido a que la tendencia de los resultados es similar para las tres horas de análisis se podría disminuir el tiempo de análisis a dos horas. No es recomendable disminuirlo a una hora debido a que pueden existir errores instrumentales que interfieran con la medición.

La disminución del tiempo de análisis es fundamental ya que, como se mencionó anteriormente, en la industria se requiere de técnicas analíticas que brinden resultados rápidos y confiables. Con la prueba de fermentación espontánea en tan sólo dos horas de análisis se pueden dar resultados de pérdidas de sacarosa acertados.

La segunda variante de la prueba de fermentación espontánea fue la eliminación del ajuste de pH con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N. Previo a la incubación de la muestra se ajusta el pH del jugo hasta un valor de 5.6 Cada muestra fue trabajada con ajuste y sin ajuste de pH con el fin de comparar las diferencias experimentales. Se graficó la caída de pH de las muestras después de cuatro horas sin ajustar contra la caída de pH de las muestras después de cuatro ajustando.

**GRÁFICA No. 33** COMPARACIÓN DE LA PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA AL TRABAJAR CON AJUSTE DE PH Y SIN AJUSTE



Según la regresión de esta gráfica se obtuvo un coeficiente de correlación lineal de 0.9818. Debido a que el valor del coeficiente es elevado se puede decir que el comportamiento de los datos es lineal y no existe ninguna diferencia experimental significativa entre las muestras trabajadas con ajuste de pH y las que se trabajaron sin ajuste. Por lo tanto, es válido realizar las pruebas de fermentación espontánea sin ajuste de pH. La eliminación del ajuste de pH disminuye el tiempo requerido para realizar la prueba y reduce los costos debido a que no es necesario preparar la solución de NaOH 0.1 N que era utilizada para hacer el ajuste.

Las variantes descritas anteriormente permiten optimizar el método de fermentación espontánea garantizando resultados confiables. Sin embargo, es importante destacar que hasta el momento las pruebas de fermentación espontánea que se llevaron a cabo sólo brindan una relación entre la disminución del pH y la degradación de sacarosa, sin cuantificar las pérdidas de sacarosa. Según la investigación de Hernández es posible cuantificar las pérdidas de sacarosa utilizando una ecuación determinada experimentalmente.

En este trabajo se han sentado los lineamientos principales para montar la prueba de fermentación espontánea en la siguiente zafra y desarrollar la ecuación experimental necesaria que permita estimar cuantitativamente las pérdidas de sacarosa por actividad microbiológica en distintas áreas del proceso de producción. Además, puede ser un complemento para la prueba de resazurina en la estimación de la presencia de actividad microbiológica.

### **5. Diseño de un modelo inicial para evaluar el incremento de incrustaciones en los evaporadores como efecto de mayor cantidad de cal añadida debido a la actividad microbiológica.**

El punto más débil del establecimiento del sistema de control microbiológico en el ingenio es la evaluación precisa del efecto de la actividad microbiana en etapas posteriores a la molienda. Este trabajo se enfocó en el proceso de evaporación. Si bien es cierto que en esta etapa ya no existe la presencia de microorganismos, la actividad de éstos en etapas anteriores afecta de forma indirecta el proceso de evaporación.

La actividad microbiológica disminuye el pH del jugo provocando el incremento de adición de cal en la etapa de alcalización. El aumento del contenido de cal en el jugo que ingresa a los evaporadores provoca incrustaciones y disminuye la eficiencia del equipo, se aumenta el consumo de vapor para llevar a cabo la operación debido a la reducción de transferencia de calor en los tubos de los evaporadores y la frecuencia de limpieza puede llegar a aumentar significativamente.

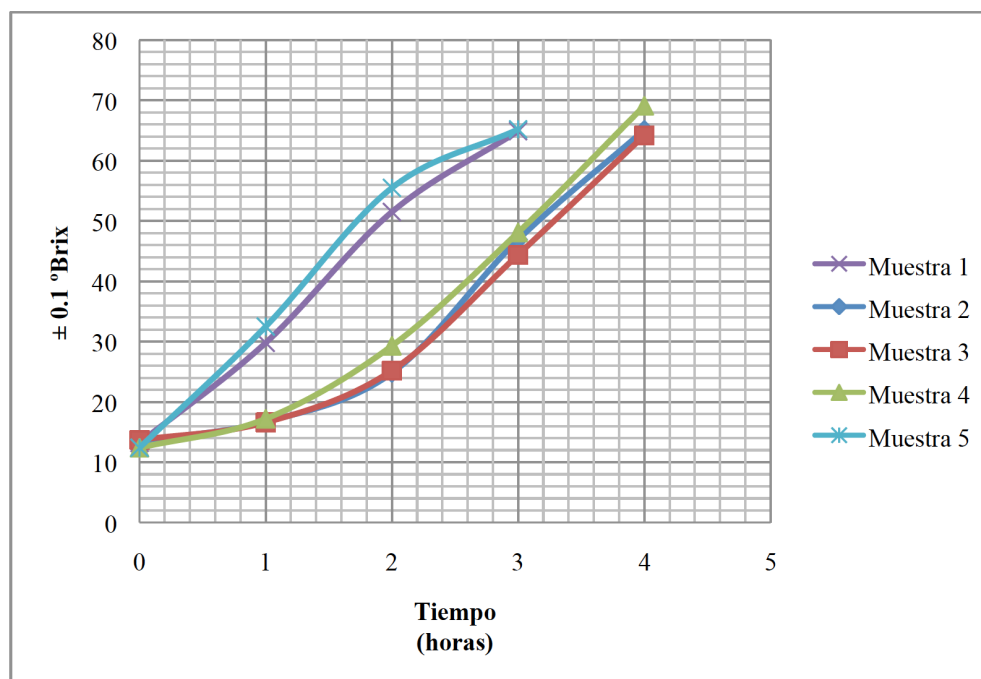
Para evaluar la incidencia de la actividad microbiológica en los evaporadores es necesario contar con un modelo que simule la operación real de evaporación y permita determinar las incrustaciones en los evaporadores, debido al incremento de cal. En estudios anteriores Pinto inició la exploración de modelos de simulación del proceso sin obtener resultados concretos a partir de los diseños. Sin embargo las bases teóricas del trabajo fueron parte fundamental para el desarrollo de los modelos de simulación empleados en esta investigación.

Los modelos de simulación propuestos son similares entre sí. Un beaker representó el cuerpo del evaporador, en el cual se introdujo un pedazo de tubo de cobre previamente pesado y la muestra de jugo. Además se agregó una cantidad determinada de cal y se calentó hasta que el jugo alcanzó una concentración establecida. La única diferencia que existe entre los dos modelos es que con el modelo 2 se utilizó vacío para llevar a cabo la evaporación. Ambos modelos se describen con mayor detalle en la metodología del presente trabajo.

Las muestras de jugo se trabajaron con cantidades distintas de cal con el fin de poder determinar el porcentaje de incrustación de acuerdo a la cantidad de cal añadida. Para esto fue necesario medir el pH inicial del jugo y agregar cal hasta alcanzar un pH de 7 para las muestras 1 y 2, de 9 para las muestras 3 y 4 y de 10 para la muestra 5.

Uno de los aspectos claves que se debe tomar en cuenta en el diseño del modelo de evaporación es lograr que el jugo alcance una concentración de 65 °Brix, ya que esta es la concentración con la que el jugo sale de los evaporadores. Con los dos modelos de simulación trabajados se logró alcanzar la concentración deseada. Sin embargo con el modelo 1 el tiempo necesario para alcanzar los 65 °Brix fue de una hora más. En la GRÁFICA No. 34 se puede observar el aumento de la concentración del jugo conforme el tiempo de operación para los dos modelos de simulación trabajados. Las muestras de jugo 2, 3 y 4 se trabajaron con el modelo de simulación 1 y las muestras 1 y 5 se trabajaron con el modelo de simulación 2.

**GRÁFICA No. 34** TIEMPO DE OPERACIÓN NECESARIO PARA ALCANZAR LA CONCENTRACIÓN DESEADA CON LOS DOS MODELOS DE EVAPORACIÓN DISEÑADOS



Después de la evaporación se pretendía pesar el tubo de cobre y de esta forma obtener la cantidad de incrustaciones en el tubo por diferencia de peso. Esta suposición no fue válida debido que después de la evaporación parte de la miel y otras partículas se fijaron al tubo de cobre. Por esta razón fue necesario hacer un lavado con agua destilada a una temperatura de 90 °C. Se pesó el tubo varias veces hasta llegar a un peso constante de dos decimales. De esta forma se pudo obtener la cantidad de incrustaciones en el tubo.

**TABLA No. 8** DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE INCRUSTACIÓN EN LOS TUBOS DE COBRE DEL MODELO DE EVAPORACIÓN

Tubo	Cantidad de cal añadida ( $\pm 0.0001$ g)	Cantidad de cal incrustada ( $\pm 0.0001$ g)	Porcentaje de incrustación (%)
1	0.6483	0.0808	12.46 $\pm$ 0.02
2	0.6488	0.0994	15.32 $\pm$ 0.02
3	1.2607	0.2456	19.48 $\pm$ 0.01
4	1.2642	0.2735	21.63 $\pm$ 0.01
5	1.4011	0.3703	26.43 $\pm$ 0.01

En la TABLA No. 8 se muestra el porcentaje de incrustaciones en cada uno de los tubos trabajados. Claramente se puede observar que entre mayor sea la cantidad de cal añadida a la muestra de jugo mayor es el porcentaje de incrustación en el tubo. Para las muestras ajustadas a un pH de 7 (muestras 1 y 2) el

porcentaje de incrustación en el tubo fue de  $12.46 \pm 0.02\%$  y  $15.32 \pm 0.02\%$ . Para las muestras ajustadas a un pH de 9 (muestras 2 y 3) el porcentaje de incrustación en el tubo fue de  $19.48 \pm 0.01\%$  y  $19.48 \pm 0.01\%$ . Para la muestra ajustada a un pH de 10 (muestra 5) el porcentaje de incrustación fue de  $26.43 \pm 0.01\%$ .

Según estos resultados es posible determinar el porcentaje de incrustación mediante los modelos de simulación propuestos. Por lo tanto se puede decir que es una técnica preliminar que permite evaluar la incidencia de la actividad microbiológica en las incrustaciones de los evaporadores. Se podría tomar muestras de jugo con actividad microbiológica elevada y determinar la incidencia en las incrustaciones.

A pesar de los resultados favorables obtenidos con los modelos de simulación propuestos es importante mencionar que todavía es necesario afinar detalles que permitan simular mejor el proceso de evaporación. Dentro de estos detalles se puede mencionar la forma en que se añadió la cal. En la experimentación la cal se agregó directamente al jugo, mientras que en el proceso real antes de la evaporación el jugo pasa por un proceso de alcalización, donde la cal se agrega en forma de lechada o sacarato. Luego pasa por una etapa de clarificación donde las impurezas del jugo son eliminadas. Es recomendable simular la alcalización y clarificación del jugo con el fin de garantizar que las condiciones de operación del proceso de simulación se asemejen al proceso de evaporación real.

También se debe mencionar que en el ingenio los evaporadores trabajan por más de cien horas antes de ser limpiados. En la experimentación se trabajó con un tubo diferente para cada muestra de jugo. Esto hace necesario realizar las pruebas utilizando un tubo de cobre más de una vez para obtener resultados más precisos.

Con este trabajo se sentaron los lineamientos principales para desarrollar un modelo de evaporación que permita evaluar la incidencia de la actividad microbiológica en las incrustaciones y un futuro pueda ser utilizado en el ingenio como una técnica de evaluación del efecto de la actividad microbiológica en las incrustaciones de los evaporadores.

**6. Elongación de cristales.** La actividad microbiológica presenta consecuencias a lo largo de todo el proceso extracción de azúcar. La repercusión en el área de los tachos se da por el tiempo de cocción de las masas, esto es traducido en un tiempo mayor requerido para la cristalización del azúcar, la masa en los cristalizadores presenta una temperatura menor de lo apropiado y la viscosidad aumenta. También existen repercusiones en la cantidad de agua de lavado necesario para las centrifugas, por lo que el tiempo total de centrifugación y purga de la templa aumenta. El azúcar proveniente de este proceso es pegajoso y difícil de manipular, secar y envasar. Debido a que la velocidad de cristalización disminuye el crecimiento del grano de azúcar se provoca un alargamiento. Este problema tiene como consecuencias, la dificultad de separación entre los cristales y las mieles. Así como pérdidas monetarias para el Ingenio por la pérdida de sacarosa en las mieles y aguas de lavado.

Se trató de establecer un coeficiente de elongación de cristales que sirva como indicador del efecto de la actividad microbiológica en el área de recuperación de azúcar. El coeficiente de elongación se

definió como el cociente de largo y ancho en un grano de azúcar. El coeficiente se representa en unidades mayores a 1 esto para poder dar mayor distancia entre los rangos y tener una mejor determinación para indicar que granos deben ser considerados con propiedades de elongación. El tacho C por producir las masas C o finales es propenso a tener una mayor cantidad de granos alargados. En los granos alargados el ancho de los cristales puede ser menor y estos traspasan la malla de la centrifugadora.

El problema presentado en el estudio pasado realizado por Pinto (Implementación experimental de control microbiológico en un ingenio azucarero,2010), fue la cantidad de cristales por muestra y la necesidad de encontrar un disolvente eficiente para realizar una separación sin dañar los cristales. Para este proyecto se redujo la cantidad de cristales, estableciendo un máximo de 30 en total y se experimentó con glicerina como dispersante. Esto debido a sus propiedades neutras, fácil adquisición y sencilla manipulación. Se obtuvo resultados para cinco muestras del tacho C tomados en el mes de abril.

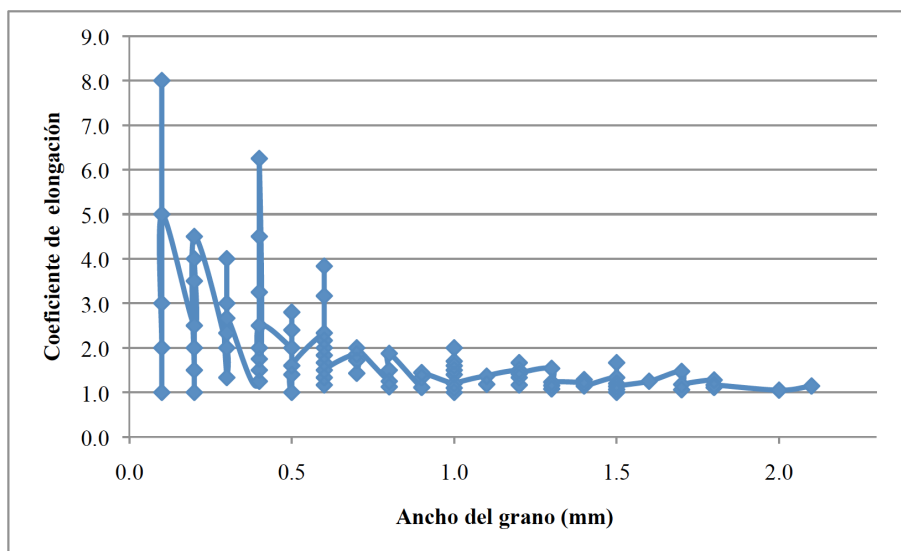
En la TABLA No. 9 se observan los resultados de las muestras con un total de granos analizados fue de 158. Los rangos donde se presenta un coeficiente de elongación mayor representan una proporción del 13.92% .

**TABLA No. 9** DISTRIBUCIÓN DE GRANOS POR COEFICIENTE DE ELONGACIÓN EN GLICERINA

<b>Rango</b>	<b>Número de Cristales</b>	<b>Porcentaje</b>
1.0 A 1.5	71	44.94
1.5 A 2.0	40	25.32
2.0 A 2.5	25	15.82
2.5 A 3.0	6	3.80
3.0 A 3.5	6	3.80
mayor 3.5	10	6.33
<b>Total</b>	158	

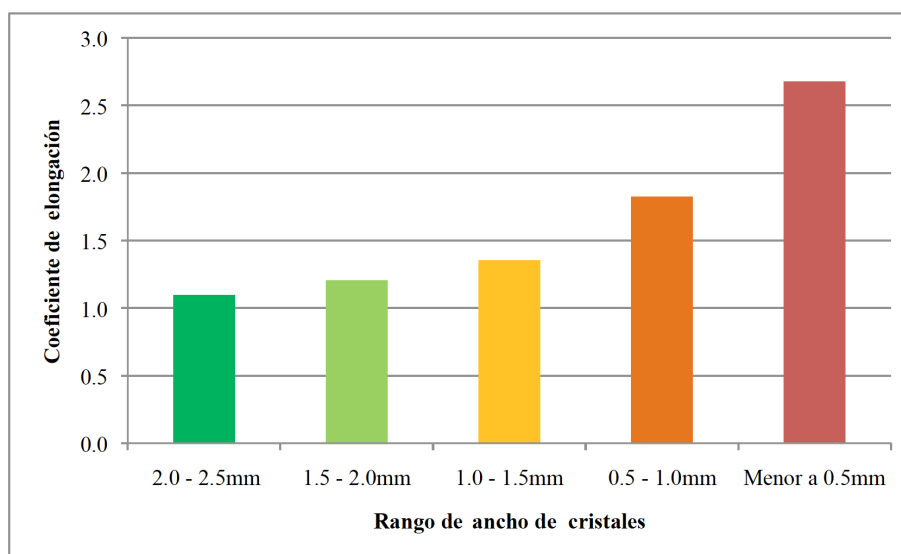
Mediante la GRÁFICA No. 35 se puede observar el comportamiento de los cristales en cuanto a su ancho con respecto al coeficiente de elongación ya que se quería comprobar si realmente un coeficiente de elongación alto implica necesariamente un cristal con poco ancho y por tanto más susceptible de pasar por los hoyos de las centrífugas. Los rangos en que se clasificó el ancho de los cristales fue de: 2.0 a 2.5, 1.5 a 2.0, 1.0 a 1.5, 0.5 a 1.0 y menor de 0.5 mm, para esto se tomaron los valores del coeficiente de elongación de los granos correspondientes a dichos rangos y se tomó el promedio. La distribución se muestra en la gráfica no. 10 En donde se observa que la tendencia de los granos con un coeficiente de elongación mayor es a tener menos ancho.

**GRÁFICA No. 35** CORRELACIÓN DE COEFICIENTE DE ELONGACIÓN PARA MUESTRAS CON GLICERINA



Al realizar una curva de ajuste, el coeficiente de correlación múltiple para una regresión polinómica de grado seis es de 0.368 y para una regresión exponencial de 0.426. Esto muestra que los datos obtenidos no pueden representarse por una ecuación determinada porque los datos no presentan un comportamiento predecible para algún modelo matemático. Ya que en esta etapa el objetivo era más que todo establecer el procedimiento para el análisis, aumentar el número de muestras para continuar este estudio es una sugerencia.

**GRÁFICA No. 36** VALORES PROMEDIO DE CE PARA ANCHO DE CRISTALES



El propósito de este método es que sea un análisis sencillo para las personas y así poder monitorear de forma sistemática el comportamiento de los granos en los tachos y realizar medidas correctivas. Dado que este fue un estudio preliminar como siguiente fase se debe determinar con un mayor número de datos la tendencia que muestran los granos de azúcar en la etapa de cristalización a lo largo de la zafra. Tomando en cuenta que medidas correctivas se toman en el área y cuanto es el tiempo necesario para controlar los efectos de la dextrana. Se debe continuar con la búsqueda de un dispersante adecuado para la separación de los cristales y así poder tener una mejor cuantificación de los cristales alargados. El muestreo también debe realizarse en las masas cocidas A y B para comprobar si existe relación entre las diferentes masas.

## 7. Conclusiones parciales

- A nivel industrial no se pudo validar el método de detección de muestras malas y críticas con base al primer cambio observado o cambio a rojo.
- Con las 5 cepas estudiadas quedó diseñado preliminarmente un procedimiento para la evaluación del efecto de diferentes cepas sobre el jugo de caña. Además, se establecieron valores de referencia para *Leuconostoc*spp.
- En los recuentos bacterianos, se encontró un incremento en la microbiota total del jugo primario y diluido con respecto a los publicados en el proyecto del año 2009, pero una disminución en la proporción de *Leuconostoc*spp.
- Se determinó mediante la elaboración de curvas de crecimiento, que las mejores condiciones de cultivo de *Leuconostoc*spp. sometidas a prueba en este estudio fueron la temperatura de incubación de 28°C y 3h de incubación.
- El pH y capacidad buffer en el medio de cultivo MP25 inoculado con *Leuconostoc*spp. varió como se esperaba, ya que el pH disminuyó y la capacidad buffer incrementó en todas las repeticiones realizadas. El cambio de pH y capacidad buffer varió entre cepas de *Leuconostoc*spp. Además, se determinó que el pH y capacidad buffer varían independientemente, sin correlación alguna.
- Se logró determinar la actividad de la enzima dextranasa para todas las cepas de *Leuconostoc*spp. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa en la actividad de la misma obtenida para las diferentes cepas.
- En el estudio de susceptibilidad a antimicrobianos, se redujo el tiempo de incubación de *Leuconostoc*spp. en medio MP200 a 7h, ya que al incubar por 24h la dextrana impide la lectura adecuada de los resultados.

- Los bactericidas fueron más efectivos contra la microbiota total que con *Leuconostocspp.* y no se encontró diferencia significativa entre la susceptibilidad de las cinco cepas. Se determinó que el bactericida más efectivo fue el 2, tanto para inhibir el crecimiento de la microbiota total como el de *Leuconostoc*. El bactericida 1 fue más efectivo que el 3 para inhibir la microbiota total, aunque contra *Leuconostoc* no se encontró diferencia entre ambos.
- El análisis más confiable para la determinación de envejecimiento del producto azucarero fue el test de rezasurina, con un coeficiente de correlación múltiple de 0.983. Y también fermentación espontánea (caída de pH) y capacidad Buffer.
- La técnica de porcentaje de gomas tuvo un resultado errático y mostró ser una prueba no sensible, teniendo resultados contrarios a lo esperado, mientras que la pureza no resultó confiable tampoco.
- La prueba de fermentación espontánea puede realizarse en un tiempo de análisis de 2 horas y sin ajuste de pH por lo que se mejora su procedimiento en cuanto al tiempo de respuesta y sencillez.
- Los períodos prolongados de tiempo que la caña reposa en la intemperie del patio se deben principalmente a la apilado de la misma en un solo montículo, el cual contiene en su base la caña más vieja. Para evitar la acumulación de caña en un sólo montículo, se propuso el método de almacenaje por rotación que consiste en el principio de que el primer montículo en descargar es el primero en ingresar a los Tándems.
- El método de simulación de evaporación propuesto es fiable y permite estimar el nivel de incrustación en los evaporadores a consecuencia del aumento de cal añadida.
- Se desarrolló el método para determinar la elongación de cristales, utilizando glicerina como dispersante y midiendo como mínimo 30 cristales. Se encontró la tendencia a cristales de menor ancho con coeficientes de elongación altos lo que aumenta la probabilidad de que su pérdida en mieles.

## 8. Recomendaciones parciales

- Capacitar nuevamente a los operarios y llevar un control periódico.
- Disminuir el número de observaciones de la prueba de forma que sólo se monitoree el primer cambio observado o cambio a rojo a los 30 minutos de análisis.
- Implementar la prueba de fermentación espontánea en la siguiente zafra y determinar la ecuación experimental para cuantificar las pérdidas de sacarosa.

- Continuar realizando recuentos bacterianos y realizar réplicas utilizando muestras recolectadas en diferente día, ya que la densidad microbiana posiblemente continúe variando entre años.
- Continuar utilizando las condiciones optimizadas en este proyecto para el cultivo de *Leuconostoc*spp., consistentes en una temperatura de incubación de 28°C y 3h de incubación.
- Para la producción de ácidos, considerar tanto la capacidad buffer como el pH como variables separadas, ya que no se encontró correlación entre ambos en los experimentos realizados.
- Realizar más mediciones en entre 0-5.5h de incubación de *Leuconostoc* en medio de sacarosa en el ensayo enzimático, para disminuir el tiempo del mismo.
- Llevar a cabo análisis posteriores del bactericida 2, utilizando jugo primario y el método de la resazurina, para determinar si se debe utilizar en dilución de  $10^{-1}$  o  $10^{-2}$  en condiciones que simule de forma más acertada lo que ocurriría a nivel industrial en el ingenio.
- Utilizar el bactericida 2 a nivel industrial, ya que el mismo es efectivo diluido, a diferencia de los bactericidas 1 y 3.
- Repetir la medición de los indicadores de agresividad llevada a cabo en este proyecto, con otras cepas abundantes en el jugo de caña y comparar los resultados con los obtenidos en este proyecto.
- Integrar los resultados de los diferentes indicadores de agresividad (caída del pH, aumento de capacidad buffer, actividad de dextranucarasa, susceptibilidad a antimicrobianos) en un solo valor, que indique la agresividad general de una cepa bacteriana.
- Continuar monitoreo de susceptibilidad a antimicrobianos, para determinar si existe variación año con año, y así encontrar la frecuencia en la que ocurre la resistencia.
- Establecer oportunidades a partir de los resultados de fermentación espontánea por medio de la definición de una ecuación para la pérdida de sacarosa, validada por medio de HPLC. Profundizar en el estudio de la pureza, como indicador de deterioro.
- Continuar con el estudio del mejor indicador para determinar el grado de frescura y/o deterioro de la caña

- Explorar variables para el analizar del deterioro de caña en el patio que complementen el estudio preliminar realizado; aplicar nuevos métodos de ensayo como el de fermentación espontánea para ampliar el esquema de estudio.
- Diseñar una escala de niveles de calidad de caña en el patio a través del método de observación para perfeccionar el estudio realizado.
- Tomar en cuenta las sugerencias proporcionadas por el grupo técnico del Ingenio Pantaleón para agregarlas a la propuesta de la gestión de caña en el patio.
- Aplicar el método de almacenaje por rotación y utilizar el formato de control sistemático para optimizar el manejo de caña en el patio del Ingenio Pantaleón y prevenir el deterioro de la caña.
- Monitorear periódicamente la caña ubicada en el patio mediante las técnicas analíticas para el control microbiológico e implementar el método de rotación de caña desarrollado para evitar la acumulación de la caña vieja en el patio.
- Utilizar la tabla de flujo de procesos para la propuesta del manejo de caña en el patio de modo que se puedan medir los tiempos y las distancias recorridas para evaluar los costos incurridos del método propuesto.

## **C. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema de caña y desarrollo de mejoras para el control**

### **1. Diseño y aplicación preliminar de base de datos para control microbiológico en caña**

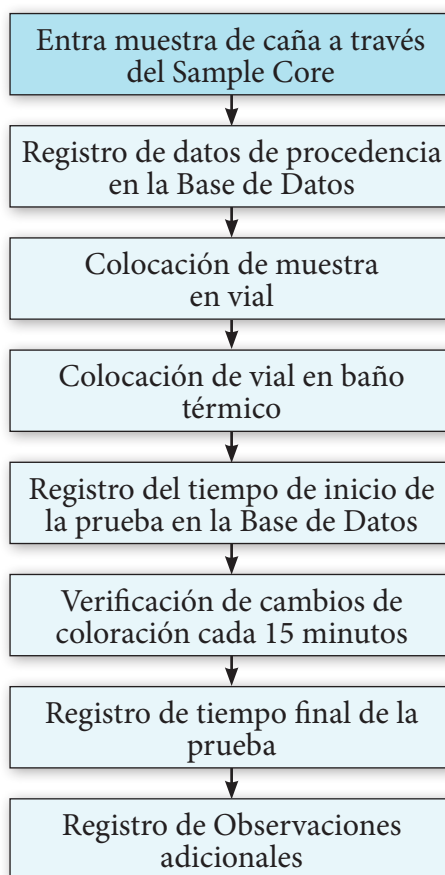
**a. Descripción del proceso.** La base de datos para el laboratorio de caña se estableció con la finalidad de proveer un recurso valioso acerca de la calidad de la caña que ingresa al ingenio a través del análisis del método de resazurina de manera eficiente y rápida. El método de resazurina se desarrolla a partir de las muestras que los operarios del ingenio recolectan del “Sample Core” para su análisis de pol y brix; la prueba presenta resultados de coeficiente microbiológico que son utilizados para la valoración del estado de la caña. La base de datos recopila toda la información relevante para la realización de esta prueba y registra datos como la fecha, la finca, y el tipo de caña para simplificar el rastreo y facilitar el análisis e interpretación de los resultados.

Actualmente, se cuenta con dos operarios para el registro de datos de la prueba de resazurina y ésta se realiza manualmente en el formato CM-1 que se muestra en los ANEXOS. Cuando llega una muestra de caña, se registra primeramente los datos del origen de la misma. Seguidamente se coloca la cantidad necesaria en un vial y luego se deja reposando en un baño de agua caliente; durante esta etapa, el

operario anota la hora en que se inicia la prueba. Cada 15 minutos se revisa el vial para detectar si existe algún cambio en la coloración de la muestra; estos virajes en la coloración se registran en el formato CM-1. Por último, se verifica que la muestra haya tornado a un color rojizo que indica la terminación de la prueba; se procede a registrar la hora en que se haya finalizado la prueba. A partir de los datos anotados, se calcula el coeficiente microbiológico de la muestra y se apuntan observaciones adicionales referentes a la misma. Al final de cada jornada, el Ingenio Pantaleón solicita los datos anotados durante el día y los ingresa a una base de datos que han desarrollado para su propia conveniencia, utilización e interpretación.

El procedimiento que se sigue en la actualidad puede llegar a ser un tanto tedioso cuando el número de muestras que deben someterse bajo observación resulta ser cuantioso. De esta manera, es indispensable la implementación del sistema en el laboratorio de caña para agilizar los procesos y minimizar el tiempo necesario para el cálculo de resultados, liberando tiempo para que los operarios puedan dedicarse a sus otras tareas dentro del laboratorio. El diagrama de flujo que se muestra a continuación representa un esquema resumido del procedimiento a seguir cuando se haya obtenido una muestra de caña que debe ser sometida a la prueba de resazurina. (ILUSTRACIÓN No. 18)

**ILUSTRACIÓN No. 17** DIAGRAMA DEL FLUJO DEL DESARROLLO DE LA PRUEBA  
RESAZURINA



Mediante la aplicación adecuada del sistema y el registro correcto de los datos, se pretende eliminar la necesidad de usar el formato CM-1 y almacenar de manera directa la información, prescindiendo de la posibilidad de pérdida o deterioro de los documentos. Si bien es cierto que la duplicidad de trabajo no se puede eliminar por completo debido a que el Ingenio Pantaleón posee su propio sistema de almacenamiento de datos, el tener los datos a computadora permite trasladar con mayor facilidad los mismos.

Esta estandarización determina un aspecto importante a la hora del análisis e interpretación de los datos. El sistema establecido para la base de datos permite una estandarización de información en términos prácticos de simple entendimiento para evitar confusiones entre los operarios debido a diferencias de caligrafía que cada quien posee.

#### b. Necesidades que suple la base de datos

**1) Determinación de coeficiente microbiológico y valoración.** El sistema de base de datos está basado en hojas de Excel que están referidas entre sí a través de tablas dinámicas, de tal manera que un cambio en la tabla de “Ingreso de Datos” significa necesariamente un cambio en las demás tablas. A la hora de ingresar los datos de la hora en que se inicio la prueba de resazurina de una muestra y su hora de finalización en la hoja de “Ingreso de Datos”, el programa despliega automáticamente el coeficiente microbiológico (CM) que corresponde a dicha muestra y adicionalmente enseña el estado en el que se encuentra, según la valoración de semáforos establecidos. Por lo tanto, se obtiene los resultados de la prueba rápida y sencillamente con tan sólo el ingreso de las horas y proporciona visualmente una idea acerca de la actividad microbiológica en forma instantánea para que se puedan tomar decisiones inmediatas. (ILUSTRACIÓN No. 18)

#### ILUSTRACIÓN No. 18 INGRESO DE DATOS Y DESPLIEGE DE CM Y VALORACIÓN

Fecha	Hora Inicial	Hora Final	Tipo	Corte	CM	Color	Código de Finca
3/10/11	7:20	10:30		PRE-QUEMA	1.58		648
3/10/11	7:20	10:00		PRE-QUEMA	1.88		132
3/10/11	7:25	10:30		PRE-QUEMA	1.622		648
3/10/11	7:25	9:05		PRE-COSECHA	3.000		132

**2) Ordenamiento y filtración de columnas según necesidad.** En la hoja de Excel de “Ingreso de Datos” de la base de datos, se encuentra la tabla principal a la cual hacen referencia las tablas de resultados. Ésta, por ser una tabla dinámica, admite un ordenamiento de columnas. Si se diera el caso en la cual los operarios hubiesen ingresado datos de muestras que alteraran el orden cronológico en las que se realizaron, pueden recurrir a ordenarlos sencillamente con seleccionar la celda de fecha, ILUSTRACIÓN No. 19, y asignar un ordenamiento de los datos más antiguos a los más recientes o viceversa. De la misma manera, si se quisiese ordenar los datos por el código de finca, por color, o por tipo de corte, se puede realizar del mismo modo mencionado anteriormente. A su misma vez, los filtros provocan un ordenamiento según los intervalos requeridos. Se pueden ordenar los datos mediante la

aplicación de filtros, ILUSTRACIÓN No. 20, las cuales podrían aplicarse principalmente para evaluar los coeficientes microbiológicos. Es preciso destacar que los filtros pueden aplicarse a varias columnas dentro de la misma tabla para purgar los datos no solicitados.

### ILUSTRACIÓN No. 19 ORDENAMIENTO DE COLUMNAS

Color	Tipo	Corte
VERDE	MANUAL	
QUEMA	MECANIZADO	
N/A	PRE-QUEMA	
	PRE-COSECHA	
	COSECHA	

Fecha	Hora Inicial	Hora Final	Tipo	Corte	CM	Color	Código de Finca
3/10/2011	7:20	10:30		PRE-QUEMA	1.58		648
3/10/2011	7:20	10:00		PRE-QUEMA	1.88		132

### ILUSTRACIÓN No. 20 FILTRACIÓN DE COLUMNAS

Interpretación	Intervalo	Color
Bueno	0	
Alerta	2	
Malo	2.5	
Crítico	3.00	

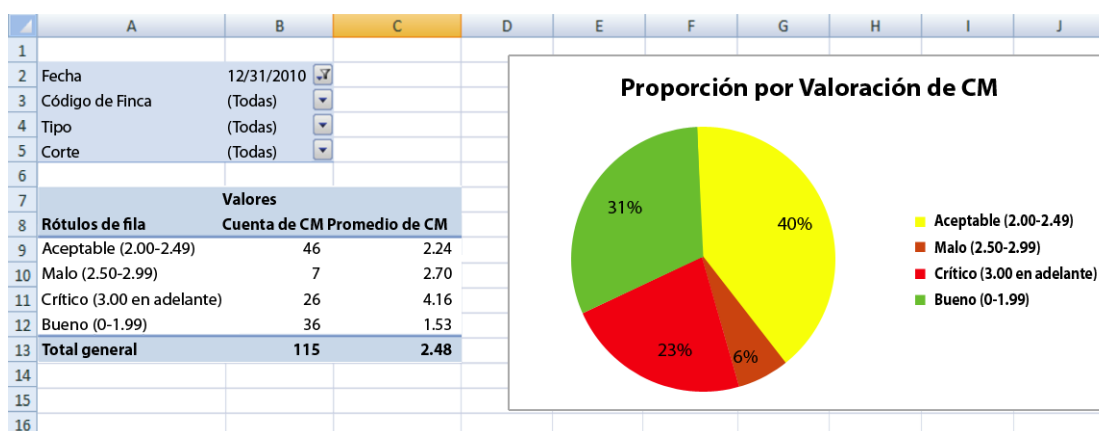
  

Fecha	Hora Inicial	Hora Final	Tipo	Corte	CM	Color	Código de Finca
3/10/2011	7:20	10:30		PRE-QUEMA	1.58		648
3/10/2011	7:20	10:00		PRE-QUEMA	1.88		132

**3) Reporte diario o de período seleccionado.** La primera implementación de la prueba de resazurina en las muestras de caña que el ingenio recolecta en el laboratorio de caña se realizó hasta esta zafra 2010-2011. Cada día se recolectan más de 100 muestras de la caña que ingresa al ingenio, de las cuales todas o más del 90% se someten bajo las pruebas de resazurina. Por tanto, es indispensable hacer un resumen de los datos registrados diariamente que ayude a efectuar un análisis de fondo acerca de la calidad de la caña que entra a los tandems de molino y rastrear las posibles causas que pudieron afectar el desempeño de la fábrica.

El reporte diario, ILUSTRACIÓN No. 21, consiste en un resumen que despliega la proporción por valoración del coeficiente microbiológico de CM; en la hoja de Excel “CM por Día, Finca, Corte” se muestra el conteo y los promedios de las muestras según la valoración de CM por semáforo, y el promedio total de CM del día. Para proveer una mejor percepción del alcance de los datos publicados, se cuenta adicionalmente con unq finca, tipo, y corte, los cuales pueden ser modificados según lo requerido.

**ILUSTRACIÓN No. 21 REPORTE DIARIO DE CM**

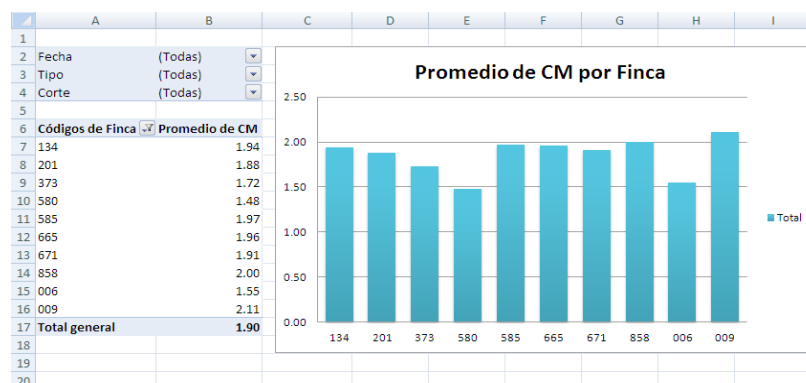


**4) Análisis por fincas.** El Ingenio Pantaleón cuenta con una gran cantidad de fincas, algunas que son propias y otras que arrienda. Éstas suministran la materia prima más importante para el desarrollo de su negocio; la caña de azúcar. De los datos obtenidos del sistema, se aprecia que el ingenio cuenta con al menos 300 fincas diferentes debido a la existencia de 300 códigos de finca distintos. Si bien es cierto que algunas fincas estén relacionadas entre sí por su cercanía y la variedad de caña, esto es imposible de afirmar debido a la escasez de información proveniente del registro.

Uno de los informes de la base de datos consiste en el despliegue de registros por finca. En la hoja de Excel “Promedio CM por Finca” existen tres parámetros que condicionan los datos mostrados en el reporte y estos son: la fecha, el tipo, y el corte. En este informe, ver ILUSTRACIÓN No. 22, se da la opción de seleccionar varias fincas para comparar sus promedios en base de las fechas deseadas, esto con la finalidad de examinar el desempeño entre fincas según el criterio de la prueba de resazurina. Asimismo, proporciona un promedio general de los resultados por finca.

El alcance de la información proporcionada resulta ser significativo puesto a que responde a la necesidad de establecer parámetros para la creación de lazos operativos entre el sector de agricultura con el laboratorio de caña.

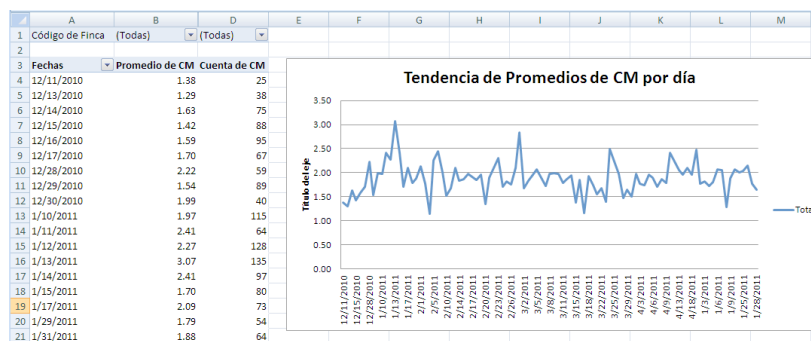
**ILUSTRACIÓN No. 22 INFORME DE PROMEDIO POR FINCA**



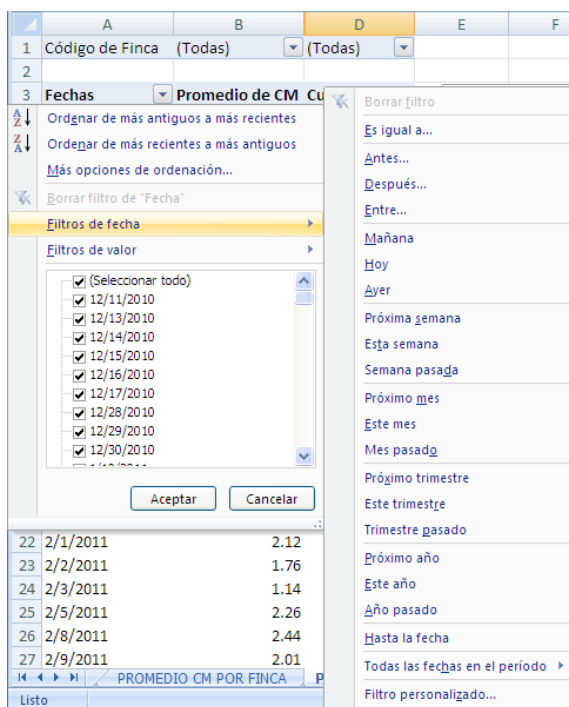
**5) Tendencias.** El concepto de tendencia es absolutamente esencial para el enfoque técnico del análisis de cualquier registro de datos. El estudio de tendencias sirve para medir patrones mediante la observación de datos históricos para predecir comportamientos futuros y tomar acciones preventivas. La base de datos de por sí provee información útil, sin embargo es indispensable usar las herramientas necesarias para cumplir con su único propósito: detectar y medir tendencias de los datos para establecer decisiones y manejar operaciones conforme.

La última hoja de Excel “Promedio CM por Día” muestra los promedios de CM por día y la cuenta de datos que dicha finca contiene, ILUSTRACIÓN NO. 23. Adicionalmente, una gráfica de líneas muestra la variación a lo largo del tiempo de los promedios de CM que se tienen de la zafra 2010-2011. El filtro de informe tiene como parámetro las fincas, no obstante se pueden seleccionar todas para dar una representación global de la zafra. En la columna de fecha se pueden aplicar filtros de fecha para mostrar los datos por mes, antes o después de alguna fecha, o bien entre ciertas fechas. (ILUSTRACIÓN NO. 24)

**ILUSTRACIÓN No. 23 TENDENCIAS DE PROMEDIOS DE CM POR DÍA**



### ILUSTRACIÓN No. 24 FILTRACIÓN POR FECHAS



#### c. Desarrollo y descripción del sistema

1) **Consideraciones.** Para la elaboración del sistema, fue necesario tomar algunas consideraciones básicas acerca de la labor que se realiza en el sector agrícola e información pertinente a la prueba de resazurina.

a) **Coefficiente microbiológico.** Para la interpretación de los resultados obtenidos por el test de resazurina se debe contabilizar el tiempo total de decoloración de los jugos de caña. Este tiempo se deberá transformar a números decimales. Con el tiempo de decoloración se halla el coeficiente microbiológico. El coeficiente microbiológico es una variable que es proporcional a la carga y actividad microbiana de la muestra analizada. (Megaproyecto 2009)

b) **Sistema de valoración por semáforo.** Se decidió utilizar cinco diferentes intervalos para los valores de CM y se les asignó un color. Las valoraciones fueron bueno, aceptable, malo, crítico y muy crítico. A las valoraciones crítico y muy crítico se les asignó el mismo color. (Megaproyecto 2009)

En la parte superior a la hoja de Excel “Ingreso de Datos” se encuentra una tabla representativa del sistema de valoración establecido en los megaproyectos de los grupos anteriores. Sin embargo, se han asociado los intervalos “bueno” y “aceptable” dentro de un rango denominado “bueno”, y los intervalos “crítico” y “muy crítico” dentro de un rango llamado “crítico”. (ILUSTRACIÓN No. 25)

**TABLA No. 10 SISTEMA DE VALORACIÓN POR SEMÁFOROS DE LA BASE DE DATOS**

Interpretación	Intervalo	Color	Tipo	Corte
Bueno	0		VERDE	MANUAL
Alerta	2		QUEMA	MECANIZADO
Malo	2.5		N/A	PRE-QUEMA
Crítico	3.00			PRE-COSECHA
				COSECHA

**c) Tipo de corte.**

- **Manual.** La cosecha manual representa un 75% de la caña que ingresa al Ingenio Pantaleón, aunque los datos más recientes indican que sólo un 60% se está realizando de dicha manera, GRÁFICA No. 1. En cada frente de cosecha se contrata la maquinaria y los operarios necesarios según las hectáreas a quemar. Los operarios contratados es personal calificado que incluyen cortadores de caña, operarios de maquinaria, y supervisores. La cosecha manual inicia con la quema controlada de un área de la finca y luego se comienza a cortar la caña que es apilada en bultos las cuales denominan “maletas” que ocupan el volumen suficiente para el empuñe de una maquina alzadora . Finalmente, se procede al alce de dichas maletas y el transporte de la caña al ingenio. La cosecha manual en verde no es muy común pero a veces necesaria. Se da en fincas en las cuales la caña se encuentra cerca de cables de tendido eléctrico o franjas a las orillas de carretera para evitar el humo que tapa la visibilidad de los conductores. Se emplea también para evitar accidentes debido a que existen lotes cercanos a viviendas donde el riesgo de quema es alto.
- **Mecanizada.** Casi un 40% de la caña del Ingenio Pantaleón es cosechada de forma mecánica, GRÁFICA No. 1, a pesar que el 25% sería lo ideal. Se usan cosechadores que permiten realizar la labor más fácilmente. El corte mecanizado se realiza regularmente en verde, no obstante se puede efectuar en caña quemada. El corte mecanizado de caña quemada se emplea debido a que permite una mejor visibilidad al conductor de la maquinaria en terrenos que contienen una gran cantidad de obstáculos como piedras y terrenos de topografía variable.

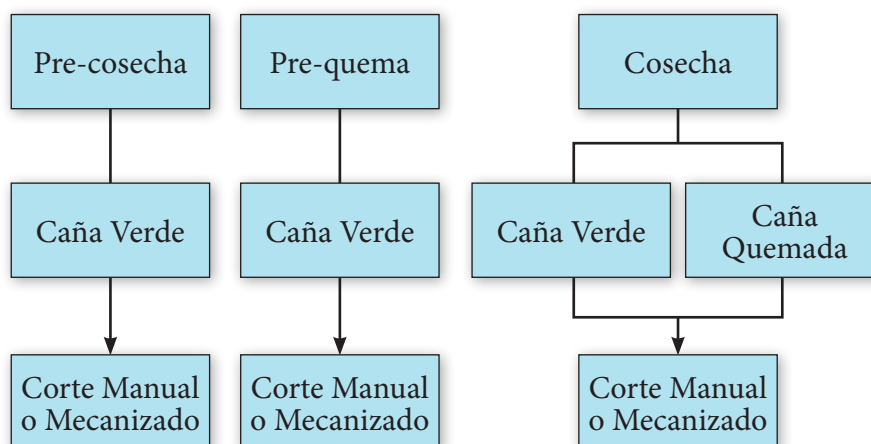
**d) Tipo de muestreo**

- **Cosecha.** Contempla el corte, alce y transporte. Se refiere a la recolección de caña planeada de un frente de cosecha para ser procesada en el ingenio. Ésta se puede realizar manualmente o por corte mecanizado. (ILUSTRACIÓN No. 26)
- **Pre-cosecha.** Se emplea para determinar el rendimiento potencial de azúcar que hay en un lote,

campo, o caña. El madurante que es un producto que ayuda la maduración de los tallos en los campos e incrementa el porcentaje de sacarosa por tonelada, se aplica ocho semanas antes de la cosecha. Usualmente, se toman muestras de pre-cosecha en la quinta y en la séptima semana después de la aplicación del madurante, es decir, en la tercera y última semana antes de la cosecha. (ILUSTRACIÓN No. 25)

- **Pre-quema.** Se utiliza para determinar el rendimiento potencial de azúcar que hay en un lote, campo, o caña. La caña de pre-quema se trae en verde y las muestras de la misma se realizan un día antes de la cosecha del lote. (ILUSTRACIÓN No. 25)

**ILUSTRACIÓN No. 25** DIAGRAMA DE RELACIÓN DE TIPO DE MUESTREO, TIPO DE CAÑA, Y TIPO DE CORTE



e) **Código de finca.** El código de finca se obtiene a través de la boleta que entrega báscula a los camiones que pasan a ser muestreados en el laboratorio de caña. La boleta contiene un número correlativo que sirve para rastrear información acerca de un lote de caña en cualquier instancia del proceso. Además, la boleta contiene información que el ingenio ingresa en su base de datos de control; se registra la finca del cual proviene la caña, el lote, el frente de cosecha que es útil para conocer el tipo de corte, y el volumen de caña que transporta. Cabe destacar que es necesario entrar a la base de datos del Ingenio Pantaleón para indagar detalles específicos de las fincas que se cosechan.

## 2) Diseño de la base de datos

a) **Planificación de tipo de información.** El primer paso para la creación de una base de datos es la planificación del tipo de información que se requiere almacenar en la misma, teniendo en cuentas dos aspectos esenciales para su desarrollo: la información disponible y la información necesaria. En este caso, la información disponible son los registros manuales de la zafra 2010-2011 en los formatos CM-1 mientras que la información necesaria se refiere al cálculo de coeficiente microbiológico

y su valoración según el sistema de semáforos, así también como el despliegue de informes para interpretación a posteriori.

**b) Planificación de estructura.** El segundo paso lo constituye la planificación de la estructura de la base de datos, en particular las tablas a utilizar debido a que es vital para la gestión efectiva de la misma. El diseño de un estructura de una tabla consiste en la descripción de cada uno de los campos que componen el registro y los valores o datos que contiene cada uno de los campos.

1. **Fecha:** Es un campo de fecha. Es la fecha en la que se realizó la prueba.
2. **Hora inicial:** Es un campo de tiempo. Es la hora exacta expresada en hora y minutos desde que se coloca el vial que contiene la muestra en el baño térmico, dando inicio a la prueba de resazurina.
3. **Hora final:** Es un campo de tiempo. Es la hora exacta expresa en hora y minutos desde que el operario determina que la prueba de resazurina ha finalizado.
4. **Tipo:** Es un campo de texto. Expresa el tipo de caña del cual es originaria la muestra; si es caña verde o si es caña quemada.
5. **Corte:** Es un campo de texto. Expresa el tipo de corte y el tipo de muestra; si es manual, mecanizado, cosecha, pre-cosecha, quema.
6. **CM:** Es un campo numérico. Expresa la actividad microbiológica de la muestra.
7. **Color:** Es un campo lógico. Expresa la valoración del resultado de la prueba según el sistema de semáforo para los CMs.
8. **Código de Finca:** Es un campo numérico. Expresa la finca del cual proviene la muestra.

**3) Descripción de la base de datos.** El sistema de la base de datos esta basado en un documento de Excel formado por un conjunto de datos estructurados, fiables y homogéneos, organizados independientemente en máquina, accesible a tiempo real, compartible por usuarios que tienen la necesidad de indagar información diferente y no predecible en el tiempo. Consiste en cuatro hojas electrónicas con tablas dinámicas a las cuales se les pueden aplicar distintos filtros según convenga; en la primera se encuentra la hoja de ingreso de datos donde se computa el coeficiente microbiológico y sistema de semáforo, mientras que en las subsiguientes se hallan un conjunto de informes de la información guardada. El primer informe presenta la proporción y el promedio de coeficiente microbiológico según los filtros aplicados junto a una gráfica pie que provee una visualización inmediata del los resultados. El segundo informe demuestra los promedios de CM por fincas para que puedan ser comparadas por fecha, tipo, y corte; se proporciona una gráfica de barras de los promedios de las fincas seleccionadas. El último informe muestra las cuentas y los promedios de CM por día en el que se adiciona una gráfica de líneas que facilita la concepción de tendencias.

#### **d. Resultados de la base de datos.**

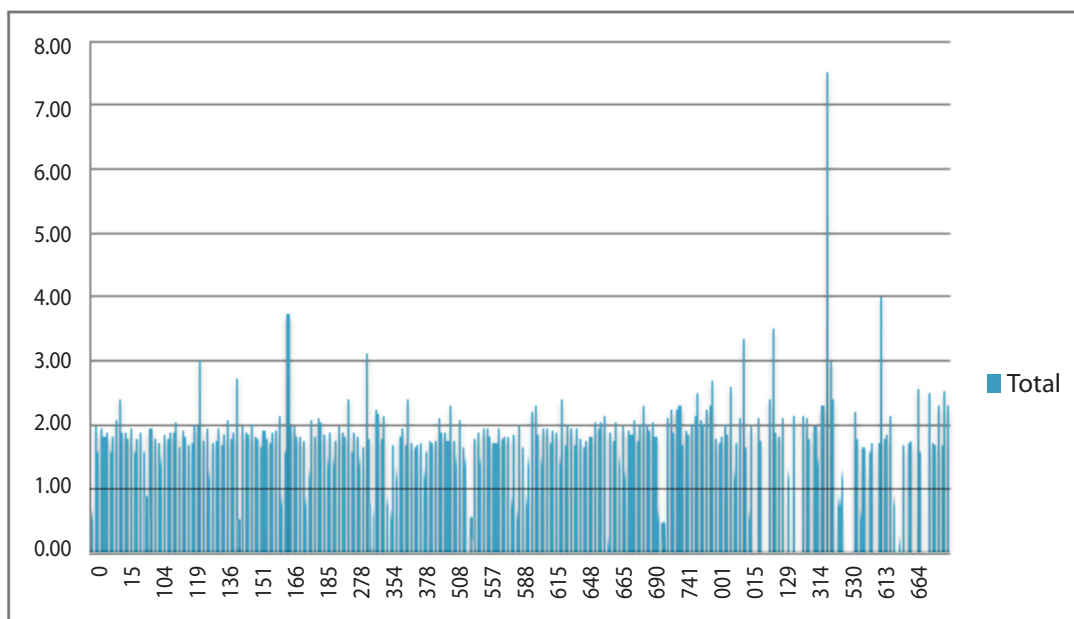
**1) Recopilación.** La época de zafra (cosecha) se inicia a mediados de noviembre y termina a finales de abril. En la base de datos, se registra que la recopilación de datos se inició el 11 de diciembre, 2010, finalizando el 18 de abril del año siguiente. No obstante, las fechas (sin incluir los domingos) que no laboraron fueron: 12/20-25/2010 (inicios), 12/27/2010, 1/1/2011 (año nuevo),

1/18/2011, 1/20-22/2011, 2/4/2011, 2/7/2011, 4/2/2011 (sábado), 4/14/2011. Los domingos que se trabajaron fueron 5: 1/2/2011, 1/9/2011, 2/20/2011, 3/6/2011, 4/3/2011. En total fueron 96 días efectivos de trabajo de los 110 días, sin contar los domingos. Quizá algunas fechas de ausencia son ficticias debido a la posibilidad de pérdida de documentos CM-1 que contenían los registros de dichos días. El promedio de muestras recolectadas por día es de **43.86**.

**2) Proporción de muestras.** El número de ingresos en la base de datos es de **4254 muestras**, de las cuales **4210 muestras** son válidas debido a que despliegan un valor de coeficiente microbiológico admitido mientras que **44 muestras** son improbables. Según la proporción de muestras válidas, una cantidad de **2679 muestras** son las que pertenecen dentro del rango “bueno”, siendo éstas un **64%** del total. **1206 muestras** caen dentro del intervalo “aceptable”, representando un **29%** del total. Le corresponde un **4%** de muestras que abarcan la categoría “malo” con **184 muestras**. Por último, las muestras críticas figuran una fracción del **3%** del conjunto con una monto de **141 muestras**.

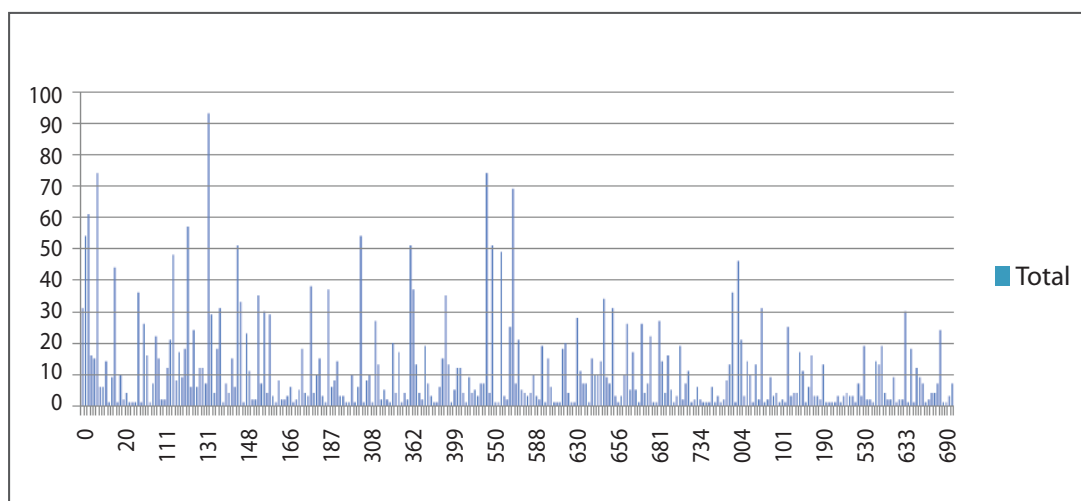
**3) Muestras por finca.** Se registra un total de 300 fincas distintas en la base de datos. Los promedios de cada finca son variables, no obstante oscilan alrededor de 1.85 de coeficiente microbiológico. Existen datos atípicos dentro del conjunto, ILUSTRACIÓN No. 27; la finca 382 posee un promedio de 7.50 de CM, lo cual es excesivamente alto, empero sólo un dato se ha registrado de la misma y que está ocasionando tal ambigüedad.

**GRÁFICA No. 37 GRÁFICA DEL PROMEDIO DE CM POR FINCA**



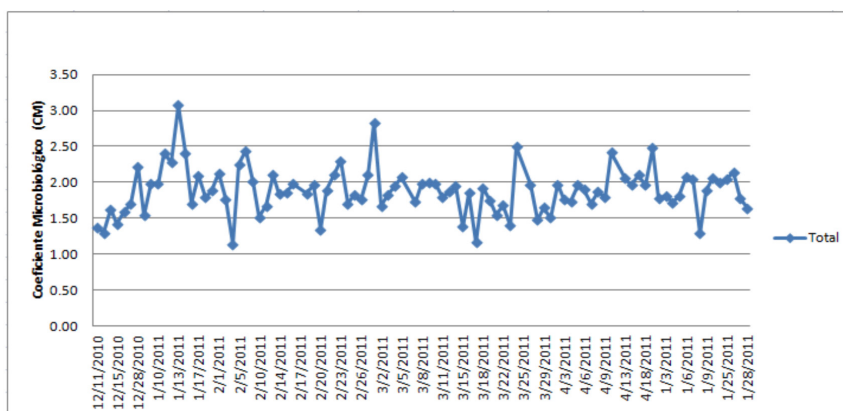
Mediante la hoja de cálculo “Promedio CM por Finca” se observa una gran inconsistencia en el número de muestras por finca; se encuentran conteos de hasta 93 muestras de un solo terreno mientras que la mayoría poseen un número menor de 20 registros. Una gran cantidad de pruebas realizadas, 877 ensayos, no poseen un código de finca rastreable y se ha dejado el campo en blanco. (ILUSTRACIÓN NO. 29)

**GRÁFICA No. 38** GRÁFICA DE BARRAS DEL CONTEO DE MUESTRAS POR FINCA



4) **Promedios por día.** Existe un total de 96 días contabilizados en el sistema en las que se ingresaron a la base de datos pruebas de resazurina. El promedio de ingreso de datos por día es de 43.86 ensayos. La variabilidad del promedio de CM por día, ILUSTRACIÓN NO. 30, se encuentra en su mayoría dentro de los rangos de bueno y aceptable. A pesar de la existencia de ciertos picos, el promedio diario es considerablemente uniforme.

**GRÁFICA No. 39** GRÁFICAS DE LÍNEAS DE LA TENDENCIA DE PROMEDIOS DE CM POR DÍA



**e. Defectos y limitaciones de la base de datos.** El diseño y la aplicación de un sistema de almacenamiento de datos para el uso de la información proveniente del monitoreo microbiológico de caña ha venido a ser de gran soporte para la implementación de las pruebas de resazurina como un procedimiento sistemático de análisis, no obstante, por ser una ejecución preliminar, se han detectado defectos y limitaciones que impiden un funcionamiento más eficiente de la base de datos.

### 1) Sesgo de los resultados

a) Gran parte de los datos ingresados en el sistema se realizaron durante el día, entre los períodos de 6:00 a.m. hasta las 5:00 p.m., sin contar los domingos, creando un posible sesgo en los resultados obtenidos ya que el ingenio trabaja las veinticuatro horas del día, siete días a la semana.

Para la siguiente zafra 2011-2012, es indispensable hacer pruebas de resazurina de 24 horas para eliminar el sesgo y tener resultados más representativos de la caña que muestrea el ingenio. Para lograr esto, es necesario establecer dos turnos de trabajo, de día y de noche.

### 2) Falta de restricciones en ingreso de datos

a) A pesar de la tener un asistente de búsqueda en los campos de Tipo de Caña y Tipo de Corte, se reconocen ingresos que no sean las que se muestran. Esto representa un problema a la hora de consulta de los informes debido a que ahora el filtro reconoce más de un campo para el mismo ingreso. Por ejemplo, "MECANIZADO" y MECANIZADA" resultan ser dos campos distintos cuando corresponden al mismo debido a la diferencia de entrada de texto.

b) Con el criterio que cada código pertenece a una finca distinta, existe un total de 300 fincas registradas en la base de datos, sin embargo, probablemente muchos de los códigos de finca representan el mismo terreno. Por ejemplo, la finca con código "4" es la misma que la finca "004" sin los primeros dos dígitos. Lo mismo sucede con códigos como "0 04" ó " 004" que exponen un error de tipografía durante el ingreso de datos.

c) El coeficiente microbiológico es la división de una cifra sobre una diferencia; la diferencia de horas. Se han permitido ingresos en la que la diferencia de algunas muestras registradas es de cero, ocasionando un dilema matemático al dividir un factor sobre cero. Por lo tanto, Excel despliega un error en el cálculo de CM.

Para evitar que sucedan los errores mencionados anteriormente, se deben agregar restricciones a cada uno de los campos requeridos. Una regla de validación permite escribir la condición que deben satisfacer los datos introducidos para ser aceptados, de manera que si se introduce un valor inválido, despliega un mensaje de error y el ingreso es rechazado. Esto puede realizarse para el registro de tipos y también para evitar un cálculo imposible que puede suceder en el caso de la determinación del coeficiente microbiológico. Más adelante, se puede establecer un tamaño de campo la cual establece la longitud máxima y mínima de un campo de texto numérico para solucionar el ingreso de fincas distintas que realmente son la misma.

### 3) Pérdida de información

- La información se anota primeramente de forma manual en un formato de hoja titulado CM-1. Dado que la base de datos se estableció recientemente, las hojas fueron divididas para el ingreso de información en el sistema, lo cual pudo haber un riesgo de pérdida de información al haberse extraviado algunas hojas.

La eliminación del formato CM-1 y el establecimiento de una computadora en el laboratorio de caña dedicada al ingreso de las muestras de resazurina sería el escenario ideal para evitar la pérdida de información. Esto habilitaría el ingreso de datos inmediato después de la obtención de resultados. No obstante, se toma en cuenta el hecho que es necesario poseer un formato para anotar en hoja en caso de haber observaciones, por lo que se formuló un formato mejorado de CM-1.

### 4) Limitaciones

- Los gráficos en las hojas de informe no permiten un cambio de título según el filtro que se le aplica.
- Las tablas dinámicas son tablas interactivas que resumen rápidamente y pueden incluir grandes cantidades de datos. Dentro de una tabla dinámica, se pueden girar filas y columnas para ver distintos resúmenes de los datos de origina, filtrar datos mostrando diferentes páginas o detalles de las áreas de interés. No obstante, cuando existen campos que contienen más de 100 elementos, se vuelve tedioso la búsqueda de los mismos para poderlos comparar. Sucede que en la hoja de informe “Promedio CM por Finca”, esta situación es la que tiende a pasar. No existe una forma rápida de seleccionar las fincas que se quieren someter bajo comparación.
- La base de datos se construyó en base de Microsoft Office Excel 2007 de una PC. A pesar de que se afirma que Microsoft Excel en una computadora PC es equivalente al de una computadora Apple, existen algunas diferencias de compatibilidad. Si bien es cierto que el documento se logra abrir en la computadora Apple, no se consigue actualizar los datos en las hojas de informe.

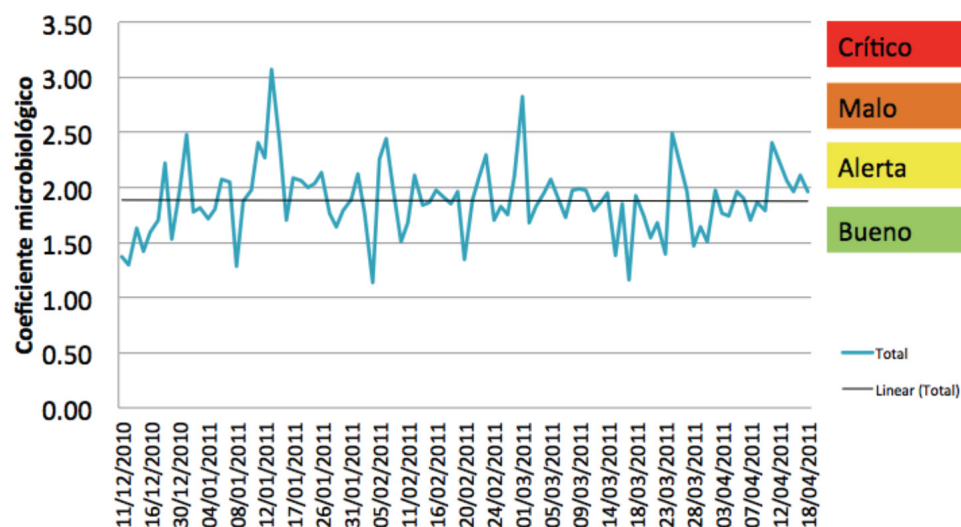
La base de datos muestra resultados de la actividad microbiológica que proporciona valiosa información en la toma de decisiones. No obstante, ésta no es suficiente para concluir la causa del resultado. Para tener un mejor marco de referencia, es imprescindible obtener datos acerca de la procedencia de la muestra; la variedad de caña, la geografía de las fincas, e informes climáticos de los lotes podrían ser de gran ayuda para el analista. La adición de ésta información a la base de datos provee, por tanto, una posibilidad de realizar un análisis de fondo.

**2. Oportunidad de información a partir de monitoreo microbiológico.** Los dos factores que se ha considerado perjudiciales para el rendimiento de la caña de azúcar han sido el corte de la caña mecanizada y la quema. Para determinar el efecto de ambos factores se utilizó la información de la base de datos elaborada para la zafra 2010-2011, en el periodo diciembre 2010 a enero 2011 durante 24

horas de lunes a domingo y en el tiempo que comprendió del 1 de febrero 2011 al 17 de mayo 2011 en un tiempo 8 horas al día de lunes a viernes. Se obtuvo un total aproximado de 2093 horas trabajadas en el muestreo, considerando que el periodo de molienda comenzó el 17 de noviembre y finalizó el 17 de mayo, con un tiempo total de 4440 horas de zafra. Por lo que los datos de este estudio representan un muestreo del 47% del tiempo total de los días de molienda de la zafra 2010-2011, por lo que los resultados obtenidos. El parámetro para determinar el deterioro fue el coeficiente microbiológico (CM). Los resultados obtenidos fueron clasificados con base en el coeficiente microbiológico en 4 categorías: bueno, alerta, malo y crítico. Dichas categorías comprendieron los rangos siguientes: 0-2, 2-2.5, 2.5-3 y mayor a 3, respectivamente. Los tipos de combinaciones fueron corte mecanizado con quema, corte mecanizado en verde, corte manual con quema y corte manual en verde.

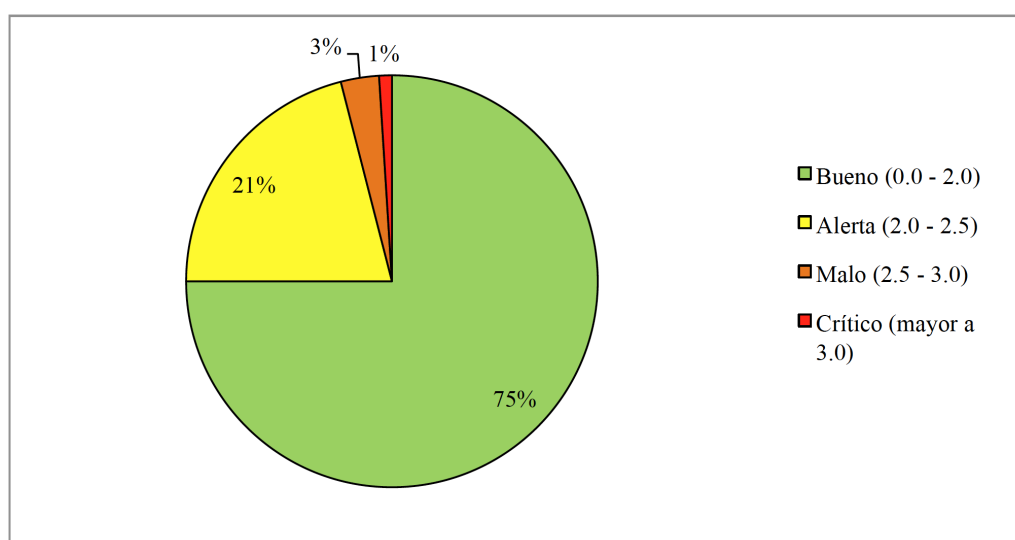
Como herramienta para el análisis estadístico de los resultados de coeficiente microbiológico se utilizó la base de datos desarrollada en este megaproyecto para el laboratorio de caña. Los datos se obtuvieron a partir de diferentes frentes de cosecha, teniendo caña proveniente de fincas diversas que ingresaron al Ingenio en un día. Por lo que se puede inferir que para la cantidad total de muestras de esta manera se puede inferir que en muchas fincas se obtuvieron resultados de actividad microbiana baja y en otras fincas el CM que se obtuvo dio valoraciones altas, por lo que el promedio del día sirve únicamente para tomar decisiones de tipo administrativo. Los datos que se incluyen en la GRÁFICA No. 37, representan el periodo analizado y se destaca que en algunas hubo picos o valores altos.

**GRÁFICA No. 40** COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO PROMEDIO POR DÍA, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011



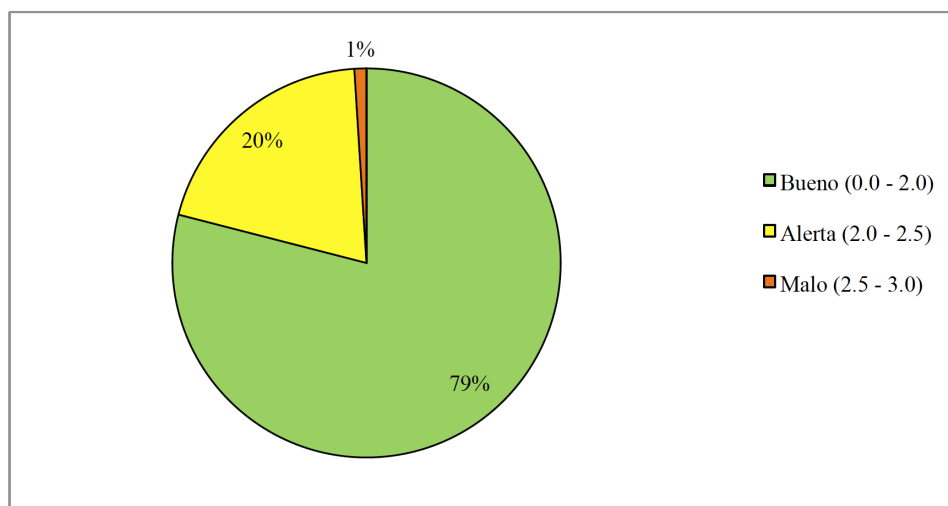
En general, se obtuvo una tendencia de coeficientes microbiológicos dentro de una valoración o rango bueno, esta tendencia no quiere decir que en el día a día no se obtengan valores que representen una actividad microbiana alta. Así mismo, se pudo identificar según la gráfica que del universo de muestras para CM la proporción de muestras que se ubicaron en el rango de alerta fueron mayores que las del rango malo y crítico. En estos datos de valoración es en los que hay que poner total atención, ya que se debe realizar un control o monitoreo que permita que no solo se puedan tomar medidas con base en los resultados diarios, sino que también se puedan realizar las disposiciones para el control paliativo, mediadas en el instante.

**GRÁFICA No. 41** PROPORCIÓN GENERAL PARA CM, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011



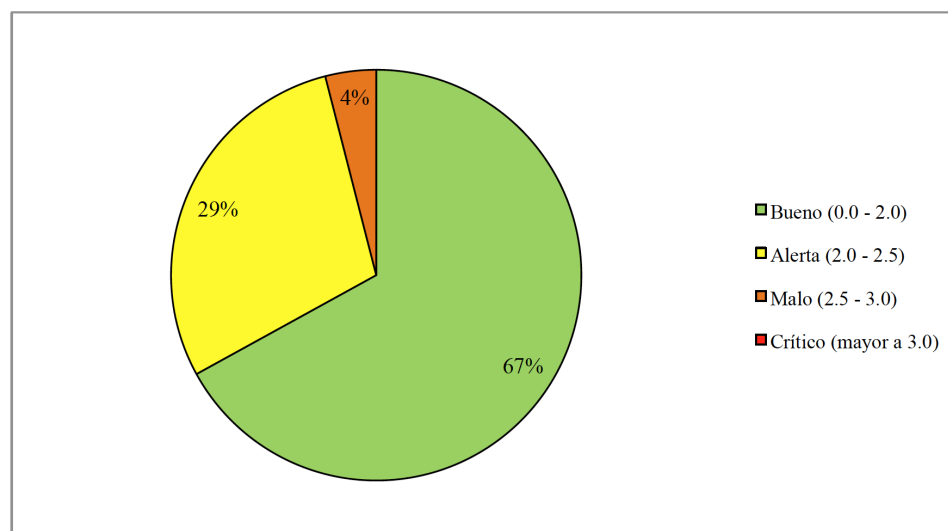
Para la categoría de CM bueno se obtuvo un 79% para el corte manual en verde y 76% para manual en quema. Mientras que para el corte mecanizado en verde se obtuvo un 75% y para el corte mecanizado en quema 67%. A partir de estos resultados se puede observar que el mayor porcentaje para la categoría lo posee el corte manual en verde, en la cual se posee la ventaja que el corte se realiza al ras del suelo, con lo que se incluye la parte inferior del tallo que es la parte más rica en sacarosa. Se realiza el corte en la parte superior para la eliminar la porción del tallo con menor contenido de sacarosa. Esta parte es en donde están ubicadas las hojas verdes y donde se da la floración de la caña. Esto tiene como beneficio la eliminación de materia extraña y su contacto directo con los extremos de la caña que son susceptibles a la infiltración de microorganismos. En cuanto a realizarse en verde tiene el beneficio de conservar las características de protección de la caña como sus ceras y un rudimentario sistema inmunológico.

**GRÁFICA No. 42** PROPORCIÓN DE CM PARA CORTE MANUAL EN VERDE, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011

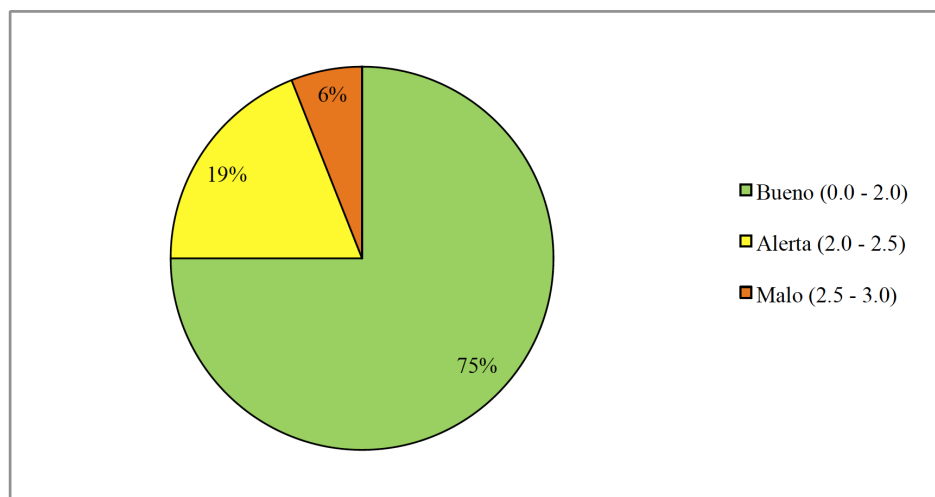


El corte mecanizado con quema obtuvo el menor porcentaje para la categoría de CM bueno, el resultado obtenido se debe a la mayor cantidad de materia extraña, la cosechadora realiza una reducción de tamaño de la caña por lo que el área de contacto de las áreas susceptibles con microorganismos aumenta. Las desventajas de realizar la quema de caña radican en el aumento de la velocidad de deterioro, al momento de ser cortada ya tiene un deterioro considerablemente mayor que la caña verde. A partir de estos resultados se pudo determinar que al combinar ambos factores se obtuvo el porcentaje mas alto para la actividad microbiológica.

**GRÁFICA No. 43** PROPORCIÓN DE CM PARA CORTE MECANIZADO CON QUEMA, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011

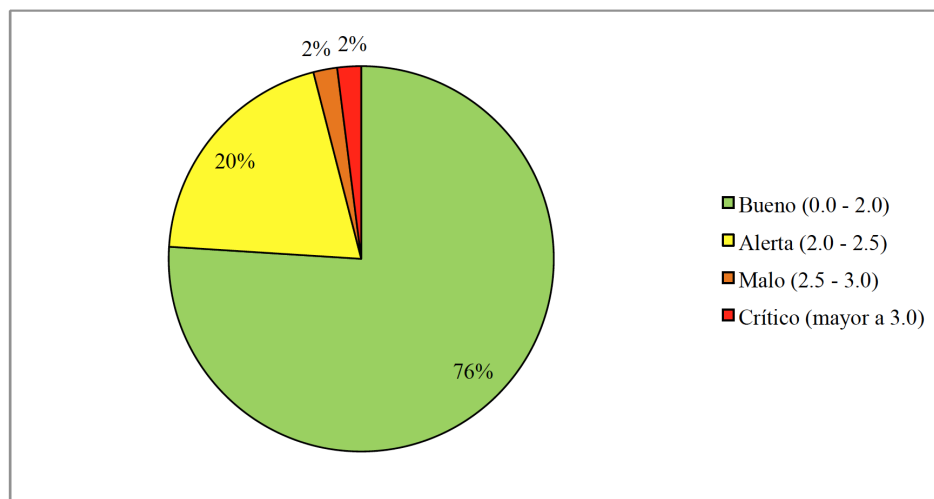


**GRÁFICA No. 44** PROPORCIÓN DE CM PARA CORTE MECANIZADO EN VERDE, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011



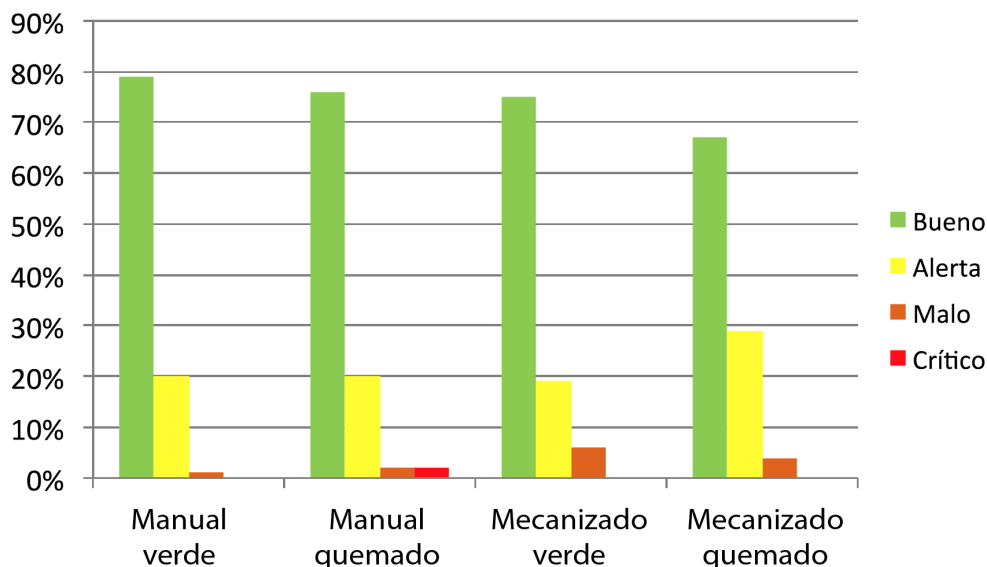
Para la categoría crítica se obtuvo un único resultado el cual fue para el corte manual con quema con 2%. A pesar que es un porcentaje bajo esto se pudo atribuir al deterioro que sufre la caña después de ser quemada y el tiempo que permanece en el campo. A lo largo del tiempo se pierden características importantes como son la humedad que aumenta los sólidos y un aumento de fibras lo cual dificulta posteriormente la extracción de sacarosa, así como la propagación de las bacterias. Las categorías de alerta y malo mostraron porcentajes altos para el tipo de corte mecanizado 29%, 6% para verde y quema respectivamente. En estas categorías no se tiene una diferencia marcada en los porcentajes para cada tipo, por lo que las muestras se comportan de manera similar.

**GRÁFICA No. 45** PROPORCIÓN DE CM PARA CORTE MANUAL CON QUEMA, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011



En general se puede decir que tal como se esperaba la cosecha mecanizada quemada fue la peor y la manual verde la mejor. Sin embargo, no se pudo distinguir entre los dos factores influyentes; corte mecanizado y quema, cual de los dos influye más intensamente ya que se obtuvieron resultados similares para la cosecha mecanizada verde y manual quemada.

**GRÁFICA No. 46** COMPARACIÓN TIPO DE CORTE, INGENIO PANTALEÓN PARA ZAFRA 2010-2011



Otros factores que aceleran la presencia microbiológica son elevadas temperaturas a la que es almacenada la caña lo cual propicia que los microorganismos tengan condiciones favorables para su reproducción, esto va acompañado del tiempo que yace en los campos, es recolectada y transportada al Ingenio. Debido a que se cuenta con diversas fincas ubicadas a los alrededores, algunas tienen distancias mayores que recorrer o las vías de acceso no son apropiadas para el transporte lo cual retrasa el tiempo en que llega a su destino final. Como un factor de referencia se establece que la caña no puede pasar más de 48 horas en el campo ya que presenta problemas notables para su posterior procesamiento. En las fincas que posee el Ingenio tienen diferentes variedades de caña y estas se adaptan a condiciones diferentes como tipo de suelo y disponibilidad de agua. Otro factor importante es la lluvia ya que la propagación de microorganismos se da mejor en medio líquido. En el campo el deterioro comienza con la disminución del pH del jugo, eso se debe a la formación de ácidos que producen los microorganismos, la bacteria que se encuentra comúnmente es el *Leuconostoc mesenteroides*. Existe una diversidad amplia que producen ácido láctico y ácido acético, estas viven a expensas de la sacarosa. Esto produce dextranas que son polímeros que rotan el plano de luz polarizada hacia la derecha, con un mayor poder que la sacarosa.

Para el monitoreo del control microbiológico de las fincas, se eligieron aquellas fincas que tuvieran o hubieran sido muestreadas más de dos veces, es decir que tuvieran una frecuencia de dos para arriba.

Se decidió establecer estos parámetros para que mostraran valores malos y críticos, sin embargo, esta selección no es del todo representativa ya que puede tener un gran sesgo al solo tener dos muestras por finca. Aproximadamente se obtuvieron 190 códigos de finca con estos requerimientos y hubo 34 fincas en la zafra pasada que presentaron valores entre los rangos alerta, malo y crítico, siendo estos valores a los que hay que ponerles atención. (ILUSTRACIÓN No. 26)

**ILUSTRACIÓN No. 26** POSICIONAMIENTO DE FINCAS PARA VALORES PROMEDIO DE CM

<b>5</b>	<b>177</b>	<b>530</b>	<b>686</b>	<b>713</b>
<b>19</b>	<b>181</b>	<b>594</b>	<b>713</b>	<b>106</b>
<b>111</b>	<b>182</b>	<b>651</b>	<b>717</b>	<b>123</b>
<b>122</b>	<b>323</b>	<b>656</b>	<b>741</b>	<b>165</b>
<b>132</b>	<b>398</b>	<b>661</b>	<b>846</b>	<b>308</b>
<b>137</b>	<b>504</b>	<b>662</b>	<b>4</b>	<b>594</b>
<b>155</b>	<b>513</b>	<b>674</b>	<b>395</b>	-----

Entre el aporte con el que se contribuyo para este trabajo, fue proponer otros aspectos u oportunidades de análisis para complementar el análisis del control microbiológico. Muchas de las oportunidades que se mencionan a continuación forman parte de las responsabilidades y obligaciones de investigación del área agrícola, por lo que es una propuesta que enriquecería el control microbiológico y que en base a estas relaciones se pueden tomar medidas para prevenir el aumento de actividad microbiana.

La variedad puede conducirnos a determinar las plagas y enfermedades a las que es susceptible, como también la zona geográfica y condiciones climáticas a las que es más resistente. Los organismos pueden adaptarse más a ciertas condiciones varietales, existe una relación entre las características de desarrollo de plagas y microorganismos, como por ejemplo la resistencia a los ataques por parte de dichos organismos en ciertas variedades.

Otro tipo de ambiente que propicia la presencia de hongos y microorganismos es cuando se desarrollan las mieles en condiciones de caña que ha sido quemada y cortada, en donde las poblaciones de estos patógenos aumentan con el transcurso de las horas por lo tanto la permanencia de la caña en el campo durante la cosecha es clave para la mayor o menor contaminación de la materia prima y actividad microbiana que se lleva a la fabrica.

A continuación se presentan las principales plagas y enfermedades que atacan la caña de azúcar en los ingenios azucareros de Guatemala.

El cultivo de la caña de azúcar es atacado por diversas especies de plagas, dentro de las cuales la chinche salivosa es quizás la más importante en Guatemala. El daño de esta plaga ocurre cuando adultos y ninfas succionan la sabia de la planta. Altas infestaciones, principalmente de adultos, pueden llegar a causar necrosis total de follaje y reducir la producción. Su control requiere la aplicación de medidas que incrementan considerablemente los costos. En general, no sólo la variedad es la culpable de propiciar un ambiente para la reproducción de microorganismos, condiciones como la zona geográfica o bien la temperatura que existe en dicha zona son factores que influyen en la aparición de dichos organismos lo que deriva en daños en la caña. Se conoce que existen ciertas variedades que por sus características de resistencia se adaptan mejor en ciertas zonas altitudinales o geográficas. La región de la costa sur es donde se encuentra concentrada la mayor parte de cultivo de caña de azúcar en Guatemala, a pesar que en el último año se estableció un ingenio en la el departamento de Izabal, en el valle del Polochic. Sin embargo, la zona de la costa sur posee diversos accidentes geográficos entre ellos volcanes, montañas y ríos que contribuyen a determinar las características de los suelos. Es por ello que se tiene una diversidad en los tipos de suelos, existen suelos arenosos o poco arenosos, con bajos y altos niveles de retención de agua, con fertilidad, secos etc. La importancia de tener buenos suelos, es para tener un mejor crecimiento del cultivo de caña, de igual forma se puede definir en base al tipo de suelo la variedad que mejor se adapta al mismo.

**TABLA No. 11 TIPO DE SUELO EN EL ÁREA DE GUATEMALA**

No.	Descripción de suelos
1	Molisoles profundos de alta fertilidad
2	Andisoles profundo bien drenados con erosión ligera
3	Molisoles seos
4	Inseptisoles moderadamente profundos
5	Inceptisoles de textura arcillosa
6	Andisoles moderadamente profundos con relieve inclinado
7	Integrados verticos
8	Andisoles superficiales
9	Molisoles presencia moderada de sales
10	Entisoles con baja retención de agua
11	Alfisoles verticos
12	Inseptiles y Entisoles (lomerío)
13	Suelos ácidos llanos de la Costa Sur
14	Vertisoles pesados

**3. Propuesta de rediseño del lazo operativo entre el laboratorio de caña, báscula, sanitización de tándem de molinos y el área agrícola.** Para el establecimiento de las disposiciones necesarias con base en los resultados del análisis sistemático de caña se procedió a realizar una propuesta para implementar en la Zafra 2011-2012, sobre el control microbiológico puntual para establecer los lazo operativos con diferentes áreas que se complementan en la operación. Asimismo se formalizó la determinación de tiempos desde la recepción de caña hasta el proceso de preparación de la caña para compararlo con los virajes del test de Rezasurina, de esta manera poder tomar las medidas necesarias con las área involucradas.

**a. Uso de resultados del análisis sistemático de caña.** La toma de decisiones generalmente se describe como la elección entre alternativas, no obstante la toma de decisiones representa un proceso, no es un simple acto de elegir entre alternativas; toda decisión inicia con un problema, una discrepancia entre una condición existente y una deseada.

La condición existente que pudiera generar un problema que limita el rendimiento de azúcar, es que en ciertas fincas de la empresa Pantaleón se tienen resultados de alta actividad microbiana, según los rangos de valoración de CM malo, crítico y muy crítico. La condición deseada serían campos con baja o cero actividad microbiana, pero se sabe que eso representa una condición imposible de cumplir, siempre existen generadores de actividad microbiana en todo el proceso desde que se quema la caña hasta que se transporta al ingenio.

Básicamente, con los resultados que se obtienen del sistema base de datos se facilita el monitoreo y los análisis respecto al control microbiológico. La finalidad de esto es poder utilizar los resultados para la toma de decisiones estratégicas, administrativas y las decisiones puntuales que surgen en el día a día.

**1) Decisiones estratégicas (análisis de resultados periódicos).** Haciendo uso de las herramientas disponibles, las decisiones estratégicas permiten determinar las medidas que se deben efectuar para alinear a la organización con el cumplimiento de sus objetivos. La toma de decisiones estratégicas involucra el análisis de información en periodos largos de tiempo. El sistema de base de datos propuesto presenta una ventaja ya que puede almacenar una gran cantidad de información e incluso clasificarla por Zafras, siempre y cuando el monitoreo sea confiable. Una vez se ha generado información, esta se puede revisar periódicamente, el análisis de resultados podrá permitir tomar medidas estratégicas que afecten positivamente los problemas que resulten con respecto a las fincas con mayor actividad microbiana durante la zafra, de la misma manera que ayuda a tener una mejor planificación de cosecha y sus operaciones relacionadas.

Por ejemplo, si se clasifican las fincas según sus rangos de actividad microbiana, para el siguiente año se pueden tomar medidas preventivas con las fincas que presenten niveles que puedan provocar pérdidas de azúcar durante el proceso industrial consiguiendo de esta forma bajar los niveles de actividad microbiana antes de la cosecha. Así mismo, se pueden asociar diversas fuentes de propagación de actividad microbiana o bien otros factores causantes de dicho problema, lo cual facilitaría analizar la

mejor forma de paralizar esos focos de contaminación, es decir, si se descubre que por condiciones varietales el lote está generando una alta actividad microbiana, después de la cosecha y para los siguientes años se podría evaluar el cambio a una variedad más resistente.

Siempre es conveniente que después de haber implementado las medidas para aminorar el problema, se evalúen si las disposiciones implementadas lograron los objetivos estratégicos involucrados en la planificación.

**2) Decisiones administrativas diarias.** Esta toma de decisiones involucran la planeación, organización, dirección y control de información que se tiene día con día. Representa un tipo de control correctivo. Esta forma de monitoreo diario, sugiere en base a las tendencias o resultados que se tengan en el día a día, que se tomen las disposiciones necesarias con las áreas involucradas. Si el coeficiente microbiológico se reportará junto con el resto de los análisis de caña, se podrían tomar decisiones considerando los análisis de laboratorio junto con el test de Rezasurina.

Por ejemplo, si al revisar los resultados habituales de laboratorio y los resultados del coeficiente microbiano al día siguiente de que se tomaron las muestras, se puede determinar si en ese frente de cosecha existe aún un saldo de caña en el campo, de esta manera se pueden tener comunicación con el área agrícola (CAT) para tomar las medidas en el Corte-Alce-Transporte que permitan llevar esa caña al ingenio en el menor tiempo posible, así mismo crear un vínculo con el supervisor del área de patio para que no envíe la unidad de caña al área de descarga de patio, si no que la dirija a las mesas receptoras.

El monitoreo diario sirve para tomar disposiciones administrativas ya que se debe hacer el mejor uso de los recursos a los que se tiene acceso, tanto los resultados de las pruebas que se realizan para medir el Brix, Pol, Pureza y el trash, como los resultados de las pruebas de Rezasurina. Unificando las tendencias de todas las pruebas anteriores se pueden tomar de manera más certera las decisiones administrativas que mas convengan a los intereses de la empresa.

**3) Control operativo puntual.** La función principal del control operativo puntual es la de mitigar o disminuir los efectos negativos de la actividad microbiana, es decir, este tipo de control posee una cualidad paliativa. Utilizando el control microbiano se detectan muestras con rangos de valoración ente malo, crítico o muy crítico, al tener muestras con esos valores se debería de tomar medidas para reducir el efecto de dicha actividad microbiana.

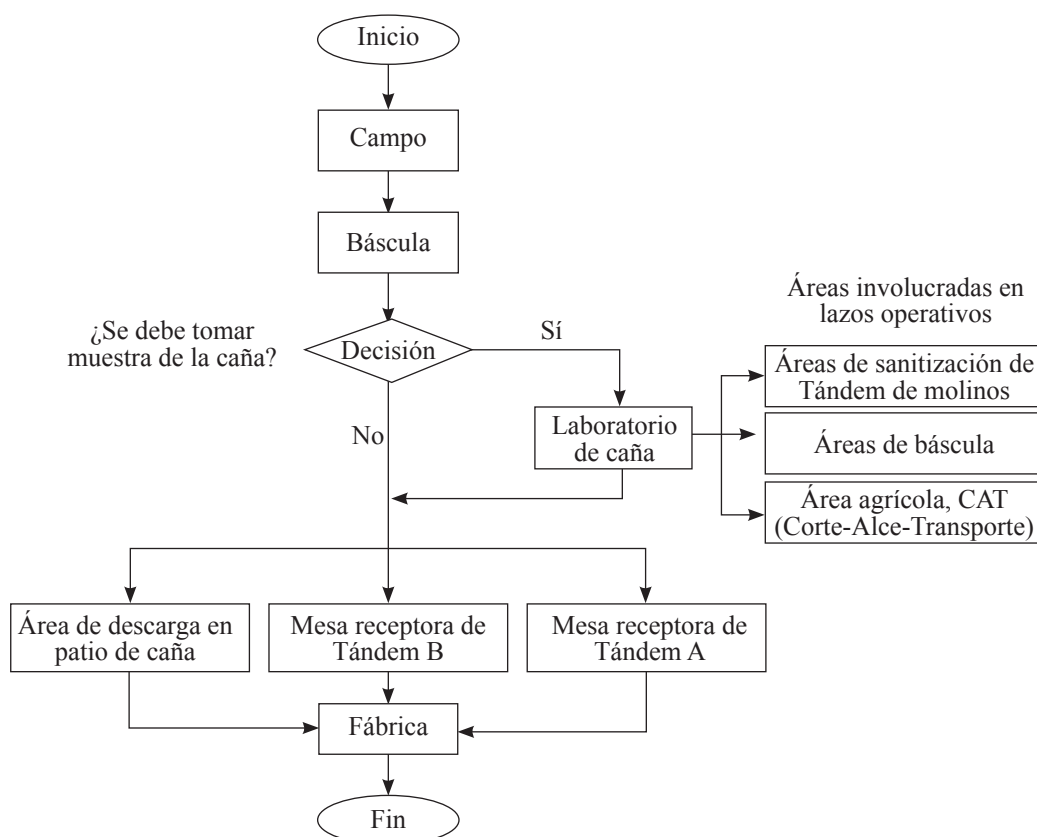
Es por ello que el control operativo puntual considera realizar lazos operativos con las áreas involucradas en la operación, estableciendo las relaciones entre el laboratorio de caña, el área agrícola (CAT), báscula y el área de sanitización de tándem de molinos. La finalidad de esto es poder agilizar desde el campo la salida del camión, la llegada al área de preparación de caña en fábrica y posteriormente la sanitización en tándem de molinos del lote de caña que posee alta actividad microbiana. El control operativo puntual se describen a continuación.

**b. Propuesta del procedimiento estándar para establecer los lazos operativos para el control microbiológico.** En zafra y trabajos anteriores en el ingenio Pantaleón, el método de sanitización del área de tándem de molinos consistía en la aplicación del bactericida de forma permanente y volumen fijo. Con el método actual de sanitización, se redujo la cantidad de bactericida que se aplica utilizando el test de rezasurina, ya que solo se emplea cuando lo requiere el sistema a una relación de 500 ppm (partes por millón). Con los resultados de la implementación de la prueba de rezasurina, se establecieron las disposiciones necesarias para optimizar el uso de bactericida en área de molida.

El procedimiento que se va a desarrollar pretende utilizar los resultados de dicha implementación para prevenir y corregir la propagación de la actividad microbiana. Establece las relaciones entre el laboratorio de caña, el área agrícola (CAT), báscula y el área de sanitización de tándem de molinos, estas relaciones determinaran los lazos operativos.

Se describe en el procedimiento estándar las operaciones que inician cuando el camión de caña llega de campo hacia báscula, seguido de las prácticas que se realizan en el laboratorio de caña para obtener el resultado del análisis sistemático de caña a través de la prueba de rezasurina, para posteriormente dar inicio a los lazos operativos con las áreas involucradas. Como ayuda gráfica se realizó un diagrama de flujo (ver ANEXOS e ILUSTRACIÓN No. 27) que detalla las operaciones descritas a continuación.

**ILUSTRACIÓN No. 27** DIAGRAMA DE FLUJO DEL RECORRIDO QUE SUFRE LA CAÑA



**1) Campo.** La programación de la planificación de cosecha inicia en el área agrícola, en donde se define la planificación de las fechas en que se tiene contemplado ir realizando las operaciones de CAT (corte,alce y transporte) en fincas determinadas. Dicha planificación depende del muestreo de pre-cosecha que da indicios de la madurez de la caña, así como también de los datos de referencia de zafras pasadas. Dicho muestreo se realiza en la 5ta y 7ma semana, en aquellos bloques de cosecha en los que la aplicación de madurantes se realizó 8 semanas antes de la cosecha. En campos en los que no se ha aplicado madurante para aumentar el contenido de azúcar de la caña, la referencia para cosechar es la edad después del ultimo corte (zafra pasada). Con base en la planificación se deciden las fincas que se van a cosechar, el supervisor de corte extiende una orden de corte, ésta recoge información de finca, lote, frente de cosecha, el tipo de corte que se va a realizar ya sea en el sistema manual o mecanizado en verde o quemado(si fuese quemado,se agrega datos referentes a la hora y fecha de quema). Posteriormente, en el área agrícola (CAT) se ingresa la información la orden de corte al sistema interno de información del Ingenio Pantaleón. A cada orden de corte emitida se le asigna un número correlativo, código con el cual se podrá ingresar al sistema para obtener información sobre los datos de la caña a lo largo de todo el proceso, de esta manera, se facilita la trazabilidad y registro posterior de información dentro del sistema.

El área agrícola (CAT) le informa los números correlativos de las ordenes de corte a cada jefe de frente, para que puedan en su momento realizar las boletas de envío. Los frentes de cosecha se dependiendo del sistema de corte trasladan su maquinaria y equipo para poder realizar la operación. La cosecha inicia con el corte del lote designado, si el corte es manual se realiza por medio de los cortadores de caña que en promedio tienen una capacidad de corte de 5-7 toneladas por hombre en un día, si el corte es mecanizado se utilizan cosechadoras mecánicas que poseen una capacidad de corte de 26-28 toneladas por hora. Después de haber realizado la operación de corte, inicia la operación de alce en los equipos de transporte que están vacíos. Al finalizar el alce, los jefes de frente o supervisores emiten con un aparato llamado Hand Held una boleta de envío, la cual contiene información de frente, finca, lote, ordenes de quema (fecha y hora) información de la maquinaria de corte en el caso de sistema mecanizado o bien de los operadores en el caso de corte manual, así como también información referente a los operarios y apuntadores que intervienen en la operación. El aparato de Hand Held, facilita la impresión de las boletas de envío, ya que tienen un sistema amigable con el usuario lo que agiliza el registro de información, además el mismo aparato emite un código de barras que puede ser identificado por el sistema para meterlo automáticamente en el sistema interno de información de Ingenio Pantaleón. Por último en el proceso de campo, el camión que está cargado con caña y que posee una boleta de envío se dirige hacia el ingenio para su ingreso en báscula.

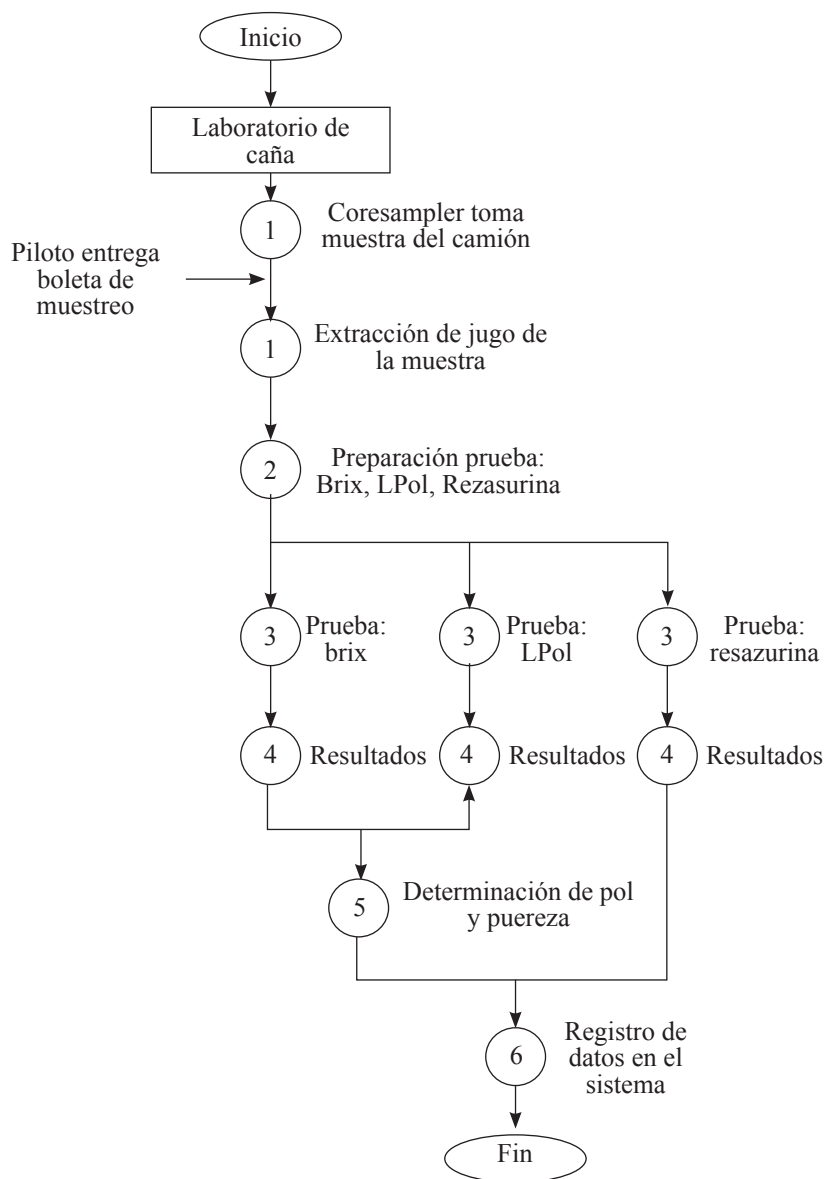
**2) Báscula.** El proceso inicia con el registro de información general de la caña. La caña es trasladada del campo hacia la fábrica en jaulas cañeras remolcadas por cabezales. Dependiendo de las disposiciones del departamento de transporte, los camiones pueden halar de una a cuatro jaulas cañeras, con una capacidad por jaula de 25 toneladas. Los camiones provenientes del campo, se estacionan en la báscula, para poder realizar la estimación del peso contenido en las jaulas cañeras, esto se hace con la finalidad de llevar un registro y porque en base al peso contenido en las jaulas cañeras se le paga a los proveedores de caña. El piloto del camión le entrega a báscula la boleta que se extendió en campo,

báscula por su parte verifica que la información del envío coincida con la información de la orden de corte que previamente había sido ingresada al sistema interno de información por el área agrícola (CAT). Posteriormente, el personal de ésta área procede a realizar el ingreso de los datos referentes al peso del camión, así como también los datos de la boleta de envío. A medida que se vayan ingresando los datos de los camiones del mismo frente, se irá actualizando los datos de dichas boletas de envío con los datos de la orden de corte, de esta manera el sistema puede dar información sobre la cuota que hace falta por cortar de ese frente de cosecha.

Otra de las funciones de báscula es emitir las ordenes de muestreo. Con base en los datos de las boletas de envío de los camiones que van ingresando a báscula, un algoritmo en el sistema va designando aleatoriamente la frecuencia con la que se deben tomar muestras por frente de cosecha según la contribución de caña que realice dicho frente. Sí a un camión se le designa el paso a laboratorio de caña para la toma de muestras, báscula extiende una boleta de muestreo, que contiene el número correlativo o código de barras, datos del peso de las jaulas cañeras y el número de muestras que se han tomado anteriormente de ese mismo lote. Es así como báscula le indica al piloto del camión si debe pasar o no, al laboratorio de caña para muestrear el contenido que transporta.

## 3) Laboratorio de caña

ILUSTRACIÓN No. 28 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LAS ACTIVIDADES QUE RELIZAN EN LABORATORIO DE CAÑA



El proceso de esta área inicia con la toma de la muestra por medio del coresampler cuando los operarios toman la muestra que se obtuvo de coresampler o incluso la caña que proviene de muestras de pre-cosecha o pre-quema y deben por medio de una picadora cortar la caña hasta obtener la fibra de caña.

**ILUSTRACIÓN No. 29 OPERARIO DE CORE-SAMPLER PREPARANDO CAÑA PARA CORTARLA EN PICADORA**



Seguidamente, el piloto del camión le entrega al operario de laboratorio la boleta de muestreo que se le extendió en báscula. Las muestras de caña se almacenan en bolsas en el laboratorio de caña para seguir con su proceso.

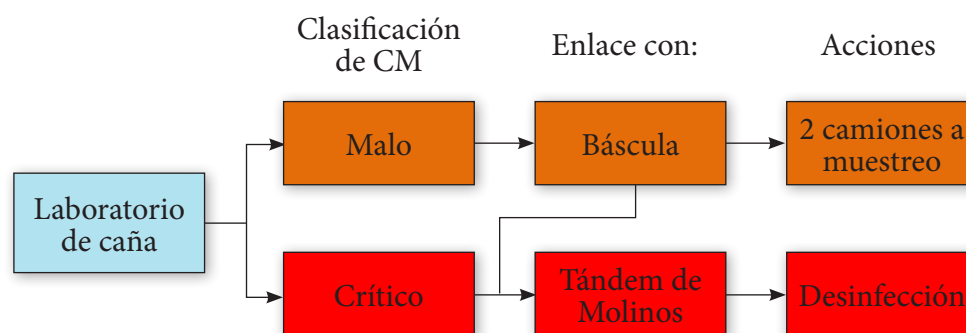
En este punto, el camión que fue muestreado, debe seguir su camino hacia el patio de caña. Es en el patio de caña que el supervisor de patio le indica al piloto del camión si debe dirigirse hacia la mesa receptora del tándem A o del tándem B o bien si debe descargar la caña en patio; la descarga en patio se realiza para tener un flujo continuo en fábrica y que ésta no pare por falta de caña, es por ello que se designa tener un stock de caña de reserva de entre 100 y 150 toneladas que cubre un período de tiempo de 10 a 15 minutos para el momento en que no haya ningún ingreso de caña al ingenio. La etapa desde la recepción en el laboratorio de caña hasta que la unidad de transporte llega a las mesas receptoras, representa un retraso para el proceso ya que la cola puede variar de 0 a 40 minutos para que se procese la caña, sin embargo el tiempo medio de espera es de 21.5 minutos (ver ANEXOS). Paralelamente a la secuencia del camión, se inicia el trabajo en el área de laboratorio de caña con los análisis ya establecidos (Brix, Pol, Pureza, etc) y adicionalmente el test de la resazurina si se implanta el monitoreo y control propuesto.

Las muestras de caña que habían sido almacenadas en el laboratorio, se vierten en recipientes para facilitar el manejo en el proceso, de la misma manera, se verifica que las boletas no se separen de la muestra a lo largo de todo el proceso, hasta la alimentación de los resultados de las pruebas en el sistema interno de información del Ingenio Pantaleón y en la base de datos diseñada en el trabajo actual para el monitoreo de control microbiológico (Woc, 2011).

La propuesta de este trabajo es que cuando el CM no se encuentre en estos intervalos, es decir su valoración sea de buena o alerta, no se toma ninguna medida y los muestreos siguen siendo realizados aleatoriamente. Sin embargo, cuando la actividad microbiana resulta estar en uno de estos rangos se procede a implementar las siguientes disposiciones.

4) **Primer lazo operativo.** Después de haber interpretado el resultado de coeficiente microbiológico se determinará si la muestra es representativa para todo el lote de caña, de esta manera, se podrán tomar acciones correctivas para disminuir dicha actividad microbiana. El primer lazo operativo contempla las operaciones del laboratorio de caña con el área de sanitización en el tándem de molino y posteriormente con el área de báscula. Si la clasificación de actividad microbiana resulta con una valoración de malo únicamente se realiza el enlace con báscula, no obstante, si la valoración resulta en un rango de crítico para arriba, se deben realizar ambos enlaces con asepsia en tándem de molinos y con báscula. (ILUSTRACIÓN No. 30)

**ILUSTRACIÓN No. 30** DIAGRAMA DEL FLUJO DE PRIMER LAZO OPERATIVO



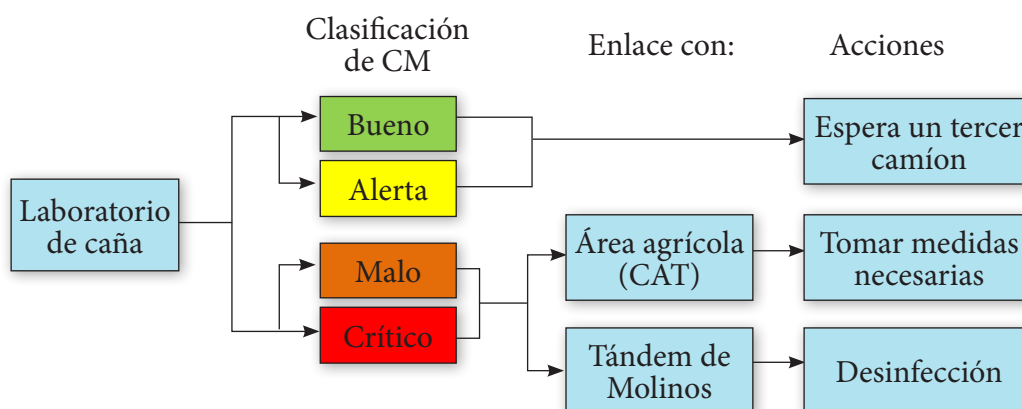
a) **Laboratorio de caña-área de sanitización de tándem de molinos.** Debido a que los resultados de la muestra no fueron favorables para el proceso de obtención de azúcar, deben de tomarse medidas inmediatas en la etapa de extracción de jugo en el tándem de molinos. Los operarios de laboratorio de caña, deben llamar a los operarios encargados de la sanitización en tándem de molinos para tomar las medidas necesarias según el intervalo de coeficiente microbiológico que posea el lote de caña. Para el momento en que se toman las medidas de limpieza de molinos, la caña del lote al cual se le tomó la muestra quizá ya haya completado el proceso de extracción de jugos, no obstante, se realiza una limpieza para la desinfección de remanentes de actividad microbiana en ésta área, para no propiciar la propagación microbiana hacia los demás procesos.

b) **Laboratorio de caña-báscula.** El laboratorio de caña seguidamente, debe de comunicarse con los operarios en báscula, para pedir que se tomen dos muestras más a los camiones que provengan del mismo lote y frente de cosecha que la primera muestra. De esta manera, se determina si la primera muestra que se tomó, es representativa de la actividad microbiana que existe en el lote. Adicionalmente, esta información servirá para tomar las disposiciones necesarias en los lazos operativos siguientes. Después de haber definido las operaciones necesarias por parte de báscula, se debe esperar el resultado de las otras dos muestras, para realizar las prácticas necesarias con ésta área.

5) **Segundo lazo operativo.** A continuación el segundo camión que proviene del mismo lote de donde se sacó la primera muestra debe seguir el proceso de pesado en báscula, en dónde le indicarán que debe pasar al laboratorio de caña para ser muestreado. Después de haber realizado las

operaciones que se llevan a cabo en ésta área con la muestra de caña, se obtienen los resultados de todas las pruebas. La importancia de la prueba de rezasurina radica en que es un ensayo que puede dar resultados relativamente en un margen de tiempo corto. El operario después de haber obtenido el intervalo en que se encuentra la actividad microbiana para la muestra, debe cuestionarse al igual que para el primer lazo si el coeficiente microbiológico está entre los rangos de alerta, malo, crítico o muy crítico. De no estar en ninguna de estas valoraciones, el camión prosigue hacia su destino final y el laboratorio de caña queda a la espera de un tercer camión del mismo lote para poder efectuar el muestreo correspondiente. Si está entre los rangos mencionados, se debe iniciar el segundo lazo operativo que contempla comunicación por parte del laboratorio de caña con el área de sanitización del tándem de molinos y el área agrícola encargada de la cosecha que contempla el sistema CAT (corte, alce, transporte).

**ILUSTRACIÓN No. 31** DIAGRAMA DEL FLUJO DE SEGUNDO LAZO OPERATIVO



**a) Laboratorio de caña-área de sanitización de tándem de molinos.** Al igual que en el primer lazo, el operario del laboratorio de caña debe indicarle al encargado del área de asepsia, el rango en el que se encuentra el coeficiente microbiológico para dicha muestra, según la valoración de actividad microbiana. El operario encargado de la limpieza en molinos, toma las medidas necesarias de desinfección en proporción a dicho rango, con el fin de eliminar los remanentes de actividad microbiana.

**b) Laboratorio de caña-área agrícola (CAT).** Actualmente, el laboratorio de caña en tiempo de zafra, no posee ninguna relación con el área agrícola. Se conoce que los resultados de las pruebas de brix, pol y pureza son indicadores que le permiten al área de cosecha, realizar estimaciones en cuanto al contenido de azúcar que puede haber en un lote determinado. Sin embargo, cada departamento trabaja independientemente, sin que la acción de uno intervenga en la del otro; no obstante, la realidad es que los malos resultados que se obtienen en el laboratorio de caña son provocados por el CAT del área agrícola y tiene repercusiones en el rendimiento de azúcar de la fábrica del ingenio.

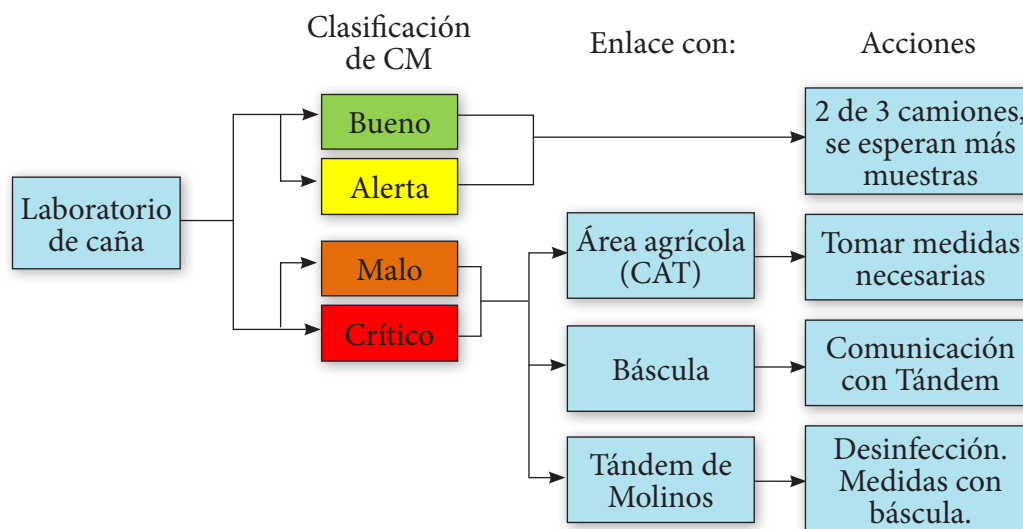
La implementación de la prueba de rezasurina, contempla dar resultados en un tiempo corto para poder tener acciones correctivas o dependiendo de diversas variables poder tomar acciones preventivas. Para la propuesta de estos lazos, se consideró que parte de la acción que debe realizar el laboratorio de

caña es retroalimentar de forma directa al CAT. A su vez, esto con lleva a tener un sistema de integración entre las áreas involucradas. Es por ello, que para el segundo lazo, se inicia la relación de comunicación con el área de agrícola (CAT).

El operario de laboratorio de caña, se comunica con el área agrícola(CAT), le indica el número de frente y el lote del cual proviene la muestra, posteriormente el área agrícola(CAT) comunica directamente al frente de cosecha los resultados de la actividad microbiana que está desarrollando en el lote que se está alzando y/o transportando. La finalidad de este enlace, es poder tomar medidas correctivas inmediatas, ya que al tener dos muestras del mismo lote con un coeficiente microbiológico en rangos malos, se dispone realizar un alce de manera más rápida que desencadena en una logística de transporte más rápido, para reducir el tiempo de permanencia de la caña en el campo o en el camino hacia la fábrica.

**6) Tercer lazo operativo.** Después de haber realizado dos muestras, de las cuales las dos o en su caso solo una, ha dado como resultado una alta actividad microbiana, se hace necesario un tercer enlace con todas las áreas involucradas para poder evaluar una última muestra, que termine de revelar el aparente mal estado de la caña, para tomar las disposiciones requeridas. Según la clasificación de coeficiente microbiológico si está entre los rangos de bueno o alerta, y se ha tenido 2 de 3 muestras en este rango no se toma ningún práctica, únicamente se espera ha que se realicen más muestreos aleatoriamente. En caso la clasificación dé que la actividad microbiana está entre los rangos de malo, crítico o muy crítico se deben iniciar el tercer lazo operativo involucra al área de sanitización de tándem de molinos, área de báscula y el área agrícola.

**ILUSTRACIÓN No. 32** DIAGRAMA DE FLUJO DE TERCER LAZO OPERATIVO



**a) Laboratorio de caña-área de sanitización de tándem de molinos.** Se inicia el lazo operativo cuando el operario de laboratorio de caña se comunica al área de sanitización de tándem de molinos para que tomen las medidas necesarias referentes a la desinfección de tándem de molinos. Así mismo, se le hace saber al operario del área de sanitización de tándem de molinos que para toda la caña que provenga del mismo frente de cosecha que ha presentado actividad microbiana, se hace necesario el control operativo microbiológico en tándem de molinos y la comunicación con báscula para tomar las medidas de desinfección necesarias cada vez que ingrese a báscula un camión con la misma procedencia del frente de cosecha.

**b) Laboratorio de caña-báscula.** Este enlace es para que báscula mantenga una comunicación constante con el área de sanitización de tándem de molinos, ya que el lote que se muestreó tres veces ha presentado resultados de una alta actividad microbiana en las muestras. Esto sugiere que cada camión que posea la misma procedencia de la caña, debe de ser tratada según las disposiciones requeridas en el área de desinfección. De esta manera, el laboratorio de caña le facilita el número de correlativo a báscula, para que verifiquen al momento que los demás camiones lleguen al área, si tienen la misma procedencia de la caña que se ha muestreado. Cuando han identificado el ingreso a báscula de estas unidades de transporte, ésta debe iniciar comunicación con el área de sanitización de tándem de molinos, para notificarle el ingreso de este tipo de unidades para que se tomen las medidas de desinfección necesarias para la eliminación de remanentes de actividad microbiana. Este último enlace debe efectuarse porque para este momento se conoce la presencia de actividad microbiana en la caña de todo este lote. Las disposiciones para la caña de este lote, se toman conjuntamente entre las áreas sanitización de tándem de molinos y báscula.

**c) Laboratorio de caña-área agrícola (CAT).** Como último lazo con el área de CAT, laboratorio de caña debe comunicarle el estado en el que se encuentra el lote de caña, para que puedan tomar las medidas necesarias para no prologar la permanencia de la caña de ese lote en el campo. El operario le proporciona al área agrícola los datos de finca, lote y frente de cosecha, de la muestra de caña que presenta actividad microbiana. El área agrícola de inmediato se lo hace saber al frente de cosecha involucrado, para que de esta manera puedan tomarse medidas correctivas y preventivas.

Como medidas correctivas, se propone una operación de corte, alce y transporte en el menor tiempo posible para este lote. Esto representa que el área agrícola planifique las operaciones de los demás frentes y que le asigne más personal de corte, más operarios y unidades de alce y principalmente más unidades de transporte al frente afectado. Como en toda operación hay que definir prioridades, al decir asignar más operarios y unidades de CAT, se sobre entiende que esto con lleva una planificación, de tal forma que, no se ponga en riesgo la efectividad de los otros frentes de cosecha.

Como medidas preventivas, el área agrícola debería muestrear los lotes cercanos al lote que presento alta actividad microbiana. Generalmente los factores que pudieron afectar a un lote, pueden afectar al otro. En cuanto a la planificación de corte, cuando se corta termina de cortar el lote afectado, generalmente, se procede a cortar los lotes cercanos. Es por ello, que si al muestrear estos lotes aledaños, se encuentra que

está infectado se deben seguir el procedimiento estándar para iniciar los lazos operativos. De la misma manera se debe planificar que las operaciones de corte, alce y transporte sean efectivas, es decir, en el menor tiempo posible para evitar la permanencia de esta caña en el campo.

**d) Consideraciones para el tercer lazo operativo.** Como medida para que no se propaguen aún más los microorganismos en esta última muestra, es conveniente que ésta caña no se descargue en patio, por lo que laboratorio de caña debe indicarle directamente a todas estas unidades que deben dirigirse directamente a las mesas receptoras o bien comunicarse por radio con el supervisor de patio para indicarle que envíe el camión directamente a cualquiera de las mesas receptoras, pero que no se puede enviar al área de descarga.

**b. Determinación de tiempos desde la toma de muestra hasta el volteo de la caña en las mesas receptoras, para el análisis sistemático de control microbiológico.** En trabajos anteriores, el proceso de recepción-preparación de caña contempla toda actividad desde la recepción de la caña en el laboratorio de caña hasta que esta llega a la entrada del tándem de molienda. En el cual Tejeda (2010), efectuó la toma de tiempos durante los últimos meses de la zafra 2009-2010, para determinar el tiempo promedio que le toma a la caña llegar hasta la entrada del tándem de molinos. Solamente se consideró la caña que era muestreada en el laboratorio.

Al realizar el estudio de tiempo en dicha zafra, se obtuvo una gran cantidad de datos atípicos, como resultado de averías y mantenimientos en el patio de caña. Estos causaban el cierre del tándem involucrado, lo cual obligaba a todas las unidades con caña a entrar por un solo tándem. Esto generaba grandes colas de camiones en el patio, lo cual aumentaba el tiempo del proceso de recepción-preparación de caña.

Debido a que la gran mayoría de muestreos estaban plagados de datos atípicos, se utilizaron las corridas más uniformes para el cálculo del tiempo promedio de espera entre el laboratorio de caña y la entrada a tándem de molinos. Luego de calcular el tiempo estándar, se determinó que éste era de 25:07 minutos (Tejeda, 2010).

**TABLA No. 12 TIEMPO ESTÁNDAR DEL PROCESO DE RECEPCION-PREPARACIÓN DE CAÑA (Tejeda, 2010)**

Tiempos (Horas)	
	0:23:59
	0:19:06
	0:22:44
	0:25:07
	0:31:44
	0:39:22
	0:21:32
	0:18:16
Total	3:21:50
Número de observaciones	9
Promedio	0:22:26
Tolerancia	12%
Tiempo estándar (Horas)	<b>0:25:07</b>

Para el trabajo actual, las mediciones de tiempo se llevaron a cabo en el mes de marzo de la zafra que comprende el período del 2010-2011, siendo el objeto de estudio la caña de los lotes que eran muestreados habitualmente por parte del laboratorio de caña, logrando realizar 38 mediciones de tiempo.

La toma de tiempo iniciaba desde que la sonda del coresampler terminaba de tomar la muestra del camión, hasta que la unidad de transporte llegaba a la mesa receptora del tándem de molinos A y B. Así mismo, se tomaron las mediciones del tiempo de la descarga de caña de todas las jaulas cañeras que estuviera jalando la unidad de transporte.

Para esta zafra, a diferencia de la anterior, se tuvieron desperfectos mecánicos en el coresampler del recorrido del tándem A, por lo que se tienen más mediciones de tiempo del coresampler del recorrido del tándem B. En otras ocasiones, no se pudieron realizar las mediciones de tiempo debido a que la falta de abastecimiento de caña para la fábrica comprometía a las unidades de transporte a dirigirse directamente hacia las mesas receptoras de ambos tándems de molinos, sin pasar a laboratorio de caña para someterse al proceso de muestreo de la caña.

Luego de haber realizado la toma de tiempos, se obtuvo como resultado un tiempo medio de 21:16 minutos (ver ANEXOS). Así mismo, se determinó que el tiempo promedio de descarga por jaula cañera es de 2:02 minutos. Comparando el dato del tiempo promedio de la zafra 2010-2011 con el de la zafra 2009-2010, se obtiene una reducción de tiempo de 3:51 minutos. Esto no solo confirma que el tiempo medio está entre el rango de 20-25 minutos, sino que también se puede inferir que la toma de tiempo actual fue más exacta debido al número de mediciones que se tomaron.

En fases previas del trabajo (Lemus, 2008), se consideró que la prueba de la resazurina tenía una respuesta rápida, es por ello que se consideró realizar mediciones de tiempo medio del lazo que comprende desde la recepción de caña hasta su etapa de preparación, para evaluar si los resultados del test de resazurina se obtenían antes del tiempo medio y así poder tomar decisiones operativas. Sin embargo, el estudio de tiempos y el cálculo mostraba que esta prueba no era suficientemente rápida.

Tejeda (2010) hizo mediciones del tiempo de entrada de los camiones pero no hizo una consideración correcta del tiempo de análisis al reportar un tiempo fijo, y concluyó que la caña entra al proceso de extracción de jugos mucho antes de obtenerse los resultados de la prueba de la resazurina, recomendando explorar variables que redujeran el tiempo de obtención del resultado analítico, así como estudiar a fondo los primeros virajes de las muestras para crear un sistema que utilice el primer viraje de la muestra como un posible resultado del análisis (Tejeda, 2010).

Utilizando las recomendaciones descritas anteriormente para fines de evaluar el cambio temprano en el Test de la resazurina como indicador de mayor actividad microbiana en la etapa de implementación industrial, se realizaron los análisis de virajes detectados por los técnicos por parte de Barrera (2011) observando, a partir de la hipótesis de que existe una correlación entre el primer cambio observado o del cambio a rojo con el tiempo total de decoloración, varios errores.

Los errores a considerar fueron:

Falsos negativos: muestras que sean críticas no se detectan. Este error fue bajo (10 % o menos) y se puede considerar aceptable para las condiciones fabriles.

Falsos positivos: muestras con cambios observados en los primeros 45 minutos, no son críticas. Este error fue muy alto llegando al 50% en algunos de los segmentos estudiados.

En un trabajo anterior se pudo determinar experimentalmente que a los 30 minutos se podía predecir con bastante confianza cuando las muestras son malas o críticas (Campos, 2010). Sin embargo, como se describe, durante esta zafra los resultados de los operarios indicaron una proporción grande de error al diagnosticar muchos falsos positivos, por lo que es necesario que se trabaje en ese aspecto para que el lazo sea mas efectivo en la parte analítica.

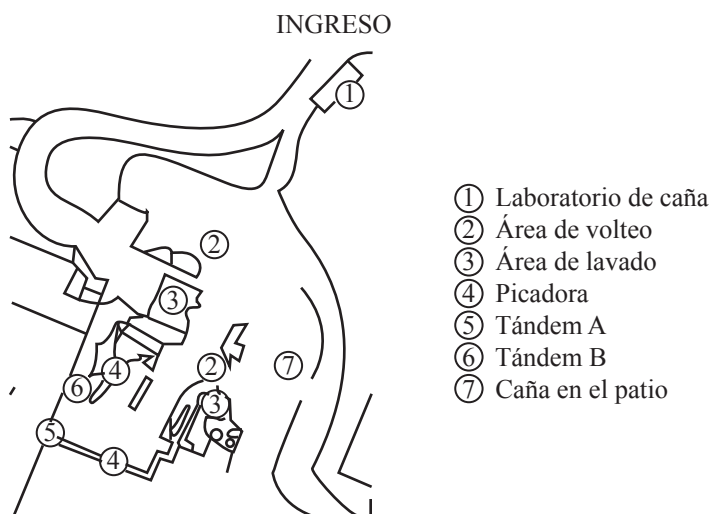
Se sabe que el lazo operativo se inicia únicamente cuando la muestra poseen un coeficiente microbiológico en el rango de valoración crítico, lo que representa un tiempo máximo de 1 hora 30 minutos para obtener el resultado final del test rezasurina. En las mediciones que se realizaron en este trabajo no se considera el tiempo desde el lavado de la caña hasta que aborda la etapa de extracción de jugos(donde se realiza la desinfección). Es por ello que se recomienda tomar en cuenta este tiempo en trabajos posteriores ya que esto le añade un mayor margen de tiempo al lazo operativo.

Y por otra parte, aunque el margen de tiempo medio no cubra el tiempo en el que se obtiene el resultado del test de rezasurina, se deben establecer las disposiciones de desinfección, ya que a pesar de que el tiempo de residencia en la etapa de extracción de jugos no es tan alto, los microorganismos se quedan adheridos a las partículas del tándem por lo que pueden quedar remanentes de la actividad microbiana, por lo que aún siendo susceptible de mejorarse el lazo es aplicable aún con las deficiencias en la parte analítica ya analizadas.

#### **4. Evaluación preliminar de pérdidas en el patio y establecimiento de la logística para el control sistemático de la caña en esta área**

**a. Estudio del manejo de caña.** El proceso de almacenamiento de caña en el patio contempla toda la actividad desde su ingreso al ingenio hasta la descarga en el área de volteo. Para la mejor apreciación del proceso, se realizó un diagrama de operación, para conocer la secuencia continua de todas las actividades. Toda la caña que ingresa al ingenio sigue una vía que luego se divide en tres rutas: ruta al tándem A, ruta al tándem B, y ruta al área de caña de patio. (ILUSTRACIÓN No. 38) Una vez que se pesa el contenido de caña de los cabezales y reciben instrucciones de báscula, se dirigen directo al laboratorio de caña (si le es requerido un muestreo) y luego toman una ruta específica.

### ILUSTRACIÓN No. 33 RUTAS DEL INGENIO PANTALEÓN



Fuente. Tejada, 2010

Tanto el tándem A como el tándem B tienen capacidad instalada para recibir caña, ya sea mecanizada o manual. En la zafra anterior, el tándem A recibía toda la caña mecanizada sin tener que pasar por el proceso de lavado, mientras que al tándem B ingresaba únicamente caña de corte manual; la introducción de caña manual al tándem A conllevaba el riesgo de atorar el flujo debido al largo de los tallos y ocasionar un paro en el proceso.

Tanto la caña que ingresa por la ruta al tándem A como la ruta al tándem B se incorpora inmediatamente al proceso de extracción de jugos; los camiones trasladan las jaulas al área de volteo donde se proceden a voltear las mismas a través de un sistema de grúa de hilos que la engancha y luego la descarga en las mesas receptoras. No obstante, la caña que sigue la ruta al área de caña de patio pasa por el mismo procedimiento pero cae en una rampa, ILUSTRACIÓN No. 38, y queda reposando en la intemperie del área hasta cuando le es requerida.

### ILUSTRACIÓN No. 34 RAMPA



La función principal de la caña almacenada en el patio es la de mantener un flujo continuo en los conductores, los cuales llevan la caña a los molinos para el proceso de extracción de jugos. Este proceder asegura el perpetuo funcionamiento de la fábrica durante el tiempo de zafra y su capacidad de generación de energía eléctrica a través del bagazo que deriva de la caña. Un paro en la fábrica puede representar costos elevados y por consiguiente pérdidas significativas para la empresa.

La caña que se encuentra almacenada en patio existe debido a distintos factores. Un monto programado de caña que entra al ingenio es destinada a ser almacenada en patio dependiendo de la necesidad. Usualmente, se mantiene una cantidad de 100 a 150 toneladas de caña en el patio; ésta garantiza un flujo continuo de aproximadamente 10 minutos. Debido a criterios de: la diferencia en la variedad de caña, el frente de corte que determina el tipo de corte y caña, los tiempos de espera, y las características volumétricas de la caña, no toda puede pasar a ser procesada inmediatamente. Más adelante, es posible que sea necesario redirigir parte de la caña consignada a un Tándem en estado no operacional a patio debido al tráfico que se puede producir en la ruta del otro Tándem.

Entre las fallas que pueden ocurrir dentro del equipo de volteo que obligan a que se destine la caña al área de patio se encuentran las rupturas de cables en las grúas, obstrucciones en las mesas de volteo cuando se introducen piedras u otros objetos no deseados durante el proceso de lavado de caña, y el funcionamiento inadecuado de las grúas que dejan caer grandes cantidades de caña al suelo durante el volteo de una jaula.

Alguna de las jaulas que entran al ingenio pueden contener caña volumétrica pero de poca densidad. Esta caña pueden ocasionar problemas a la hora que ingresen a las picadoras puesto que se pueden atascar, ocasionando un impedimento en el flujo de caña. Para evitar que esto suceda, usualmente se descarga la jaula, o bien una cantidad de ésta mediante grúas al área de patio para que luego se introduzca al proceso mediante los conductores laterales.

Durante el corte de la caña, a veces se dificulta la entrada de maquinaria para el alce de la caña cortada en las jaulas debido a la geografía del terreno. Por lo tanto, esta caña es apilada y cargada manualmente o con la ayuda de bueyes, reemplazando la función de los tractores. Esta caña que ingresa al ingenio se le denomina “caña maletada” y se introduce directamente a las mesas de alimentación del Tándem B mediante grúas, no obstante en algunos casos se arrojan en patio con el resto de los montículos. La caña que entra en forma de maletas representa una fracción insignificante de la caña procesada.

Se debe destacar que la caña que se almacena en el patio es caña larga, es decir de corte manual. Esto se debe principalmente al supuesto de que la caña de corte manual tiene un mayor tiempo de tolerancia de pérdida de sacarosa que la caña mecanizada debido a que las segundas presentan mayor cantidad de superficies expuestas por tallo, la cual deriva en una mayor probabilidad de proliferación de microorganismos.

El estudio de caña en el patio de la zafra 2009-2010 demostró la necesidad de conducir un estudio riguroso de la caña en el patio debido a una baja drástica en los rendimientos de producción, siendo ésta una de las posibles causas de contaminación en los tándems durante el proceso de extracción (Tejeda, 2010).

Actualmente, aún no existe un sistema de gestión de caña en el patio. En la zafra 2009-2010 se condujo un estudio preliminar para el control de cantidad de caña en el patio y su movimiento dentro del mismo, no obstante, en la zafra 2010-2011 no se vio aplicación alguna de las propuestas expuestas.

Debido a que los camiones conocen el destino de la caña por descargar, un supervisor o jefe de patio de turno es quien le indica al conductor cuando debe descargar la caña en patio; éste, a su vez, está bajo el mando de un supervisor de extracción de turno quien tiene la facultad de pedir el ingreso de más caña a algún Tándem. De esta manera, mientras el conductor espera en la cola, antes de seguir a la ruta que le corresponde se le indica que debe proceder a descargar en patio, si fuese necesario.

El manejo de caña en el patio se hace según la conveniencia y el criterio de los operarios que recogen y trasladan la caña que cae en patio. Son dos grandes montículos los que se forman en el área de patio. El primer montículo, ILUSTRACIÓN No. 35, se encuentra en la rampa en donde descargan los camiones que van destinados a abastecer patio. Cuando el acumulado de caña resulta excesivo, parte de éste es trasladado cerca de las mesas alimentadoras de caña, ILUSTRACIÓN No. 36, para su pronto suministro hacia los conductores que son anchos y relativamente cortos, movidos por motoreductores independientes de velocidad variable.

#### **ILUSTRACIÓN No. 35 MONTÍCULO PRINCIPAL EN ÁREA DE DESCARGA**



**ILUSTRACIÓN No. 36 MONTÍCULO SECUNDARIO CERCA DE LOS CONDUCTORES**

En la zafra 2009-2010 se condujo en estudio preliminar a través de la observación de los movimientos de caña en el patio, no obstante se mencionaron generalidades de la situación y no se anotaron observaciones detalladas de la misma. Además, no se realizó un cálculo de las áreas que conformaba el patio y que disponía para el almacenamiento de caña y tampoco se estimaron las cantidades de caña que eran acumuladas en la intemperie.

Debido a los permisos limitados que poseen los estudiantes de la Universidad del Valle para ingresar a ciertas áreas del Ingenio Pantaleón y el estricto control de medidas de seguridad que el ingenio exige a todo el personal de fábrica, sólo se pudo observar el manejo de patio a partir de una distancia de 50 metros del perímetro de patio.

Para la zafra 2010-2011, se llevaron a cabo un conjunto de observaciones semanales detalladas por un período de dos meses interrumpidos. Las inspecciones se realizaron desde las 8:00 a.m. hasta las 5:00 p.m. cada día martes de la semana; siendo esto un total de 8 a 9 horas de monitoreo equivalente a un total aproximado de 68 horas, (ver ANEXOS). Más adelante, se realizó una observación consecutiva de dos días para entrar más en detalle de las condiciones que sufren las pilas y estudiar los movimientos y traslados de las mismas, (ver ANEXOS).

A través del estudio, se observa la acumulación de caña en dos grandes montículos en el patio. La primera pila se ubica en el área de descarga y posee grandes dimensiones, mientras que la segunda se coloca cerca de los conductores. Se presenta una gran variabilidad en el tiempo en que la caña permanece amontonada en el patio debido a que el uso de la misma no está programado y se mantiene una cantidad de alrededor de 150 toneladas para mantener un flujo interrumpido en el proceso de extracción en el caso de un percance. Cuando la caña del primer montículo alcanza cierta altura que llegue a complicar la descarga de más jaulas en el patio, parte de ésta se traslada al segundo montículo. Cuando es requerida por la fábrica, se traslada caña del segundo montículo cerca de las aperturas de los conductores de caña, que están entre el área de lavado de caña y las picadoras, para luego ser arrastradas al canal. (ILUSTRACIÓN No. 37)

**ILUSTRACIÓN No. 37 CONDUCTOR**

Fuente. Tejada, 2010

Durante el proceso de traslado de la caña, se observó que el arrastre de la caña no era del todo eficiente ya que se dejaba parte de ella atrás, o bien se pisaba encima de ella. Cuando se montaba caña en el segundo montículo, los vehículos usaban la caña que se encontraban en la parte de exterior de la pila como gradas para depositar una cantidad encima, ILUSTRACIÓN No. 38.

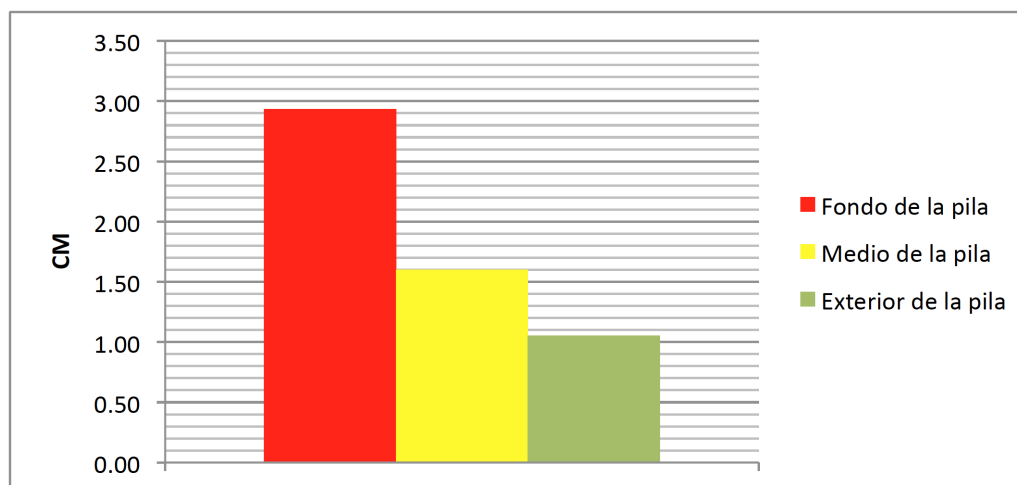
**ILUSTRACIÓN No. 38 APILACIÓN DE CAÑA EN EL MONTÍCULO SECUNDARIO**

**b. Evaluación de pérdidas en el patio.** Se sabe que el deterioro de la caña provoca pérdidas de sacarosa y problemas relacionados con el incremento de adición de cal. Por esta razón entre mayor tiempo esté la caña apilada en el patio los daños en las etapas posteriores del proceso serán mayores.

Se sabe que el deterioro de la caña provoca pérdidas de sacarosa y problemas relacionados con el incremento de adición de cal. Por esta razón entre mayor tiempo esté la caña apilada en el patio los daños en las etapas posteriores del proceso serán mayores.

Según los resultados de la prueba de coeficiente microbiológico se puede decir que la caña que se encuentra en el fondo de la pila (catalogada como caña vieja) es la que presenta mayor actividad microbiológica debido a que tiene un coeficiente microbiológico promedio de 2.93. Mientras que la caña que se encuentra en la parte superior de la pila (caña fresca) tiene un coeficiente microbiológico promedio de 1.05. Por su parte la caña del intermedio de la pila presenta una actividad microbiológica promedio de 1.60.

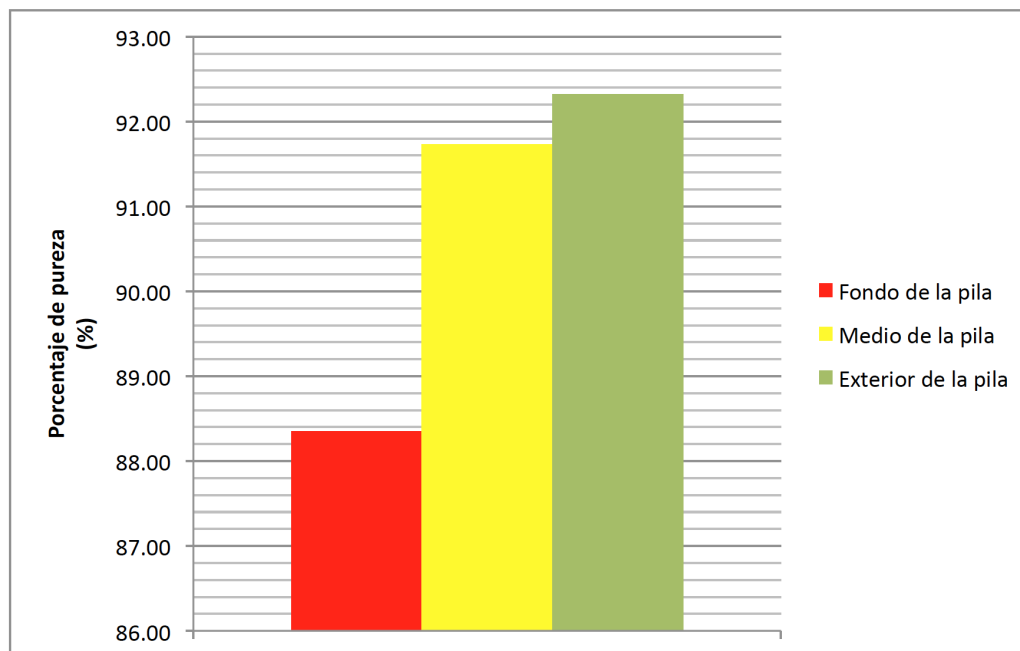
**GRÁFICA No. 47** COEFICIENTE DE ACTIVIDAD MICROBIOLÓGICA PARA CADA TIPO DE CAÑA



La principal repercusión del incremento de actividad microbiológica en la caña a través del tiempo constituye el gasto adicional del bactericida para desinfectar la caña al ser procesada en el tándem. Por otra parte, la caña puede infectar el tándem por mucho tiempo con todos los efectos nocivos que eso acarrea.

Otro parámetro utilizado para evaluar el comportamiento del deterioro de la caña fue la pureza. La caída de la pureza determina la cantidad de sacarosa que se pierde. La pureza promedio que se obtuvo para la caña de la parte exterior de la pila fue de 92.32%; 91.73%, para el intermedio y 88.35%, para el fondo de la pila. Claramente se puede observar que hubo una caída de pureza al comparar los tres tipos de caña, situación que demuestra la existencia de pérdidas significativas de sacarosa en el patio.

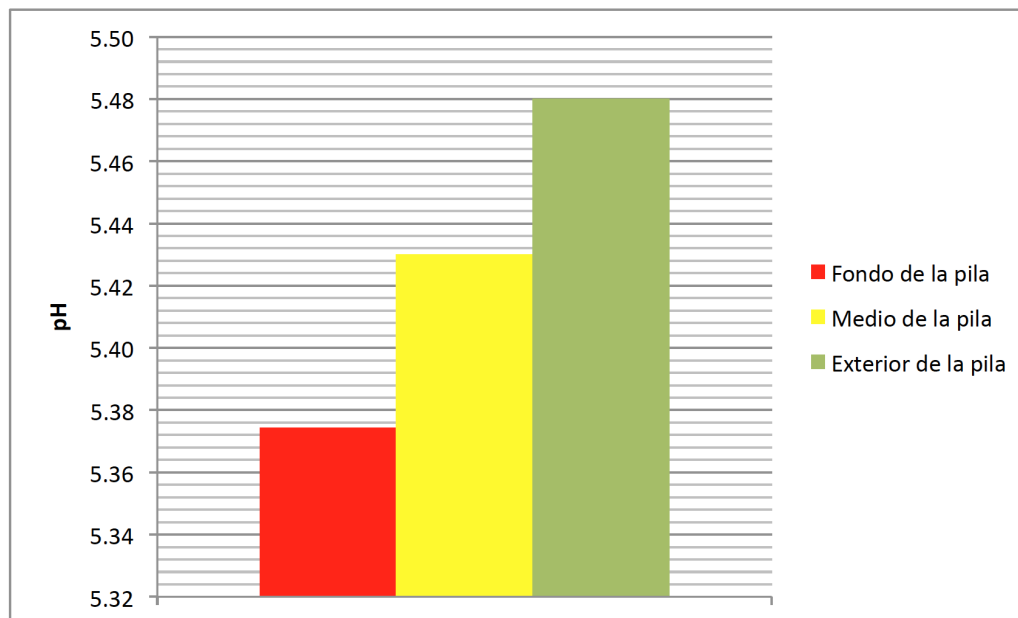
Sin embargo, se debe mencionar que el valor de la pureza de la caña, perteneciente al fondo de la pila, no es del todo confiable y podría llegar a ser más alto, debido a que para este tipo de caña la actividad microbiológica incremento significativamente. La dextrana, producida por los microorganismos, al igual que la sacarosa, es una sustancia dextrógira, lo cual provoca una desviación de la luz polarizada y por lo tanto un resultado erróneo de la pureza. Es decir, que el resultado de pureza puede ser más alto que el obtenido en la muestra analizada.

**GRÁFICA No. 48** DETERMINACIÓN DE PUREZA PARA CADA TIPO DE CAÑA

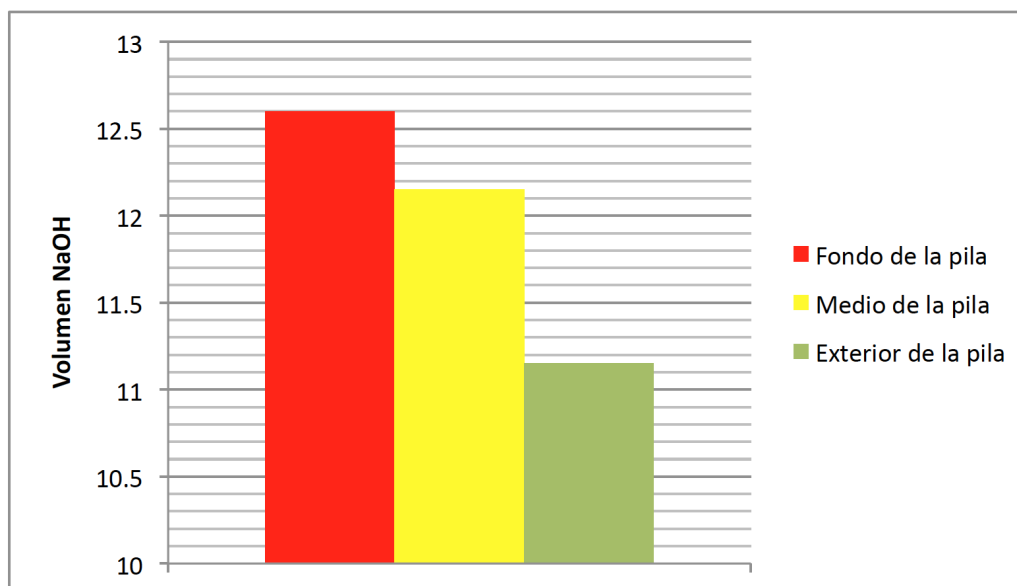
Además del test de resazurina y determinación de pureza se podría realizar la prueba de fermentación espontánea, con el fin de obtener resultados más precisos en cuanto a las pérdidas de sacarosa. En esta prueba se relacionan las pérdidas de sacarosa con la caída de pH. Esta prueba es bastante sencilla y permite obtener el resultado relativamente rápido. En este trabajo no se realizó la prueba de fermentación espontánea para las muestras de caña del patio, pero se considera que se han sentado los lineamientos necesarios para poder montarla en la siguiente zafra. Si se desea hacer más preciso se podrían determinar las pérdidas de sacarosa por el método de HPLC. A pesar de que el resultado de esta prueba es bastante preciso, es menos sencilla que las pruebas anteriores y requiere de mayor inversión de tiempo y costos.

La capacidad buffer se puede utilizar como un indicador del efecto de la actividad microbiológica ya que es causada por los ácidos débiles en equilibrio con sus bases conjugadas y existe además cierta relación con el pH. El valor del pH disminuyó conforme al tiempo que la caña estuvo en el patio. Es decir, que la caña del fondo de la pila fue la que tuvo el menor pH y la caña fresca, el mayor. Además al incrementarse la capacidad buffer se requirió mayor volumen de hidróxido de sodio para elevar una unidad el pH de la caña ubicada en el fondo de la pila del patio.

GRÁFICA No. 49 MEDICIÓN DE PH PARA CADA TIPO DE CAÑA



GRÁFICA No. 50 CAPACIDAD BUFFER PARA CADA TIPO DE CAÑA



La disminución del pH e incremento de la capacidad buffer afecta las diferentes etapas del proceso, debido a que se requiere adicionar mayor cantidad de cal provocando más gastos e incrustaciones en los evaporadores. Es importante mencionar que las incrustaciones afectan significativamente el proceso, debido a que se reduce la eficiencia del equipo y por lo tanto se requieren mayores cantidades de

vapor para que se lleve a cabo el proceso de evaporación. Por otro lado también causa problemas en la cristalización del azúcar y el producto final tiene mayor contenido de calcio.

Es importante mencionar que quizás existan limitaciones en este estudio que puedan sesgar los datos obtenidos. Por ejemplo, el hecho de desconocer si la caña analizada se trajo de lotes que se cortaron antes o después en el sector de agricultura, no se sabe con certidumbre el tiempo de transporte, o bien se ignora la incidencia de los cambios climáticos en las pruebas. No obstante, con los resultados anteriores, se puede afirmar que sí existen pérdidas significativas de la caña que se almacena en la intemperie de la fábrica y que es necesario implementar un manejo eficiente de la caña en el patio que minimice las mismas.

**c. Elaboración de propuesta para el manejo de caña en el patio.** Para que exista una mejor fluidez de la caña y se evite la acumulación de la caña más vieja se elaboró una propuesta para el manejo de caña en el patio. Lo ideal para el ingenio sería poder eliminar toda la caña en el patio, no obstante esto resulta imposible por el momento debido a la necesidad de mantener un flujo interrumpido de caña a la hora de un paro inesperado en la alimentación de las mesas receptoras.

Este método se basa en el principio PEP, de manera que el primero que entra es el primero que sale. El propósito de usar este método de rotación es el evitar la posibilidad de que alguna cantidad de caña permanezca por períodos prolongados de tiempo en la intemperie.

Los períodos largos de tiempo que pasa la caña en el patio se debe principalmente al apilado de caña en un sólo montículo, el cual tiene en su base la caña más vieja. A partir de las observaciones, la caña que se encuentra en la parte exterior es aquella que se remueve primero y es colocada en una pila secundaria cerca de los conductores para su pronta alimentación a los molinos. No obstante, antes que la caña localizada en la sección intermedia de la pila sea removida, se vuelve a reabastecer la capa exterior cuando entra otro camión para descargar en patio, o bien cuando se recoge caña que ha caído al suelo por una inadecuada manipulación durante el volteo en los Tándems.

### 1) Consideraciones

- a) La política del Ingenio Pantaleón acerca del tiempo máximo que debe pasar la caña desde su corte hasta su ingreso al Tándem no debe ser más de 36 horas.
- b) El tiempo máximo de permanencia de una pila de caña no debe sobrepasar las 12 horas desde su descarga en patio.
- c) La cantidad de caña que traslada un camión por jaula es de aproximadamente 25 toneladas.
- d) La pila principal en el área de descarga consta aproximadamente de unas 4 a 5 jaulas máximo, la cual es equivalente a 125 toneladas tomando en cuenta la consideración anterior.

- e) La pila secundaria cerca de los Tándems consiste en aproximadamente 2 jaulas, equivalente a 50 toneladas de caña, según la primera consideración.
- f) Se cuentan con 2 tractores “bulldozer” de ruedas para el traslado de caña en patio con dimensiones aproximadas de 7 metros de largo por 3.5 metros de ancho.

## 2) Mano de obra

- a) **Jefe de Patio:** Seguirá cumpliendo su función de indicar a los camiones que entran al ingenio si es necesario abastecer patio. Es quien tiene el poder de decisión final para movilizar la caña según sea lo más conveniente en su criterio.
- b) **Conductores de Cabezal:** Se encargan de conducir hacia las grúas de cadena para abastecer patio cuando les es requerido.
- c) **Operarios de Patio:** Los conductores de los tractores “bulldozer” para arrastrar la caña y colocarlos en pilas ó alimentar los conductores de los Tándems. Son dos operarios los que manejan dichos tractores, por el cual uno estará encargado de movilizar la caña en el Sector Primario y el otro en el Sector Secundario.

3) **Cálculo de área disponible para almacenamiento.** Mediante el uso de la herramienta de *Google Earth*, se ubicó en un mapa virtual la localización del Ingenio Pantaleón y se delimitó el área que constituye el almacenamiento de caña. Se consideraron dos sectores de las cuales disponen de espacio para la colocación de pilas de caña y se calcularon sus áreas correspondientes. El primer sector, que es el principal debido a que es el lugar en donde se encuentra la pila más grande y la posición de descarga, se calculó un área disponible de 525 m<sup>2</sup>. El segundo es aquella que se sitúa cerca de los conductores de ambos Tándems y cuenta con un espacio disponible de 600 m<sup>2</sup>. (ILUSTRACIÓN No. 39)

### ILUSTRACIÓN No. 39 CÁLCULO DE ÁREAS DISPONIBLES PARA ALMACENAJE



4) **Cálculo de espacios a utilizar.** A partir del área de descarga, hay un largo de 42 metros aprovechables en dirección al suroeste. Se estima que un montículo de 40-50 toneladas abarca un área de  $25\text{m}^2$ . Además, se considera que se necesita también una zona de  $25\text{m}^2$  para la movilidad de un tractor “bulldozer”, para que disponga del espacio necesario para barrer la caña en cualquier dirección sin complicaciones. En el sector secundario, existe una disponibilidad de almacenaje de aproximadamente  $600\text{m}^2$ , sin embargo se seleccionó sólo un área de  $60\text{m}^2$  debido al hecho de ser un punto céntrico para que la caña pueda ser arrastrada tanto a los conductores del Tándem A como del Tándem B sin obstrucciones. Se planea colocar dos cuadrantes para pilas de 40-50 toneladas que se encuentren apartados 2 metros de distancia. (ILUSTRACIÓN No. 40)

**ILUSTRACIÓN No. 40 CÁLCULO DE ESPACIOS A UTILIZAR**



5) **Proceso de logística.** Con el supuesto que el patio de caña sigue vacío, es decir, que no se le ha descargado caña alguna, se marca el área de descarga como el comienzo del diagrama de flujo del proceso, ver ANEXOS. Si se requiere suministrar caña en alguno de los Tándems, inmediatamente se barre la caña recién descargada a cualquiera de los conductores. Mientras tanto, conductores que sean indicados por el jefe de patio, continuarán descargando en el deslizadero.

El operario es requerido inspeccionar si se han descargado una cantidad aproximada de 40 toneladas, lo cual le indicará que la pila está lista para ser trasladada. Es importante tomar medidas de seguridad de manera que el operador de grúa no suelte la carga mientras que los tractores trasladan la caña del sitio. Una vez se hayan alcanzado las 40 toneladas, se transitarán a uno de los espacios delimitados del Sector Secundario para almacenaje. La segunda ronda de 40 toneladas también se colocará en el Sector Secundario junto a la primera pila.

Ahora que los espacios cerca de los Tándems están ocupados, otro operario estará encargado de trasladar la caña que cae en línea recta, a 30 metros desde el punto de descarga. La siguiente carga la trasladará a 20 metros y así sucesivamente se movilizará el resto que llegue, dejando siempre un espacio de 5 metros entre cada montículo adyacente.

Se pretende dejar despejado siempre la sección de descarga. Si sucediese el caso que los montículos en el Sector Secundario sean requeridos para los Tándems, el montículo del extremo del Sector Principal, que es la caña más vieja de la línea, se trasladará para reemplazar el espacio vacío que se ha dejado. De esta manera, el operario del Sector Principal será requerido correr las pilas un cuadrante para liberar lugar, de tal modo que la caña entrante pueda ser movilizada.

Es importante destacar que la caña puede permanecer un máximo de 8 horas en la fila del Sector Primario, y no más de 4 horas almacenadas en el Sector Secundario, para cumplir con las 12 horas de estadía propuestas.

**6) Sistema de control de tiempos.** Se tomó en cuenta que resulta complicado saber cuánto tiempo han pasado los montículos desde su último traslado, por lo que se vería afectado cumplir la meta de introducir la caña al proceso de extracción antes de las 12 horas desde su llegada. Dado a lo anterior, se formuló un formato de control sistemático de tiempos para los operarios de patio, ver ANEXOS, para rastrear el progreso de todos los montículos de 40 toneladas que serán trasladados durante el día. De este modo, se conocerá el tiempo progresado en cada uno de los espacios para tomar decisiones inmediatas en caso de que se haya excedido el tiempo estipulado.

Además, si se alcanza a implementar la propuesta, para tener un control acerca del método será requerido el uso de la tabla de flujo del proceso, ver ANEXOS para que el analista pueda medir la efectividad del método a través de distancias y tiempos de actividades de manera que en un futuro se puedan calcular los costos reales en los que se están incurriendo. La tabla resume las actividades, los movimientos, y las decisiones que están esquematizadas en el diagrama de flujo del proceso, ver ANEXOS.

**7) Costos y ahorros.** Una de las ventajas importantes que presenta este método de manejo de caña en el patio es que utilizan los recursos con los que ya dispone el ingenio por lo que no incurre en ningún gasto de inversión adicional. Si bien es cierto, quizá la desventaja más grande es el tiempo requerido de los operarios de patio de trabajo y el gasto de combustible, dado el incremento de distancias por recorrer.

En resumidas cuentas, el costo sería el tiempo de mano de obra y el gasto en combustible mientras que el ahorro representaría: la pérdida de sacarosa que se derivó de la caña ubicada en el interior e intermedio de la pila grande durante la estadía en patio, el costo evitado del uso de bactericida, y otros daños a la industria como el de la cal y las posibles pérdidas de azúcar en la melaza por la formación de dextrana.

**8) Muestreo periódico para análisis de deterioro.** Para garantizar que el control de deterioro y pérdida de sacarosa de la caña en el patio, se propone realizar muestreos periódicos cada 4 horas a los montículos de caña de parte de los operarios para que sean analizadas con los distintos métodos de estimación microbiológica (coeficiente microbiológico, determinación de pureza, fermentación espontánea y capacidad buffer).

Las pruebas anteriores se realizan en un tiempo menor al estipulado de muestreos periódicos, por el cual se podrían hacer hasta tres muestreos en los montículos que pasan hasta 12 horas de estadía en la intemperie. Para la realización de estos muestreos, es importante la cooperación de los operarios de patio con los técnicos de control microbiológico en caña.

## 5. Conclusiones parciales

- a. La base de datos diseñada para el laboratorio de caña provee información acerca de la calidad de la caña que ingresa al ingenio a través del análisis del método de resazurina de manera eficiente y rápida; sigue consistiendo en una aplicación preliminar debido a la detección de limitaciones que posee tanto el programa como la inestabilidad de la adaptación de su uso durante el inicio de la zafra por lo que carece de restricciones en el ingreso de algunos componentes.
- b. El lazo operativo se plantea como un sistema integrado que permite que el laboratorio de caña, el área agrícola (CAT), báscula y el área de sanitización de molinos trabajen conjuntamente para lograr los objetivos propuestos en cuanto la reducción de actividad microbiana.
- c. El sistema de control microbiológico mostró que tanto el corte mecanizado como la quema son factores que están asociados al incremento de la actividad microbiana en la caña. Sin embargo no se obtuvo diferencias entre el verde-mecanizado y quemada-manual por lo que no fue posible establecer el factor más perjudicial entre la quema y el corte mecanizado.
- d. En cuanto a recurso humano, el ingenio Pantaleón tiene dos opciones para efectuar el monitoreo de control microbiológico, las decisiones administrativas y los lazos operativos para la siguiente zafra: asignárselo a los operarios habituales del laboratorio o realizar una contratación. Sin embargo el escenario de contratación es mejor si se consideran los siguientes factores: calidad de las muestras, cantidad de las muestras, opción representa una solución de menor costo y cuál representa un mejor control microbiológico.
- e. Los períodos prolongados de tiempo que la caña reposa en la intemperie del patio se debe principalmente a la apilado de la misma en un solo montículo, el cual contiene en su base la caña más vieja. Para evitar la acumulación de caña en un sólo montículo, se propuso el método de almacenaje por rotación que consiste en el principio de que el primer montículo en descargar es el primero en ingresar a los Tándems.
- f. Entre mayor sea la permanencia de la caña en el patio, las pérdidas y repercusiones negativas en el proceso son mayores.

- g. Se propuso un sistema de control de tiempos y muestreos periódicos de los montículos para el análisis de deterioro con el fin de complementar el método de almacenaje por rotación propuesto y, a su vez, afirmar que la caña más vieja sea efectivamente la más vieja.
- h. Se realizó una presentación de la propuesta formulada al grupo técnico del Ingenio Pantaleón involucrada en el área de manejo de caña en el patio en la cual se aprobó el método en casos en que sea indispensable la acumulación masivo de caña en el patio y se sugirieron mejoras a la propuesta de parte de los jefes, técnicos, y operarios de patio.

## 6. Recomendaciones parciales

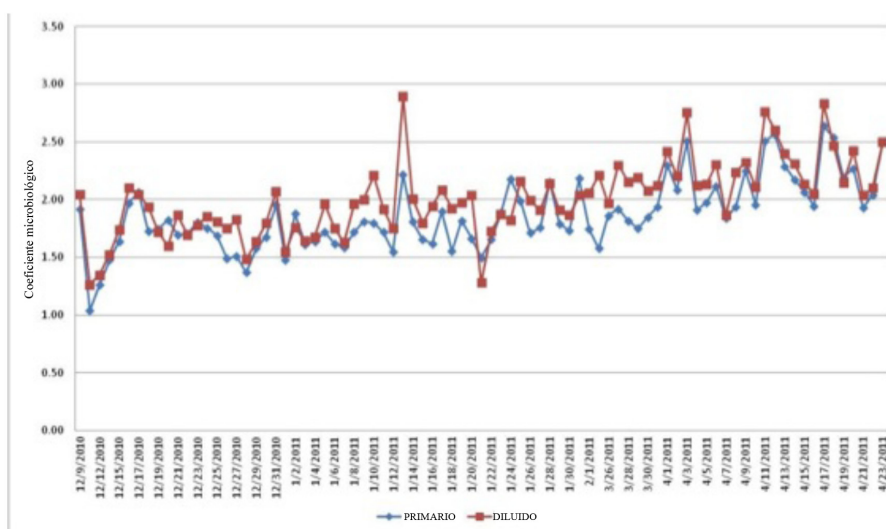
- a. Estandarizar términos para el ingreso de información el sistema de base de datos mediante la aplicación de reglas de validación, campos requeridos, tamaños de campo mínimos o máximos, y máscaras de entrada de información, esto con el fin de restringir entradas de datos no permitidos.
- b. Introducir una computadora en el laboratorio de caña destinada al ingreso de datos de la prueba de coeficiente microbiológico en la base de datos diseñada con el propósito de eliminar el uso del formato CM-1 y evitar pérdida de información. Si la utilización del formato actual CM-1 es indispensable, se recomienda el uso del formato CM-1 mejorado.
- c. Hacer pruebas de resazurina de 24 horas para eliminar el sesgo y tener resultados más representativos de la caña que muestrea el ingenio. Para lograr esto, es necesario establecer dos turnos de trabajo, de día y de noche.
- d. Incluir información adicional acerca de la procedencia de la caña en la base de datos, como la variedad de la caña, la geografía de las fincas, e informes climáticos de los lotes, permitiendo un mejor marco de referencia para un mejor análisis de fondo.
- e. Un buen sistema de monitoreo de control microbiológico puede servir para tomar decisiones de tipo estratégico, administrativo y de control puntual. El Ingenio Pantaleón debe establecer controles preventivos, correctivos y paliativos que se proponen en el presente trabajo.
- f. Medir el tiempo que existe entre el lavado de caña hasta el ingreso a los molinos, para determinar definitivamente el margen de tiempo que se tiene para establecer el lazo operativo entre laboratorio de caña y el área de sanitización de molinos.
- g. Organizar la base de datos de tal forma que se puedan hacer análisis que incluyan como factores de variación la variedad de caña, infestación de plagas y enfermedades, zona geográfica, condiciones de suelo, condiciones climáticas, distancia de la finca a la fábrica que son oportunidades de análisis que podrían contribuir a complementar el control microbiológico y a la mejora en la toma de decisiones referentes a la actividad microbiana.
- h. Establecer el muestreo sistemático de caña durante las 24 horas del día, todos los días de zafra y utilizar los resultados para el estudio de tendencias en otros temas como variedad, zona, etc que permitan a la dirección de la agroindustria tomar decisiones a corto y largo plazo.
- i. Explorar variables para el analizar del deterioro de caña en el patio que complementen

- el estudio preliminar realizado; aplicar nuevos métodos de ensayo como el de fermentación espontánea para ampliar el esquema de estudio.
- j. Diseñar una escala de niveles de calidad de caña en el patio a través del método de observación para perfeccionar el estudio realizado.
  - k. Tomar en cuenta las sugerencias proporcionadas por el grupo técnico del Ingenio Pantaleón para agregarlas a la propuesta de la gestión de caña en el patio.
  - l. Aplicar el método de almacenaje por rotación y utilizar el formato de control sistemático para optimizar el manejo de caña en el patio del Ingenio Pantaleón y prevenir el deterioro de la caña.
  - m. Monitorear periódicamente la caña ubicada en el patio mediante las técnicas analíticas para el control microbiológico e implementar el método de rotación de caña desarrollado para evitar la acumulación de la caña vieja en el patio.
  - n. Utilizar la tabla de flujo de procesos para la propuesta del manejo de caña en el patio de modo que se puedan medir los tiempos y las distancias recorridas para evaluar los costos incurridos del método propuesto.

#### D. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema en el tándem y desarrollo de mejoras de control

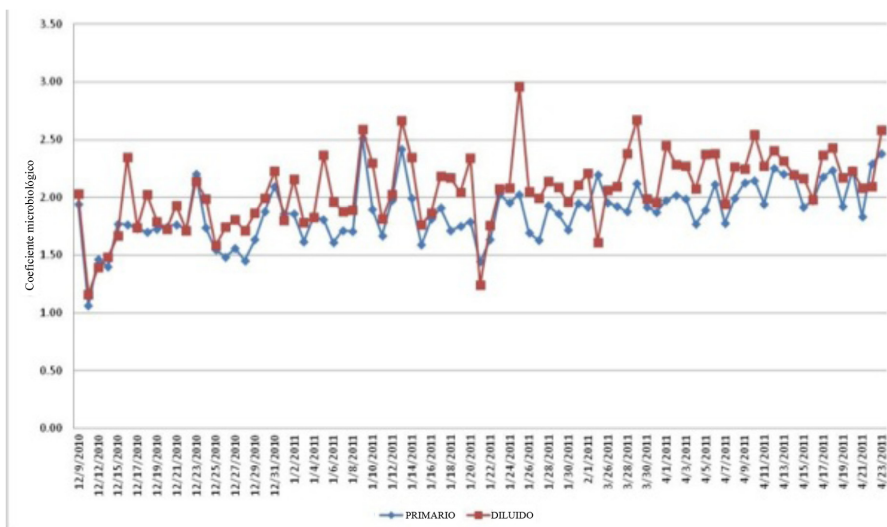
1. Diseñar registro de resultados y base de datos, para el control microbiológico sistemático del tándem

**GRÁFICA No. 51** COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO PROMEDIO POR DÍA PARA JUGO DILUIDO Y PRIMARIO TÁNDEM A



La GRÁFICA No. 51 nos muestra el coeficiente microbiológico promedio para el jugo diluido (rojo) y primario (azul) en el tándem A. Los datos no presentan una tendencia en general, si no que oscilan, se aprecia un leve crecimiento hacia el final de la zafra para ambos jugos. Para el jugo primario (azul), los datos poseen una media 1.86 oscilando entre los valores de 2.64 como máximo y 1.04 como mínimo, con una varianza de 0.092. Para el jugo diluido (rojo) los datos poseen una media de 2.003 oscilando entre los valores de 2.94 como máximo y 1.26 como mínimo, además poseen una varianza de 0.104.

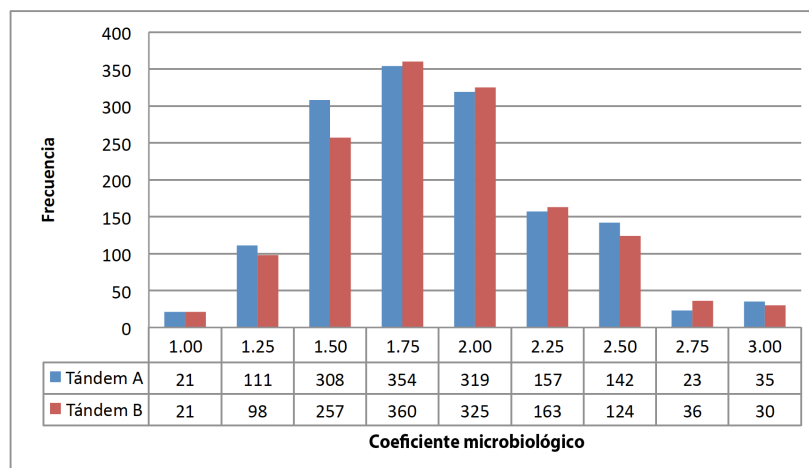
**GRÁFICA No. 52** COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO PROMEDIO POR DÍA PARA JUGO DILUIDO Y PRIMARIO TÁNDEM B



La GRÁFICA No. 52 nos muestra el coeficiente microbiológico promedio para el jugo diluido (rojo) y primario (azul) en el tándem B. Los datos no presentan una tendencia en general, pero tienden a oscilar más que en tándem A, al igual se aprecia un leve crecimiento hacia el final de la zafra para ambos jugos. Para el jugo primario (azul), los datos poseen una media 1.87 oscilando entre los valores de 2.52 como máximo y 1.06 como mínimo, con una varianza de 0.062. Para el jugo diluido (rojo) los datos poseen una media de 2.064 oscilando entre los valores de 2.96 como máximo y 1.16 como mínimo, además poseen una varianza de 0.099

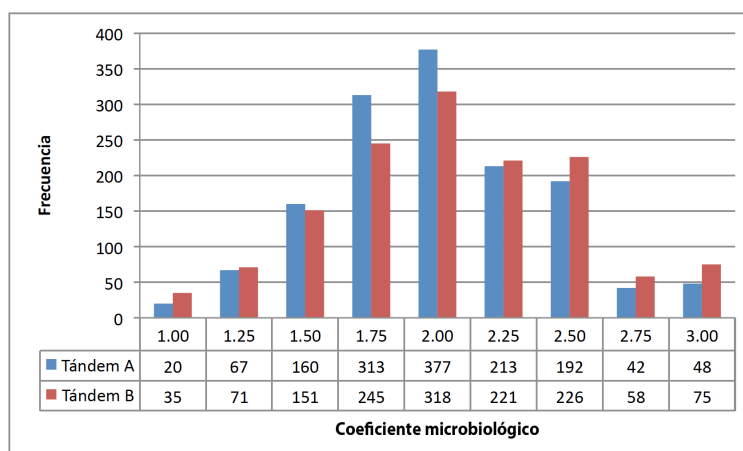
En la GRÁFICA No. 51 y GRÁFICA No. 52 se aprecia en ambos tándems la línea de coeficiente microbiológico primario (azul), se encuentra por debajo de la línea de coeficiente microbiológico diluido (rojo), de la tendencia anterior, parcialmente podemos concluir que el proceso de extracción de jugo de caña se eleva la actividad microbiológica. Al observar los gráficos anteriores, no se aprecian diferencias significativas entre los promedios de jugos primarios y diluidos de ambos tándems, razón por la cual es necesario analizar las mismas desde otro punto de vista; en este caso se realizaron histogramas comparativos de los jugos diluidos y primarios de ambos tándems.

GRÁFICA No. 53 HISTOGRAMA JUGO PRIMARIO



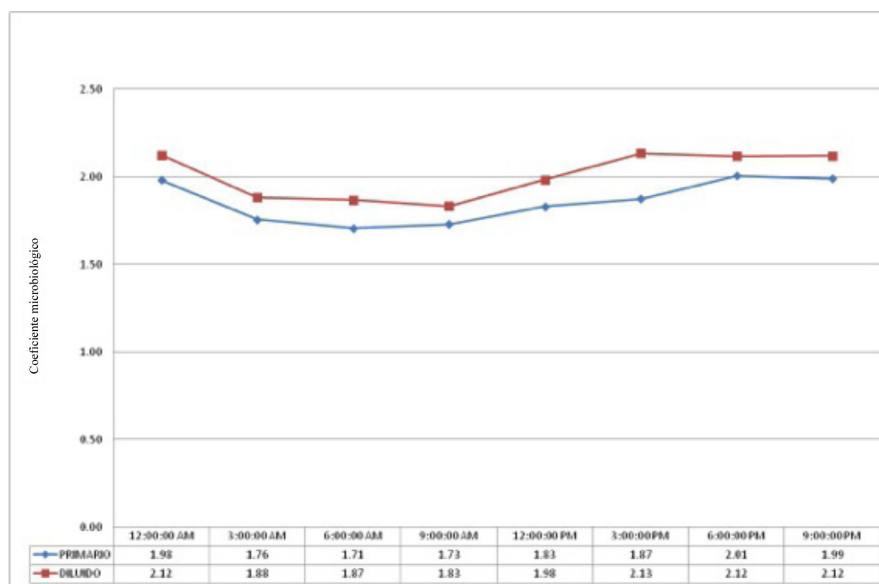
En la GRÁFICA No. 53 se muestra un histograma de frecuencia comparativo del coeficiente microbiológico de jugo primario, de ambos tandems. Exceptuando los intervalos de 1.25, 1.5, 2.5 el coeficiente microbiológico para jugo primario es mayor en el tándem A; las diferencias que podemos apreciar son de 13 en el intervalo de 1.25, de 51 en el intervalo de 1.5, de 18 en el intervalo de 2.5, mientras que en el resto de intervalos el coeficiente microbiológico de jugo primario es mayor en el tándem B, las diferencias son de 6 en el intervalo de 1.75, de 6 en el intervalo de 2, de 6 en el intervalo de 2.25, de 13 en el intervalo de 2.75 y de 5 en el intervalo de 3. La tendencia anterior es interesante puesto que, el tándem A posee mayor coeficiente microbiológico para jugo primario, en intervalos de valores bajos, mientras que el tándem B posee mayor coeficiente microbiológico para jugo primario en el resto de intervalos de más alto valor. Ahora bien por la frecuencia y valores, que posee el tándem A podemos concluir que la calidad de caña de azúcar que ingresa al tándem A, es de mejor calidad, que la ingresa al tándem B.

GRÁFICA No. 54 HISTOGRAMA JUGO DILUIDO



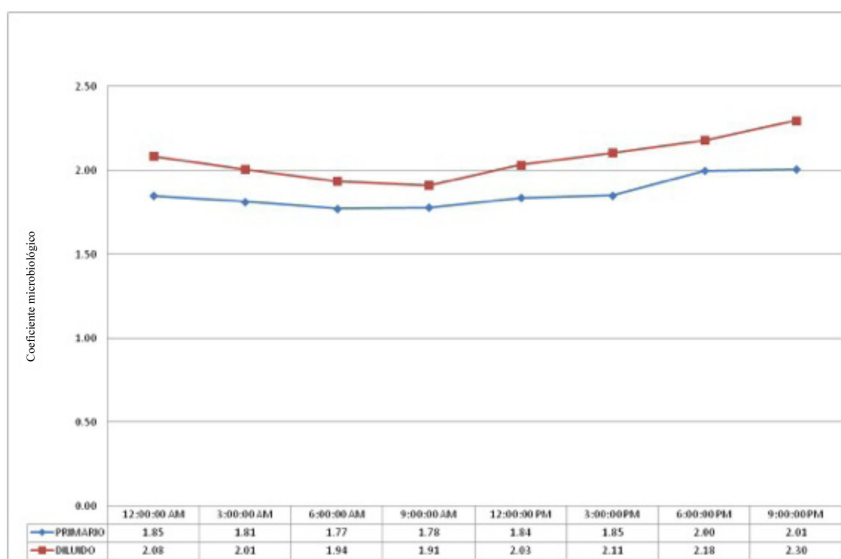
En la GRÁFICA No. 54 se muestra un histograma de frecuencia comparativo de coeficiente microbiológico de jugo diluido, de ambos tándems, se aprecia como en todos los intervalos de 1.5, 1.75 y 2, que el tándem A despiden un jugo diluido con mayor coeficiente microbiológico que el tándem B. Las diferencias que podemos observar se presentan en el orden de 11 en el intervalo de 1.5, de 68 en el intervalo de 1.75 y de 59 en el intervalo de 2. Mientras que en el resto de intervalos el coeficiente microbiológico de jugo diluido es mayor en el tándem B, las diferencias son de 15 en el intervalo de 1, de 4 en el intervalo de 1.25, de 8 en el intervalo de 2.25, de 34 en el intervalo de 2.5, de 16 en el intervalo de 2.75, de 27 en el intervalo de 3. De igual manera al estudiar la tendencia anterior, el tándem A degrada el jugo de caña en mayor escala en intervalos de valores bajos, mientras que el tándem B degrada el jugo en intervalos de valores más altos. Ahora bien, por la frecuencia y valores podemos concluir que el jugo primario del tándem A, es de mejor calidad, que el del tándem B.

**GRÁFICA No. 55** COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO PROMEDIO CADA 3 HORAS PARA JUGO DILUIDO Y PRIMARIO TÁNDEM A



En la GRÁFICA No. 55 tenemos el gráfico de coeficiente microbiológico promedio cada tres horas para el tándem A de ambos jugos. El jugo primario (azul) los datos promedian 1.86, el valor máximo es de 2.01 y el mínimo de 1.71. Mientras que para el jugo diluido (rojo) los datos promedian 2.00 con un máximo en 2.13 y un mínimo de 1.83

**GRÁFICA No. 56** COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO PROMEDIO CADA 3 HORAS PARA JUGO DILUIDO Y PRIMARIO PARA TÁNDEM B



En la GRÁFICA No. 56 tenemos el gráfico de coeficiente microbiológico promedio cada tres horas para el tándem B de ambos jugos. El jugo primario (azul) los datos promedian 1.86, el valor máximo es de 2.01 y el mínimo de 1.77. Mientras que para el jugo diluido (rojo) los datos promedian 2.07 con un máximo en 2.3 y un mínimo de 1.91

Al observar las gráficas anteriores se aprecia un incremento generalizado y sostenido en los niveles de coeficiente microbiológico, tanto del jugo primario como jugo diluido desde las 12:00 - 21:00 horas, ésta tendencia es revertida en el período de las 00:00 - 9:00 horas. El comportamiento es similar en ambos tándems, por lo que la causa debe ser estudiada más a fondo en las subsiguientes fases del Megaproyecto.

## **2. Uso operativo de los resultados (lazo operativo con aplicación de acciones tándem).**

Las acciones se desarrollarán según los resultados del laboratorio de control operativo microbiológico (COM) ubicado entre los tándems A y B. Los técnicos del COM y los responsables de turno de los tándems trabajarán en estrecha colaboración, intercambiando información y tomando decisiones en común, además los técnicos del COM emitirán recomendaciones a los responsables de los tándems según los resultados analíticos obtenidos.

La componente analítica del COM consta de análisis sistemático de los jugos primario y diluido de cada tándem. Los análisis sistemáticos de los jugos se realizan en períodos de 3 horas, con 4 muestreos por período y se toman en cuenta los resultados puntuales y promedios del período de 3 horas. Diariamente se obtiene el promedio general.

La prueba aplicada a cualquier producto es el Test de la Resazurina, cuyo resultado final se expresa como Coeficiente Microbiológico (CM) que se interpreta como una medida de la actividad microbiológica existente en el producto en el instante de ser inoculado. Los valores de CM actualmente se valoran según TABLA No. 13. El incremento de la actividad microbiológica se mide según el Índice de Crecimiento de la Actividad Microbiana (IC), que se interpreta como una medida incrementativa en la actividad microbiana entre dos puntos consecutivos muestreados, particularmente primario y diluido. Los valores de IC actualmente se valoran con la siguiente escala:

**TABLA No. 13 VALORACIÓN DEL INCREMENTO MICROBIOLÓGICO (IC)**

Valores de IC	Interpretación (Valoración de resultado)
0 (incluye negativos)	Bueno
0 - 0.05	Aceptable
> 0.05	Malo

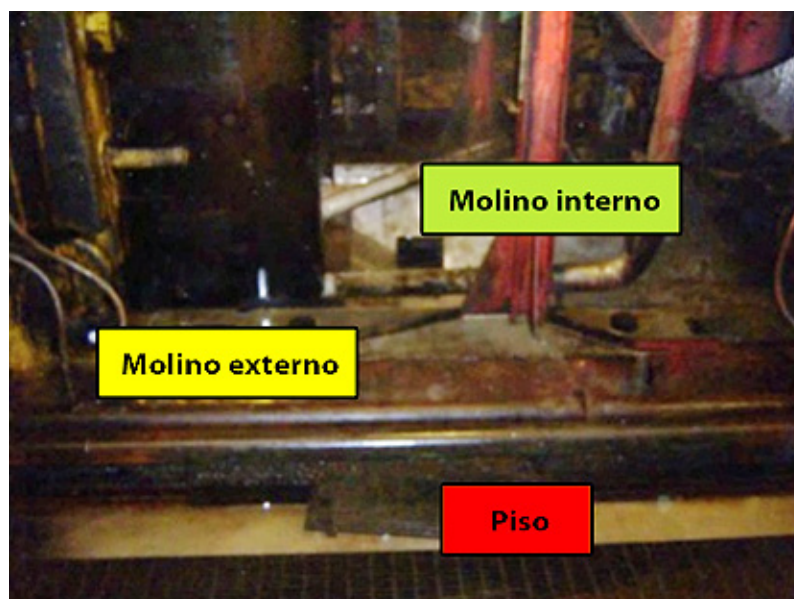
El volumen de bactericida a aplicar en cada ocasión será el producto de (0.004) por el flujo de jugo diluido del tándem, expresado en galones/minutos. Volumen a aplicar=0.004(flujos). El lugar y forma de aplicación se determinará en conjunto entre el técnico del COM y el responsable del tándem en ese momento, según los resultados obtenidos en las últimas aplicaciones como se ha venido realizando en los últimos días y los puntos críticos del tándem.

### 3. Análisis de los procedimientos actuales de limpieza y desinfección

**a. Estudio de tiempo.** Durante la zafra 2010/2011 se realizaron semanalmente visitas al Ingenio Pantaleón para conocer los distintos procesos que conlleva la producción de azúcar. Se realizó un estudio de tiempos para determinar en un valor medible el tiempo invertido en cada molino y a cual área le dedican mayor proporción de tiempo. Para facilitar la recopilación de datos e información se dividió en tres áreas ordenadas por nivel de importancia:

1. Molino interno: Posee contacto directo con el jugo de caña.  
Se puede mencionar la bandeja, mazas, puentes internos, etc.
2. Molino externo: No posee contacto directo con el jugo de caña.  
Se puede mencionar carcasa exterior, ejes rotativos de las mazas, etc.
3. Piso: Es el lugar donde transita el operario del ingenio.

**ILUSTRACIÓN No. 41 ÁREAS EN LA QUE SE DIVIDE UN MOLINO DEL INGENIO PANTALEÓN**



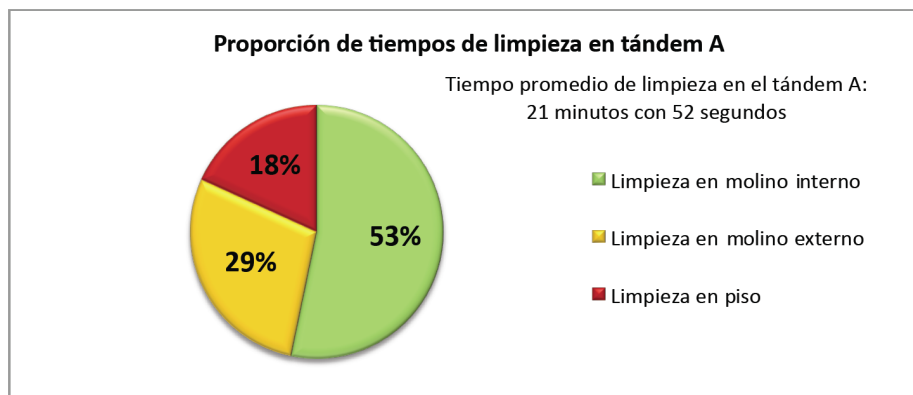
**TABLA No. 14 PROPORCIÓN DE TIEMPO DE LIMPIEZA PARA TÁNDEM A Y B**

	Tándem A	Proporción	Tándem B	Proporción
Promedio de tiempo de limpieza	21:52	100%	24:03	100%
Promedio de tiempo en molino interno	11:39	53%	13:23	56%
Promedio de tiempo en molino externo	06:14	29%	05:58	25%
Promedio de tiempo en piso	03:59	18%	04:42	19%

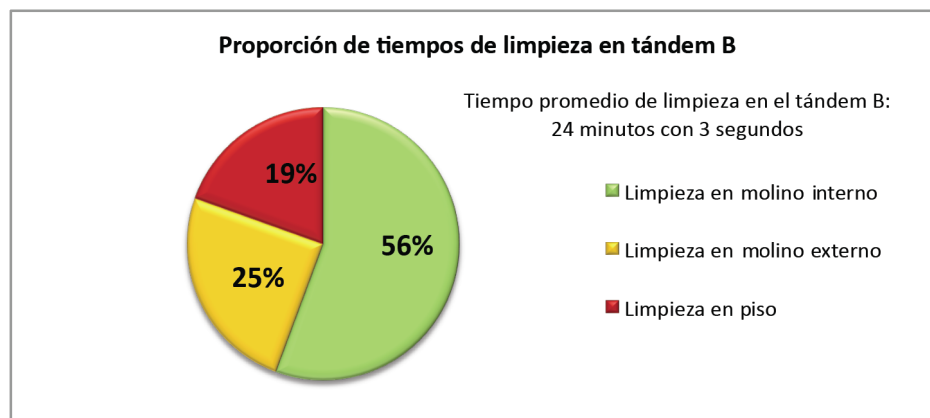
La división de áreas permite medir el tiempo invertido en la limpieza de los molinos logrando discernir las causas de una limpieza deficiente. En la proporción de tiempos de limpieza en las áreas del molino es importante observar que aunque le dedican mayor tiempo al molino interno se debe reducir aún más las proporciones de molino externo y piso. Todo esto parte de una capacitación deficiente que se imparte a los operarios de limpieza de los molinos que se pudo observar en la fase anterior del megaproyecto en el trabajo del Ing. Arturo Letona. Se realizaron encuestas y herramientas con el propósito de medir la efectividad de la capacitación impartida.

Las proporciones de tiempo de limpieza en las áreas entre tándem no varían considerablemente. La proporción de limpieza del molino interno en el tándem A es 53% y en el tándem B es 56%. La proporción de limpieza del molino externo es 29% en el tándem A y en el tándem B es 25%. La proporción de limpieza del piso en el tándem A es 18% y en el tándem B es 19%. Por lo que se observa que no existen graves deficiencias en la limpieza del tándem.

**GRÁFICA No. 57 PROPORCIÓN DE TIEMPOS DE LIMPIEZA EN EL TÁNDEM A**

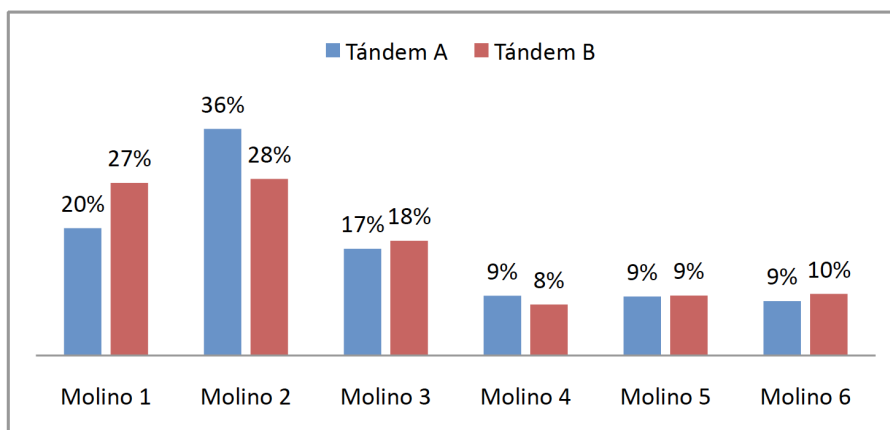


**GRÁFICA No. 58 PROPORCIÓN DE TIEMPOS DE LIMPIEZA EN EL TÁNDEM B**



Por medio de los datos ofrecidos por el estudio de tiempo se puede comprobar que la proporción de tiempo de limpieza en los molinos es la correcta ya que existe mayor actividad microbiológica en los primeros molinos. El operario debe enfocar el tiempo de limpieza en el primer y segundo molino primordialmente en el molino interno de cada tándem. La limpieza del tándem debe basarse en el conocimiento del operario de Control Operativo Microbiológico de los puntos críticos de cada tándem y el momento que aumenta el coeficiente microbiológico para realizar una limpieza eficiente.

GRÁFICA No. 59 PROPORCIÓN DE TIEMPO DE LIMPIEZA POR MOLINOS



### b. Observaciones

1) **Estructura de los molinos.** Existe diferencia en cuanto a diseño de las estructuras de los molinos entre el tándem A y B. En los primeros molinos del tándem A existen puentes metálicos donde existe acumulación de bagazo y ello propicia la proliferación de microorganismos en un área plana de 3 m<sup>2</sup>. La posición de la cortina es distinta en el tándem A ya que no se encuentra entre las mazas y el puente de concreto lo cual crea montañas de bagazo sobre las mismas y salpica jugo de caña constantemente. La posición de la cortina en el tándem B evita que se acumule bagazo en los puentes de concreto pero evita que se haga una limpieza eficiente en las mazas.

ILUSTRACIÓN No. 42 DIFERENCIA DE POSICIÓN DE CORTINAS ENTRE EL TÁNDEM A Y B. REALIZADO POR RAFAEL BASTERRECHEA

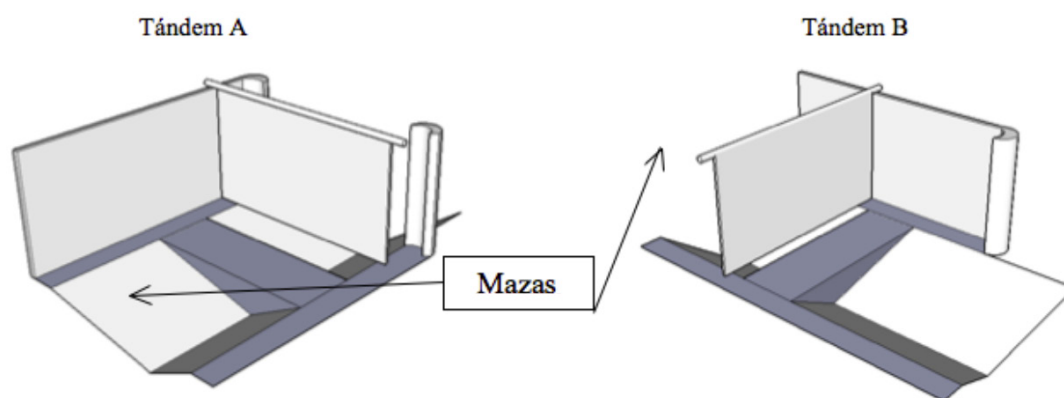


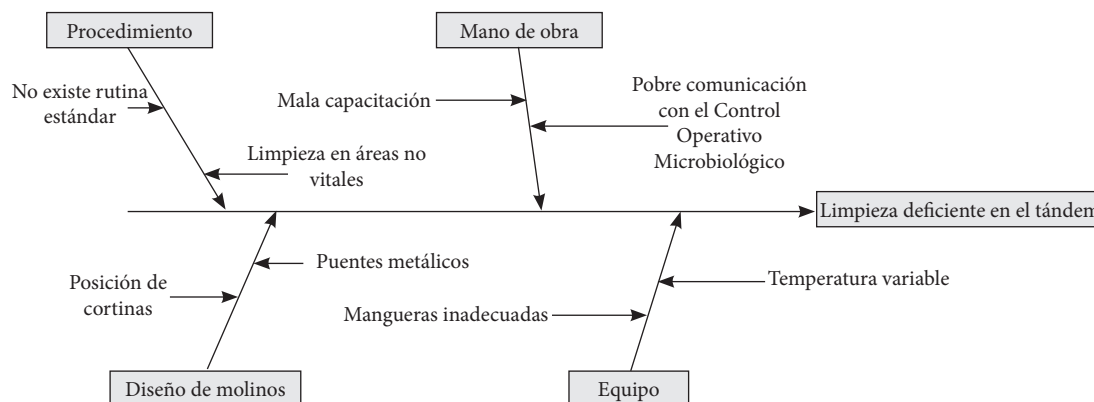
ILUSTRACIÓN No. 43 ACUMULACIÓN DE BAGAZO EN EL PRIMER MOLINO DEL  
TÁNDEM A



2) **Temperatura del agua de imbibición no es constante.** Establecer una temperatura adecuada para el funcionamiento del tándem y la limpieza de los molinos. No debe existir alta variabilidad en la temperatura del agua la cual debe estar en promedio en los 90oC. La temperatura constante permite estandarizar el tiempo de limpieza y desinfección de los molinos, tomar medidas de seguridad pertinentes y evitar que la actividad microbiológica aumente en determinadas áreas dentro del molino.

c. **Diagrama de causa y efecto.** El problema a resolver es la limpieza deficiente en el tándem la cual posee 4 causas principales que a su vez se dividen en dos sub-causas. Las causas principales son: **mano de obra** ya que la tarea de limpieza no es realizada por máquinas sino por operarios que no han recibido la capacitación adecuada así como una pobre comunicación con el Control Operativo Microbiológico que impide una limpieza adecuada ya que los puntos críticos del tándem no son prioridad; **procedimiento** debido a una falta de conocimiento de áreas vitales donde la actividad microbiológica es significativa y no hay una rutina estándar de limpieza en el molino desperdiándose agua y tiempo; **diseño de molinos** no existe uniformidad por lo cual ocasiona que exista variabilidad significativa entre resultados de coeficiente microbiológico entre cada tándem; y **equipo** se puede deber a boquillas inadecuadas o la variabilidad de la temperatura que no permite una limpieza eficiente.

**ILUSTRACIÓN No. 44 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO DE LA LIMPIEZA DEFICIENTE EN EL TÁNDEM**



#### 4. Elaboración de plan de mejoras para el procedimiento

##### a. Capacitación para operarios

- Brindar clases magistrales sustentadas en el instructivo haciendo énfasis en áreas claves de limpieza, de retención de líquidos y acumulación de bagazo.
- Establecer una rutina de limpieza (arriba hacia abajo y de izquierda a derecha).
- Fomentar la retroalimentación de los operarios sobre el procedimiento y áreas donde se acumulen bagazo y retengan líquidos.

**b. Coordinación entre operarios de limpieza de arriba y abajo.** Se propone que la sincronización de limpieza entre el operario de arriba y abajo sea de la siguiente forma: limpiar cada molino, primero arriba y después abajo. Entre dos hombres, el de arriba comienza por el sexto molino y al pasar al quinto molino comienza el de abajo por el sexto molino. Avanzando ambos hacia el primer molino limpiando arriba y de inmediato abajo. Se comienza por el sexto molino debido a la recirculación del jugo de caña.

**c. Paros programados y no programados.** Esto permite alcanzar áreas dentro del molino que son inaccesibles cuando el tándem se encuentra en funcionamiento. Debe comunicarse con el encargado de limpieza para saber las áreas que puede limpiar sin ocasionar accidentes.

**ILUSTRACIÓN No. 45 ACUMULACIÓN DE BAGAZO ENTRE MAZAS**



*En la imagen de la izquierda se puede apreciar la acumulación de bagazo entre las mazas y en la imagen de la derecha se encuentra oculto por el jugo de caña cuando está en funcionamiento el tándem.*

**c. Mejorar comunicación con los operarios del Control Operativo Microbiológico.**

El operario de Control Operativo Microbiológico está familiarizado con los puntos críticos del tándem lo cual permite que se realice una limpieza eficiente del tándem. Además de conocer a través de la prueba de resazurina el coeficiente microbiológico en determinado momento. Los puntos críticos varían entre el tándem A y B. Según podemos observar en la zafra 2010/2011, en el tándem A los puntos críticos se encuentran en los primeros dos molinos y la bandeja del molino 1 y 2. En el tándem B los puntos críticos se encuentran en los primeros dos molinos, bandeja del molino 1 y 2, bandeja del molino 3 y el colador de la bandeja del molino 1 y 2. Se puede observar que existe mayor cantidad de puntos críticos en el tándem B.

**ILUSTRACIÓN No. 46 PUNTOS CRÍTICOS DEL TÁNDEM A. REALIZADO POR OSBEL NUÑEZ**

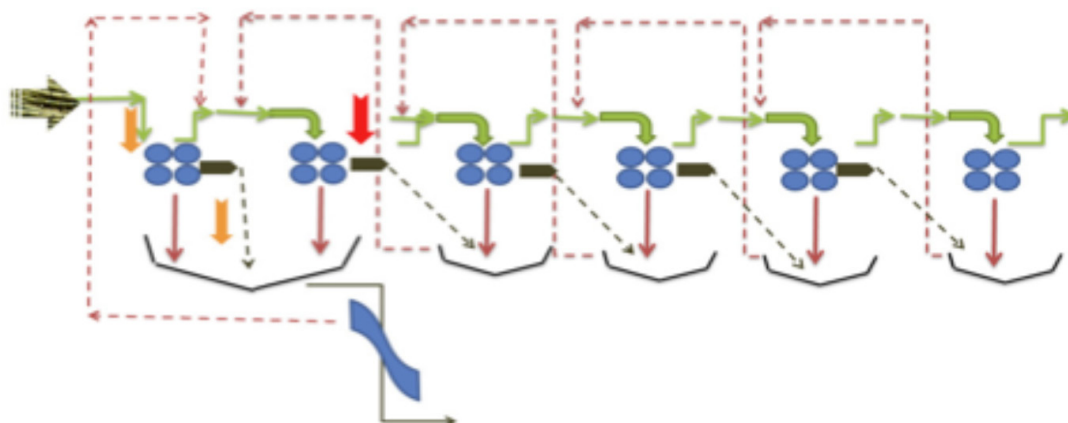
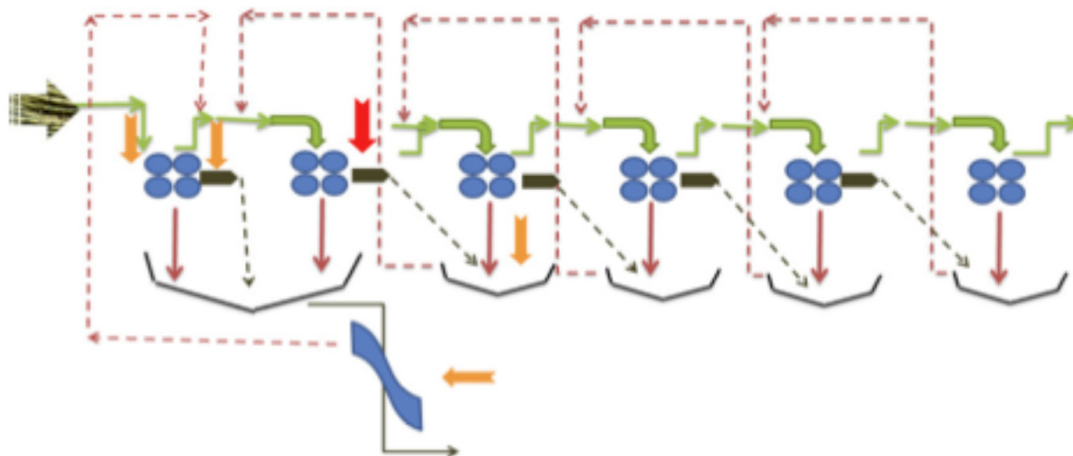


ILUSTRACIÓN No. 47 PUNTOS CRÍTICOS DEL TÁNDEM B. REALIZADO POR OSBEL NÚÑEZ



**5. Creación del instructivo para un mejor procedimiento de limpieza y desinfección en molinos.** El objetivo del instructivo es permitir la documentación del procedimiento de limpieza en el tándem, facilitar la capacitación e inducción a nuevos operarios, orientar al operario a través de rutinas adecuadas de limpieza de forma detallada, clara y precisa.

Se analiza superficialmente la seguridad industrial concerniente a la limpieza de los molinos utilizando el Sistema de Salud Laboral y Manejo de Seguridad de las OHSAS 18,000. Se procedió a la identificación de los peligros y evaluación de riesgos del puesto de trabajo. Acorde a los peligros identificados y la exposición a determinados riesgos se realiza acciones correctivas para minimizarlos a través de controles de ingeniería, controles administrativos, prácticas laborales y uso del equipo de protección personal.

Los controles de ingeniería implican la modificación física de una máquina o del ambiente de trabajo. Se procede a controles administrativos que modifican el cómo y cuándo los trabajadores realizan sus tareas, tales como los horarios de trabajo y la rotación de trabajadores con el fin de reducir la exposición. Finalmente se modifican las prácticas laborales como la capacitación de los trabajadores en la forma de realizar tareas que reducen los peligros de exposición en el lugar de trabajo. El equipo de protección personal está diseñado para la protección del operario de peligros y minimizar el riesgo de algún accidente, es por ello que debe ser obligatorio su utilización en la limpieza de los molinos.

Partiendo de lo general a lo específico para guiar al encargado y operario de limpieza, en el procedimiento general se especifican los pasos que debe seguir el operario de limpieza para llevar a cabo su trabajo. La rutina adecuada dependiendo del área que se está limpiando en el molino se detalla en el procedimiento específico sustentado en una ilustración para guiar al operario en su trabajo. En el molino interior se debe concentrar en las mazas y bandejas para eliminar áreas de retención de líquidos y acumulación de bagazo. El tiempo de limpieza en el molino externo y piso debe ser reducido siguiendo una rutina adecuada para su realización.

Se incluyen las mejoras propuestas que se propusieron a través de observación de campo durante las visitas técnicas durante la zafra 2010-2011 en conjunto con la ayuda de compañeros universitarios del megaproyecto, asesor del megaproyecto y expertos que están ligados a la industria azucarera. Se presentaron en el Ingenio Pantaleón el 30 de septiembre del 2011, lo cual permitió un intercambio de ideas y propuestas con el personal sobre cómo mejorar la limpieza de los molinos. La aceptación e implementación de las mejoras se llevará a cabo en la zafra 2011/2012.

El instructivo para un procedimiento mejorado de limpieza y desinfección en molinos se encuentra en la sección de anexos. (ver ANEXOS: Instructivo para un mejor procedimiento de limpieza y desinfección en molinos del Ingenio Pantaleón)

**6. Optimización del trabajo del operario de control microbiológico.** El estudio de tiempos, es una técnica que se utiliza para determinar el tiempo que se tardará en llevar a cabo una actividad, se toman en cuentas las demoras personales, fatiga y posibles retrasos que se puedan presentar en la actividad. El objetivo del estudio de tiempos, es aumentar la eficiencia de una operación, en otras palabras hacer más, en menos tiempo, por lo tanto lograr optimizar la eficiencia de un proceso.

Durante las visitas técnicas al ingenio, se realizó el procedimiento para análisis de los puntos críticos en los tandems A y B del ingenio Pantaleón, con la finalidad de entender y conocer el procedimiento que se lleva a cabo, y así poder determinar de manera correcta el tiempo y la forma en que se desarrolla cada una de las distintas actividades de éste procedimiento.

La compilación de los datos para el estudio de tiempos y el diagrama de recorrido se llevó a cabo durante el periodo de zafra 2010 – 2011 en el ingenio Pantaleón.

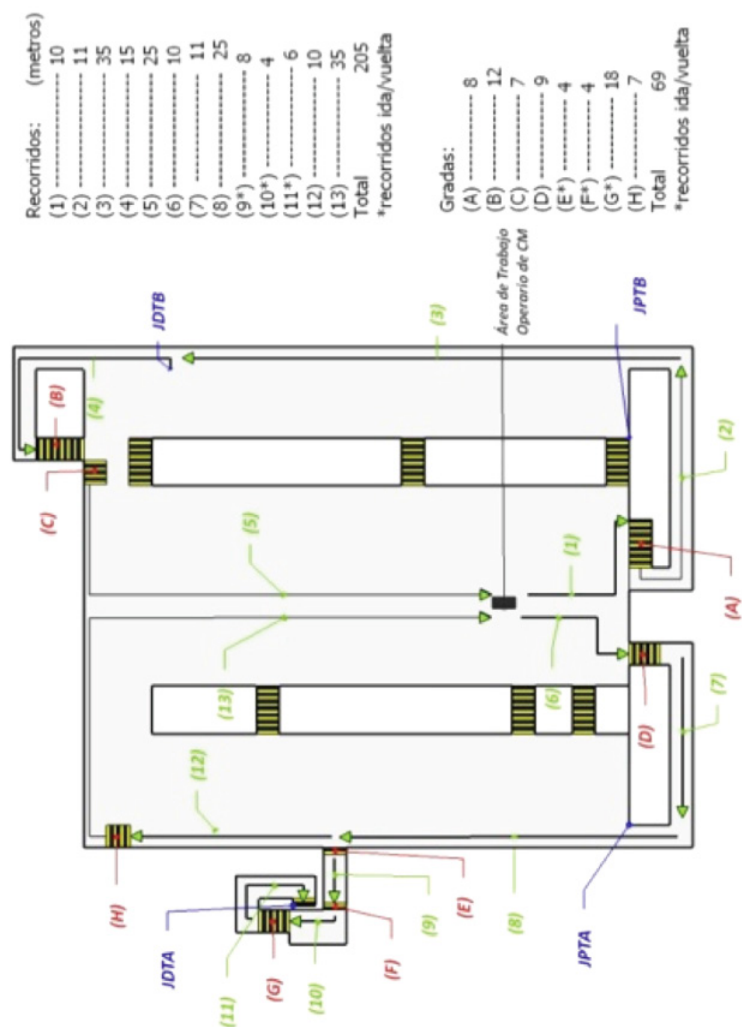
Las puntos de muestreo en los tandems A y B del área de molinos fueron los siguientes:

**TABLA No. 15 PUNTOS MUESTREADOS**

<b>Tándem A</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Tándem B</b>	<b>Abreviatura</b>
Molino 1 / Jugo primario	JPTA	Molino 1 / Jugo primario	JPTB
Jugo diluido	JDTA	Jugo diluido	JDTB

La ubicación de los puntos para la recolección de las muestras en los tandems A y B para el procedimiento de análisis sistemático es la siguiente:

ILUSTRACIÓN No. 48 PROPUESTA PARA RECORRIDO OPERARIO CM



Al evaluar la ILUSTRACIÓN No. 48, se obtiene el recorrido óptimo para la recolección de las muestras, tanto de jugo primario como diluido de ambos tandems. La recolección de las muestras debe respetar una restricción, ésta es de la siguiente manera: no es posible recolectar una muestra de jugo diluido, antes que la de jugo primario, en cualquier tandem; con la finalidad de tratar de obtener una muestra del mismo jugo primario que se obtiene al inicio.

**a. Situación propuesta del procedimiento para el control microbiológico.** El operario de control microbiológico por el momento, no cuenta con una PC en su estación de trabajo.

En la situación actual, el operario de control microbiológico debe caminar alrededor de 150 metros hacia el laboratorio de caña, por lo cual se ve imposibilitado en participar activamente en la toma de decisiones de limpieza y aplicación del bactericida. Además el sistema que él alimenta en el laboratorio

de caña, no realiza ningún tipo de cálculo, reporte o gráfica, induciendo el error humano en el cálculo e ingreso de los datos.

El contexto anterior nos llevó a evaluar la posibilidad de incorporar una PC en el área de trabajo del operario de control microbiológico. La TABLA NO. 16 contempla una aproximación del ahorro de tiempo que el operario de control microbiológico podría experimentar.

**TABLA No. 16 ESTUDIO DE TIEMPOS OPERARIO CM**

	Actividad	Actual		Con PC en estación de trabajo	
			Porcentaje		Porcentaje
(1)	<b>Toma de muestras</b>	<b>884</b>	<b>38.6%</b>	<b>884</b>	<b>50.2%</b>
(1.1)	Caminar (205 metros)		15.6%		20.3%
(1.2)	Gradas (69 escalones)		9.7%		12.6%
(1.3)	Toma de muestra (4)		13.3%		17.3%
(2)	<b>Preparación muestras (4)</b>	<b>369</b>	<b>16.1%</b>	<b>369</b>	<b>21.0%</b>
(2.1)	Colar muestras		5.1%		6.7%
(2.2)	Llenar tubos		7.0%		6.0%
(2.3)	Limpieza		3.9%		3.3%
(3)	<b>Cálculos</b>	<b>170</b>	<b>7.4%</b>	<b>0</b>	<b>0.0%</b>
(4.1)	<b>Ingreso de datos sistema</b>	<b>495</b>	<b>21.6%</b>	<b>133</b>	<b>7.6%</b>
(4.2)	Caminar lab. de Caña		15.8%		0.0%
(4.3)	Ingreso de datos		5.8%		7.6%
(5)	<b>Limpieza área de trabajo</b>	<b>375</b>	<b>16.4%</b>	<b>375</b>	<b>21.3%</b>
(5.1)	Traer agua		6.5%		8.5%
(5.2)	Limpieza		9.9%		12.8%
TOTAL (segundos)		2293		1761	
Frecuencia del muestro (segundos)		2700		2700	
% de ocupación		85%		65%	

Al evaluar la TABLA No. 16, se aprecia un ahorro significativo en el tiempo total del proceso para realizar el muestreo, preparar las muestras e ingresar los datos al sistema, se reduce el tiempo en 532 segundos aproximadamente nueve (9) minutos, de los cuales 362 segundos aproximadamente seis (6) minutos eran utilizados para trasladarse al laboratorio de caña y los otros 170 segundos aproximadamente tres (3) minutos eran utilizados en realizar los cálculos de coeficiente microbiológico. Este ahorro en tiempo y mejora en tecnología, permitirá al operario de control microbiológico, dedicar más y mejor tiempo a situaciones referentes a la limpieza y la ayuda en toma de decisiones referentes a la aplicación del bactericida, así como otros análisis eventuales para mejorar el control que se realiza.

## **E. Unificación de base de datos para el procesamiento de la información y diseño de manual para su implementación**

**1. Conciliar y establecer el registro de datos y el procesamiento de la información del sistema.** Para la conciliación y establecimiento de un registro de datos para el ingreso y análisis de la información del sistema, se tomó en cuenta las bases de datos creadas por los integrantes Woc (2,011) y Basterrechea (2,011).

Ambos integrantes realizaron una base de datos similar, donde el sistema despliega el CM (coeficiente microbiológico) de la muestra. Woc realizó una base de datos para el área de Caña, para el ingreso de datos de todas las muestras tomadas antes de la molienda de la caña. Basterrechea diseñó su base de datos para que el usuario pueda ingresar los datos de las muestras en el área de Tandem, todas las muestras de jugo de caña.

Ambos sistemas se encuentran diseñados para desplegar el CM de las muestras ingresadas, diferentes informes y gráficas para el análisis del usuario y demás involucrados.

Se conciliaron las bases de datos de ambos autores en un mismo documento para unificar toda la información en un mismo documento, esto mejora el grado de obtención de información, ayuda a controlar el ingreso de datos y hace más eficiente el análisis de la información para todos los involucrados.

Para unificar el sistema, básicamente se copiaron las tablas de Excel de ingreso de datos de ambos autores a un mismo documento. Las tablas contenían fórmulas que se tuvieron que validar nuevamente porque al mover la tabla principal de documento se des-configuraron. Ambos autores diseñaron dentro de su sistema varias pestañas con tablas pivote y gráficas pivote para facilitar la interpretación de información del sistema. Cuando se realizó la conciliación, toda la información de las tablas pivote se perdió, ya que se encontraban relacionadas directamente al documento original de cada autor, por lo que se realizaron las tablas y gráficas de cada sistema en el documento unificado.

Se ordenaron las pestañas dependiendo del área de ingreso de datos, colocando en el documento todas las pestañas del área de Tandem primero y luego todo el sistema de ingreso e interpretación de datos del área de caña.

Se creó un menú “inteligente” para que el sistema sea amigable con el usuario al momento de utilizarlo. En el menú principal se insertaron botones con hipervínculos para re-direccionar al usuario al área de ingreso de datos requerida dependiendo de su ubicación en la toma de muestras. En las pestañas de ingreso de datos de ambas áreas se colocaron botones con hipervínculos que re dirigen al usuario a las tablas y gráficas de análisis de cada sistema, también un botón que los regresa al menú principal. En todas las pestañas de reportes existe un botón que los regresa a la pestaña de ingreso de datos.

Se ordenó toda la información y tablas de ambos sistemas, eliminando o escondiendo todas las columnas o filas que no son útiles. Se le agregaron colores a las celdas y tablas que lo requieren para hacer visualmente más amigable todo el sistema y permitir un análisis más eficiente para el usuario.

El sistema consolidado de registro de datos y procesamiento de la información se adjunta a este trabajo en un CD para que lo puedan utilizar en el Ingenio Pantaleón y los estudiantes de la Universidad del Valle de Guatemala que darán seguimiento al proyecto.

**2. Confeccionar el manual del registro de datos y procesamiento de la información del sistema.** El manual diseñado es una herramienta que permite al usuario conocer y utilizar el sistema diseñado para el ingreso y procesamiento de la información del área de Tándem y Caña.

Para el diseño del manual se tomó en cuenta el sistema unificado para el ingreso y análisis de la información, considerando todos los procedimientos que son necesarios para ingresar información, así mismo todos los pasos necesarios para poder variar las tablas pivote y analizar únicamente los datos que se desee.

Es útil para la continuación del Megaproyecto, que a partir de la siguiente zafra serán los mismos operarios los que tomen las muestras en campo e ingresen los datos al sistema. A diferencia de la zafra 2,010-2,011 los operarios ingresaban los datos en hojas de papel y los estudiantes de la Universidad eran encargados de pasar todos los datos al sistema, ahora se hará más eficiente el sistema, se eliminará un paso innecesario y se facilitará el análisis de toda la información.

El manual se diseñó de forma que sea comprensible para una persona que maneje los usos básicos de Excel, esto no es problema debido a que los operarios encargados de la toma de muestras tienen un grado técnico. Se encuentra diseñado con palabras simples y para facilitar la comprensión del usuario tiene un gran número de imágenes que indican con flechas rojas las opciones de selección para el usuario. Se dividió en dos partes, la primera indica el uso del sistema en el área de Tándem y la segunda del área de Caña, en ambos se explica para que sirve cada tabla y cuáles son los factores que puede variar el usuario.

Esta guía será de gran utilidad para los usuarios y estudiantes que continúan el Megaproyecto, el documento se puede observar en ANEXOS.

### **3. Conclusiones parciales**

a. Se estableció un registro de datos unificado para el ingreso y análisis de la información del sistema en el laboratorio de caña y el área de tándems, haciendo más eficiente esta labor para los usuarios en el Ingenio y las futuras generaciones del Megaproyecto.

b. Se diseñó un manual del sistema de ingreso y procesamiento de la información producto de la creación de un sistema computarizado, estandarizando y facilitando la comprensión y uso del sistema a los usuarios

#### 4. Recomendaciones parciales

- a. Dar una capacitación a los usuarios del Ingenio que ingresaran los datos. Hacer una presentación antes del inicio de la zafra basada en el manual de usuario para el sistema, donde se les enseñe a utilizar todo el sistema e interpretar los resultados.
- b. Realizar cualquier modificación en el sistema y el manual de ingreso y procesamiento de información respecto a cualquier modificación que se realice para mantener actualizada la información.

### F. Evaluación económica del proyecto

**1. Actualización de los procedimientos sugeridos anteriormente para evaluar económicamente el efecto de la actividad microbiológica en el proceso.** Debido a la complejidad de asociar la recuperación de azúcar con la actividad microbiológica, y al mismo tiempo por el hecho de que todavía el proceso de evaluación de otros gastos está en fase inicial de desarrollo de modelos, no fue posible en esta etapa utilizar dichas herramientas. En esta etapa se evaluará a partir de los datos directos de consumo de bactericida antes de aplicar el sistema y después de aplicar el sistema.

También un análisis beneficio/costo tomando el máximo recuperable de azúcar perdida por actividad microbiana para evaluar el punto donde se alcanza la rentabilidad de la implementación del test de resazurina.

Se parte del principio, que durante la zafra 2,010-2,011 el ingenio Pantaleón no presento ninguna situación operacional crítica atribuible a la actividad microbiológica, como alta viscosidad en masas cocidas, dificultades en cristalización o incrementos ostensibles de la pureza en la miel final en comparación con zafas anteriores.

Durante la zafra 2,010-2,011 se inició la implementación del control microbiológico por medio del test de la resazurina. Anteriormente el ingenio contaba con un procedimiento de aplicación continuo de bactericida en un punto fijo del proceso, los operarios lo aplicaban de forma permanente y volumen fijo. Con el método actual se erradicó la constancia en el método y el bactericida se aplica únicamente cuando lo requiere el sistema a una relación de 500 ppm (partes por millón) con relación al jugo.

Poder decir que existe una relación entre las situaciones críticas atribuidas a la actividad microbiológica y el cambio en el método de aplicación de bactericida no es posible por el momento, ya que no se puede relacionar ambas, porque puede que se deba a otros factores como la trata que se le dio a la caña desde las fincas, el tiempo de espera que tuvo la caña desde el corte hasta el proceso, la sanidad dentro de la industria, etc.

Sin embargo no se debe descartar que el nuevo método de aplicación al ser más eficiente, pudo incidir en parte a que no se tuviera alguna situación crítica por microbianos. A pesar de que no se puede relacionar una con otra, se debe recalcar que con el método de aplicación de bactericida anterior, en todas las zafas anteriores se tuvo al menos un período crítico por actividad microbiológica que causo pérdidas de producto o paros en la planta ocasionando grandes pérdidas monetarias, y con el nuevo método de aplicación de bactericida, solamente cuando es necesario y una forma estándar de aplicación no se tuvo ningún tiempo crítico por actividad microbiana en la planta, pero no es 100% seguro que exista alguna relación.

**a. Análisis crítico de procedimientos propuestos en fases anteriores.** Los autores anteriores han tenido dos tipos de procedimiento para evaluar el beneficio de implantar un sistema de control microbiológico. El primero, tomando en cuenta la contabilidad azucarera evaluando las pérdidas-recuperación por la actividad microbiológica y el sistema de control propuesto. El segundo evaluando pérdidas y costos adicionales puntuales causados por la actividad microbiológica y su disminución o ahorro de productos auxiliares por la aplicación del sistema. A continuación un análisis de cada uno de los dos procedimientos.

En julio de 2,007 se inicio el proyecto de control microbiológico por medio de resazurina en el Ingenio Santa Ana. A finales del 2,008 el Megaproyecto continuó con sus estudios en el Ingenio Pantaleón hasta la fecha finales de 2,011. Durante todas las fases transcurridas se realizaron varios estudios evaluando las inversiones necesarias antes de la implementación del proyecto, análisis de costos y beneficios para el ingenio y los ahorros en bactericida que representaría la implementación del proyecto. Los autores anteriores trabajaron con base en aspectos teóricos (Granai 2,008 y Díaz 2,010) o en base a suposiciones por el hecho de no haber estado presentes durante todo el proceso de implementación (Guzmán 2,011).

Se realizará un análisis crítico de las primeras propuestas, ya que existen puntos de los autores que pueden ser tomadas en cuenta, sin embargo por el tiempo transcurrido del estudio se encuentran desactualizadas o fueron realizadas con bases teóricas. En la zafra 2,010-2,011 se hizo la primera implementación del control microbiológico por medio de resazurina, por lo que a diferencia de los autores anteriores se cuenta con datos reales de la zafra.

Granai (2,008) planteó la opción al ingenio de la implementación del test de resazurina en lugar del análisis de densidad microbiana y el de la prueba de dextrana (mide la concentración de dextrana en los jugos), comparando la diferencia de costos en los distintos métodos para demostrar la viabilidad del test de resazurina. Además la autora utilizó el ahorro de bactericida teórico que se podía obtener con la implementación del sistema y realizó un análisis costo-beneficio, utilizando como beneficio el ahorro en bactericida y una estimación en azúcar que se podía recuperar por la disminución de la actividad microbiana. Díaz (2,010) realizó un análisis costo-beneficio en donde el costo es la inversión inicial del ingenio y el beneficio el ahorro en bactericida. Guzmán (2,011) llevó a cabo de la misma manera que los autores anteriores un análisis costo-beneficio, sin embargo como costo ya se tomó en cuenta las prestaciones laborales e inversión inicial y el beneficio es el ahorro en bactericida, sin embargo los datos

utilizados fueron estimaciones de los primeros treinta días de zafra y no de la zafra completa. Además el autor hizo un análisis de sensibilidad para los beneficios esperados para la azúcar recuperada, donde utilizó como base la información de Granai (2,008) sin actualizar los datos correspondientes por lo que para la fecha no sería válido ya que los precios del azúcar han variado con los años.

**b. Análisis de costos para la implementación del test de resazurina.** Como se hizo mención Granai (2,008) realizó un análisis de tres escenarios posibles:

- 1) Propuesta 1: Método propuesto
- 2) Propuesta 2: Método actual y propuesto
- 3) Propuesta 3: Método actual (2 veces por semana) y propuesto

El método propuesto por la autora es el método del test de resazurina, los otros dos que ya se estaban implementando en el Ingenio Santa Ana eran la prueba de dextrana y recuento microbiológico. La autora analizó los costos de implementación diarios para cada método.

**TABLA No. 17 COSTOS DIARIOS POR MÉTODO (GRANAI 2008)**

<b>Método propuesto</b>	<b>Costo diario Quetzales</b>	<b>Costo diario Dólares</b>
Prueba de Resazurina	Q24.48	\$3.06
Prueba de Dextrana	Q240.00	\$30.00
Recuento microbiológico	Q39.01	\$4.88

A pesar de que la autora realizó un análisis de tres escenarios, para el fin de este trabajo solamente tomaremos en cuenta el escenario 1, porque es el único que evalúa solamente los costos de implementación del test de resazurina, los demás sistemas no son tomados en cuenta debido a que en la zafra 2,010-2,011 ya se realizó la implementación del test de resazurina en el Ingenio Pantaleón sin tomar en cuenta la prueba de dextrana ni el recuento microbiológico.

**TABLA No. 18 COSTOS PARA MÉTODO PROPUESTO GRANAI (2,008)**

<b>Escenario 1</b>	<b>Costo diario</b>	<b>Días trabajados</b>	<b>Costo total</b>
Prueba de Resazurina	Q24.48	156	Q3,818.88
Prueba de Dextrana	Q240.00	0	-
Recuento microbiológico	Q39.01	0	-
	<b>Total Quetzales</b>		<b>Q3,818.88</b>
	<b>Total Dólares</b>		<b>\$477.36</b>

Granai (2,008) obtuvo una inversión inicial en viales para la implementación del sistema de Q3,818.88. Posteriormente incluye la inversión de capital requerida en equipo y materiales necesarios obtuvo una inversión inicial total de Q20,595.81 equivalente a \$ 2,574.48.

A diferencia de la primera autora, Guzmán (2,011) sí tomó en cuenta la inversión inicial que debe de realizar el ingenio pre-implementación, donde consideró los viales y herramientas, además considero únicamente la implementación en el área de los tandemes, utilizando tres operarios para el trabajo de campo y un operario adicional encargado de realizar los análisis correspondientes y preparación de las muestras. Los costos que el autor tomó en cuenta se muestran en las TABLA No. 19 y TABLA No. 20.

**TABLA No. 19 INVERSIÓN INICIAL (GUZMÁN 2011)**

<b>INVERSIÓN INICIAL</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total</b>
<b>Autoclave</b>	Q29,380.00	1	Q29,380.00
<b>Cristalería varia</b>	Q1,200.00	1	Q1,200.00
<b>Tubos de ensayo</b>	Q1.10	1000	Q1,100.00
<b>Gradillas</b>	Q110.00	6	Q660.00
<b>Termómetro</b>	Q60.00	1	Q60.00
<b>Baños María</b>	Q1,500.00	2	Q3,000.00
<b>Total Quetzales</b>			<b>Q35,400.00</b>
<b>Total Dólares</b>			<b>\$4,425.00</b>

**TABLA No. 20 COSTOS FIJOS (GUZMÁN 2011)**

<b>COSTOS FIJOS</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio diario</b>	<b>Precio zafra</b>
Personal	Q100.00	4	Q400.00	Q 64,000.00
Solución Resazurina	Q0.07	200	Q14.00	Q 2,240.00
Otros	Q8.00	1	Q8.00	Q 1,280.00
<b>Total Quetzales</b>			<b>Total Quetzales</b>	<b>Q67,520.00</b>
<b>Total Dólares</b>			<b>Total Dólares</b>	<b>\$8,440.00</b>

Guzmán (2,011) tomó en cuenta para los gastos diarios la solución de resazurina, el salario diario para cuatro operarios y otros. El autor toma como otros un dos por ciento del total diario de personal y solución resazurina, para que los operarios cuenten con un margen de error en el proceso. Los gastos diarios son estimaciones ya que solo se tomo como muestra los primeros 30 días de la zafra. El autor estimó una zafra de 160 días, por lo que la estimación de los costos fijos que incurre el Ingenio Pantaleón para el seguimiento del proyecto es de \$ 8,440.00 , añadiéndole la inversión inicial \$ 4,425.00 se obtiene un total de \$ 12,865.00 de costos que incurre el Ingenio en el primer año de implementación.

**1) Actualización en la inversión en la inversión inicial requerida por el Ingenio.** En la zafra 2,010-2,011 se implementó el proyecto en el Ingenio Pantaleón, donde ellos aceptaron realizar las inversiones necesarias para el funcionamiento correcto del proyecto. Accedieron cubrir los costos de los viales necesarios como la resazurina, tubos para las pruebas y baño de María, los gastos de laboratorio no son cargados ya que se utilizaron las instalaciones y todas las demás herramientas de laboratorio del ingenio siempre que se realizaron las pruebas dentro de las instalaciones del ingenio.

Además de cubrir los costos de los viales, el ingenio vio necesario el invertir en salarios para los técnicos encargados de tomar las muestras y ser encargados básicamente del trabajo de campo del proyecto y el salario de un supervisor del proyecto. Se decidió como necesario contar con tres técnicos en el proyecto y un asesor, debido a que la industria azucarera es una agroindustria que funciona las 24 horas al día durante aproximadamente 5 meses y medio, los técnicos cubren turnos rotativos de 8 horas al día para así tener siempre a una persona encargada de tomar muestras, realizar el análisis correspondiente y toma de datos durante cualquier momento del día.

Es necesario contar con colaboradores con cierto grado de estudio universitario o técnico para desempeñar el trabajo de técnico, ya que se requiere toma de datos y análisis de información, el ingenio decidió invertir en sueldos de 3,000 Q. Mensuales para estas tres personas, para el puesto de Supervisor/ asesor se destino un salario de 2,000 Q. Mensuales como se observa en la siguiente tabla.

**TABLA No. 21 COSTOS FIJOS QUE INCURRE EL INGENIO PANTALEÓN MENSUALMENTE**

<b>Costos fijos</b>	
	<b>Salario mensual</b>
Técnico 1	Q3,000.00
Técnico 2	Q3,000.00
Técnico 3	Q3,000.00
Asesor	Q2,000.00
<b>Total mensual</b>	<b>Q11,000.00</b>
<b>Total zafra Quetzales</b>	<b>Q55,000.00</b>
<b>Total zafra Dólares</b>	<b>\$6,875.00</b>

La zafra 2,010-2,011 a mediados de noviembre y culminó en mayo, la implementación del test de resazurina inició en diciembre del 2,010 y culminó abril del 2,011 debido a que las autoridades del ingenio tomaron la decisión de culminar los últimos días de zafra sin control microbiológico, por lo que el ingenio incurrió en los costos de salarios de tres técnicos y un asesor únicamente por 5 meses.

A diferencia de Granai (2,008) y Guzmán (2,011) los datos que se presentan ya son los reales, obtenidos por el trabajo en campo de los estudiantes de la UVG y los técnicos proporcionados por el Ingenio Pantaleón. Guzmán (2,011) fue el autor que se encontraba más acertado respecto a la inversión inicial que tenía que hacer el ingenio para la implementación, el inconveniente es que incluyó en la tabla No.19 Inversión Inicial herramientas con las que ya se contaba en el Ingenio o no necesarias al comprar los viales, tales como el autoclave, cristalería varia y gradillas. Por lo que la inversión inicial real que tuvo el Ingenio Pantaleón es solamente en el baño de María y el termómetro como se puede observar en la tabla No.22

**TABLA No. 22 INVERSIÓN INICIAL INGENIO PANTALEÓN**

<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total Quetzales</b>	<b>Precio total Dólares</b>
Termómetro	Q60.00	1	Q60.00	\$7.50
Baños María	Q1,500.00	1	Q1,500.00	\$187.50
		<b>Total</b>	<b>Q1,560.00</b>	<b>\$195.00</b>

El ingenio solamente invirtió en un baño de María a diferencia de cómo lo había mencionado Guzmán (2,011), en el laboratorio ya se contaba con uno y el que se compró fue para colocarlo en el área de los molinos.

Respecto a la compra de la sustancia resazurina tanto Granai (2,008) como Guzmán (2,011) realizaron una estimación diaria de lo consumido para obtener el costo fijo del químico. Para los tubos de ensayo, la primera autora no realizó ninguna estimación, Guzmán (2,011) lo incluyó como un costo de inversión. Durante la implementación del test de resazurina en la zafra 2,010-2,011 se decidió realizar compras mensuales de la sustancia y los tubos de ensayo. El ingenio cubrió los costos de ambos y debido a que fueron constantes fueron tomados como costos fijos.

**TABLA No. 23 COSTOS FIJOS DE VIALES DEL INGENIO PANTALEÓN**

Mes	Costo de tubos de ensayo y Rezarsurina
Diciembre	Q5,526.20
Enero	Q5,526.00
Febrero	Q5,526.00
Marzo	Q5,526.00
Abril	Q5,526.00
<b>Total Quetzales</b>	<b>Q27,631.00</b>
<b>Total Dólares</b>	<b>\$3,453.88</b>

El Ingenio Pantaleón invirtió Q 27,631.00 o \$ 3,453.88 en la compra del químico resazurina y los tubos de ensayo. Tanto los primeros días de noviembre como todo el mes de mayo no fue implementado el test de resazurina en el Ingenio, por lo que los costos de los viales solamente se calcularon de diciembre del 2,010 hasta abril del 2,011.

El costo real de implementación del control microbiológico por medio del test de resazurina del Ingenio Pantaleón para la zafra 2,010-2,011 es de \$10,523.88, obtenido de los costos de inversión (\$ 195.00), los costos fijos de sueldos (\$6,875.00) y los costos fijos de los viales (\$ 3,453.88).

**TABLA No. 24 COSTOS REALES TOTALES ZAFRA 2010-2011**

Costos fijos totales		
Inversión Inicial	Q1,560.00	\$195.00
Salarios	Q55,000.00	\$6,875.00
Viales	Q27,631.00	\$3,453.88
<b>Total</b>	<b>Q 84,191.00</b>	<b>\$10,523.88</b>

En la TABLA No. 25 se puede observar una comparación de los costos totales en lo que debería de haber incurrido el Ingenio Pantaleón para la implementación del proyecto según los distintos autores con los costos reales totales incurridos por el Ingenio en la presente zafra 2,010-2,011.

**TABLA No. 25 COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN**

	Costo total
Granai (2,008)	\$ 2,574.48.
Guzmán (2,011)	\$ 12,865.00
Costo real zafra 2,010-2,011	

Al analizar la TABLA No. 25 observamos que Granai (2,008) al no haber tomado en cuenta el costo fijo (salarios) por la intuición de que el Ingenio contaba con suficiente personal como para tener que invertir en nuevo personal, se encuentra muy lejos del dato real de implementación, sin embargo el ingenio invirtió en contratar a cuatro personas nuevas (3 técnicos y 1 asesor). Asimismo la inversión que se tuvo en la compra de resazurina y tubos de ensayo era mínima para ambos autores \$ 477.66 para la primera y para Guzmán (2,011) \$ 417.50, no obstante la inversión real que se tuvo de es de \$ 3,453.88 un dato muy lejano al descrito por ambos autores. Guzmán (2,011) fue el autor que más se aproximó al dato real de costo de inversión total, fue por el hecho de que el incluyó en los costos de inversión varias herramientas y máquinas con las que el ingenio ya contaba y no fue necesario realizar una inversión, eso fue lo que ayudo a estabilizar el costos total, pero es errónea la forma de obtención del autor mencionado.

**c. Consumo y ahorro de bactericida.** Los autores anteriores realizaron varios estimados del consumo de bactericida que realizaba el ingenio previamente a la implementación del test de resazurina, para así poder comparar y demostrar los ahorros en costos de bactericida para el Ingenio. Uno de los beneficios más ostentables que presenta la aplicación del test de resazurina es el ahorro en bactericida, anteriormente el método de suministración de bactericida al proceso azucarero era de forma constante y a un volumen fijo, con el test de resazurina se le aplicara bactericida al proceso únicamente cuando el sistema lo requiera y a un volumen variable.

En los inicios del proyecto no se tenía una alianza fortificada con las autoridades del Ingenio, por lo que los autores anteriores realizaron estimaciones de la cantidad de bactericida que se aplica en una zafra completa utilizando el método tradicional. Granai (2,008) estableció un consumo de 67,947.62 lb por zafra, Díaz (2,010) un consumo de 120,000 lb por zafra y Gúzman (2,011) 28,160 lb.

**TABLA No. 26** COSTO TOTAL DE BACTERICIDA MÉTODO TRADICIONAL (GRANAI 2008)

Desinfectante	Lb por zafra	Costo Quetzales/ zafra	Costo Dólares / zafra
SMB	33,973.81	Q209,913.98	\$26,239.25
QUAT-25	33,973.81	Q235,567.61	\$29,445.95
<b>Total</b>	<b>67,947.62</b>	<b>Q445,481.59</b>	<b>\$55,685.20</b>

**TABLA No. 27** COSTO TOTAL DE BACTERICIDA MÉTODO TRADICIONAL (DIAZ 2010)

Desinfectante	Lb por zafra	Costo Quetzales/ zafra	Costo Dólares / zafra
SMB	60,000	Q370,722.00	\$46,340.25
QUAT-25	60,000	Q416,028.01	\$52,003.50
<b>Total</b>	<b>120,000</b>	<b>Q786,750.01</b>	<b>\$98,343.75</b>

**TABLA No. 28** COSTO TOTAL DE BACTERICIDA MÉTODO TRADICIONAL (GUZMÁN 2011)

<b>Desinfectante</b>	<b>Lb por zafra</b>	<b>Costo Quetzales/zafra</b>	<b>Costo Dólares / zafra</b>
MAGNACIDE D30	9,386.67	Q94,805.37	\$11,850.67
LABS SMB	9,386.67	Q70,024.56	\$8,753.07
BETA STAB	9,386.67	Q182,758.46	\$22,844.81
<b>Total</b>	<b>28,160.01</b>	<b>Q347,588.39</b>	<b>\$43,448.55</b>

Como se puede analizar en las TABLA NO. 26, TABLA NO. 27, TABLA NO. 28 los tres autores supusieron que los consumos de bactericida eran equitativos durante toda la zafra, que cada marca se iba a consumir en un 33.3%. Las suposiciones de los autores son tomadas solo como datos comparativos y no son utilizadas debido a que no se encuentran apegadas a la realidad como se observara posteriormente.

De los autores anteriores Granai (2,008), Díaz (2,010) y Guzmán (2,011) no se hace referencia en el ahorro de bactericida más que en la cantidad supuesta de consumo de bactericida pre-implementación. Granai dejó una metodología teórica para la obtención de ahorro en bactericida, no es tomada en cuenta debido a su desactualización, Díaz no tomó en cuenta dicho factor y Guzmán obtuvo por medio de una extrapolación de los datos de los primeros treinta días un dato de ahorro de bactericida, sin embargo no es tomado en cuenta debido a que el test de resazurina no se implemento desde el inicio de la zafra, así que los datos de Guzmán serán excluidos en esta parte.

Fue proporcionado por parte del ingenio la cantidad de caña que fue procesada en las zafras 2,009-2,010 y 2,010-2,011. Así mismo se proporcionó la cantidad de litros por caña procesada que fueron consumidos durante 2,009-2,010, para la obtención de los datos de la zafra 2,010-2,011 se recolectaron diariamente durante toda la zafra mediante trabajo de campo de los estudiantes y técnicos.

**TABLA No. 29** TONELADAS DE CAÑA CONSUMIDAS

<b>Toneladas de caña procesadas</b>	
Zafra 2009-2010	<b>4,028,036</b>
Zafra 2010-2011	<b>3,920,387</b>

**TABLA No. 30** LITROS CONSUMIDOS POR TONELADA DE CAÑA PROCESADA ZAFRA 2009-2010

Zafra 2009-2010	
Bactericida	Litros/tonelada de caña procesada
B(beta)stab	0.0023
SMB	0.00114
Magnacide	0.00114
<b>TOTAL</b>	<b>0.00458</b>

Por medio del razonamiento de los datos anteriores se logró obtener la cantidad real de bactericida consumido en una zafra donde no se ha implementado en método del test de resazurina, por lo que nos sirve como un indicador real para analizar los ahorros reales en litros de bactericida y costos que representa para el ingenio al momento de implementar el proyecto. Los costos por litro de bactericida para la Zafra 2009-2010 se pueden observar en los Anexos.

**TABLA No. 31** CONSUMO Y COSTOS DE BACTERICIDA ZAFRA 2009-2010

Zafra 2009-2010			
Bactericida	litros/zafra	Costo Quetzales/zafra	Costo Dólares/zafra
B(beta)stab	9264.5	Q343,897.60	\$42,987.20
SMB	4592.0	Q67,593.67	\$8,449.21
Magnacide	4592.0	Q86,328.87	\$10,791.11
<b>Total</b>	<b>18448.4</b>	<b>Q497,820.14</b>	<b>\$62,227.52</b>

Se multiplicó el dato proporcionado de litros por tonelada de caña procesada de cada bactericida por el total de toneladas de caña procesadas para obtener la cantidad de litros consumidos por bactericida. El Ingenio Pantaleón tuvo un gasto total de bactericida de \$ 62,227.52 para Zafra 2009-2010 (sin implementar el test de resazurina), donde el Beta Stab fue el que más influyó en aumentar los costos debido a su alto precio unitario y la cantidad de litros que fueron utilizados del mismo.

Suponiendo que el Ingenio hubiese continuado con el mismo procedimiento de aplicación de bactericida y con los mismos tipos de bactericida, utilizando la cantidad de toneladas de caña que fueron procesadas en la zafra 2,010-2,011 y suponemos que hubieran realizado el mismo consumo de litros de bactericida por tonelada de caña procesada, se realiza una estimación de lo que hubiera consumido el Ingenio en la zafra de implementación si no se hubiesen realizado los distintos cambios en el método de aplicación de bactericida.

**TABLA No. 32 ESTIMACIÓN EN COSTOS DE HABER CONTINUADO CON EL MISMO MÉTODO**

	<b>Toneladas de caña procesadas</b>	<b>Costo total bactericida</b>
<b>Zafra 2009-2010</b>	4,028,036	\$62,227.52
<b>Zafra 2010-2011 (aproximado)</b>	3,920,387	\$60,564.49

Regularmente el Ingenio incurría en un gasto de bactericida de \$ 62,227.52 por zafra, si se hubiera continuado con la metodología de aplicación constante y volumen fijo de bactericida el Ingenio Pantaleón hubiera gastado en la presente zafra \$60,564.49.

Se inició con la implementación del test de resazurina hasta el mes de diciembre, esto quiere decir que durante los días de zafra en noviembre del 2,010 se aplicó bactericida de forma constante. Se sumaron la cantidad de litros consumidos por bactericida antes y durante la implementación para obtener la cantidad de litros consumidos por bactericida para toda la zafra 2,010-2,011. Dividiendo la cantidad de litro consumidos entre la cantidad de caña procesada obtenemos una relación promedio de litros/tonelada de caña procesada. El ingenio siguió la recomendación para la zafra de implementación de dejar de utilizar el bactericida “Beta Stab” debido a su alto costo y poca eficiencia al momento de actuar en contra de los microorganismos.

**TABLA No. 33 LITROS CONSUMIDOS POR TONELADA DE CAÑA PROCESADA ZAFRA 2010-2011**

<b>Zafra 2010-2011</b>	
<b>Bactericida</b>	<b>Litros/tonelada de caña procesada</b>
SMB	0.001813
Magnacide	0.000788
<b>TOTAL</b>	<b>0.002601</b>

Los gastos reales de bactericida que incurrió el Ingenio Pantaleón en la presente zafra, utilizando los costos proporcionado por litro de bactericida observados en el Anexo son de \$ 20,338.02.

TABLA No. 34 CONSUMO Y COSTOS DE BACTERICIDA ZAFRA 2010-2011

<b>Zafra 2010-2011</b>			
<b>Bactericida</b>	<b>litros/zafra</b>	<b>Costo Quetzales/zafra</b>	<b>Costo Dólares/zafra</b>
SMB	7107.7	Q104,625.34	\$13,078.17
Magnacide	3089.3	Q58,078.84	\$7,259.86
<b>TOTAL</b>	<b>10197.0</b>	<b>Q162,704.18</b>	<b>\$20,338.02</b>

Realizando una comparación de los costos de la presente zafra con la anterior se obtiene un ahorro \$ 41,889.49. El ahorro se debe a que la metodología del test de resazurina indica que solamente es necesario aplicar bactericida cuando existe un punto crítico, es decir que se ha detectado actividad microbiana, además se aplica en un relación de 500 ppm y no a un volumen fijo. Además influyó en los costos que únicamente se utilizaron dos bactericidas en la presente zafra (SMB y Magnacide) y en la anterior que nos sirve como punto de comparación se utilizaron tres (Beta Stab, SMB y Magnacide) en donde el costo del Beta Stab era relativamente mayor a los demás. Como se mencionó anteriormente el Beta Stab se deja de utilizar por recomendaciones de autores anteriores y análisis realizados como parte del proyecto.

TABLA No. 35 AHORRO EN COSTOS REALES DEL BACTERICIDA

	<b>Costo total en bactericidas Quetzales</b>	<b>Costo total en bactericidas Dólares</b>
<b>Zafra 2009-2010</b>	Q497,820.14	\$62,227.52
<b>Zafra 2010-2011</b>	Q162,704.18	\$20,338.02
<b>Ahorro</b>	<b>Q335,115.95</b>	<b>\$41,889.49</b>

Si se hubiese seguido con la misma metodología de aplicación de bactericida los costos extras que el Ingenio hubiera incurrido en bactericida son de \$ 40,226.47, es decir que el Ingenio se ahorró esa cantidad de dinero si se hubiera continuado sin implementar el test de resazurina. Esto es solamente una estimación de que hubiera pasado si no se hubiera implementado el proyecto.

**TABLA No. 36 AHORRO EN COSTOS DEL BACTERICIDA ESTIMANDO LA CONTINUIDAD DE LA METODOLOGÍA ANTERIOR**

	<b>Costo total de bactericidas en Quetzales</b>	<b>Costo total de bactericidas en Dólares</b>
<b>Zafra 2010-2011 (Aproximado)</b>	Q484,515.92	\$60,564.49
<b>Zafra 2010-2011</b>	Q162,704.18	\$20,338.02
<b>Ahorro</b>	<b>Q321,811.74</b>	<b>\$40,226.47</b>

Sin embargo el ahorro de \$ 41,889.49 no representa el total, ya que el ingenio realizó una inversión inicial en herramientas, compras en viales necesarios y gastos de personal. La inversión inicial solamente se realizara el en primer año de implementación o cuando expire la vida útil de las herramientas. Por lo que el ahorro total para el ingenio se puede obtener mediante la suma de los costos de bactericida de la presente zafra con los costos totales de implementación del test de resazurina.

**TABLA No. 37 AHORRO TOTAL EN COMPARACIÓN CON EL AÑO ANTERIOR**

	<b>Costo total de bactericidas en Quetzales</b>	<b>Costo total de bactericidas en Dólares</b>
<b>Zafra 2009-2010</b>	Q497,820.14	\$62,227.52
<b>Zafra 2010-2011</b>	Q162,704.18	\$20,338.02
	Q84,191.04	\$10,523.88
<b>Ahorro</b>	<b>Q250,924.91</b>	<b>\$31,365.61</b>

**TABLA No. 38 AHORRO TOTAL ESTIMANDO LA CONTINUIDAD DE METODOLOGÍA ANTERIOR**

	<b>Costo total de bactericidas en Quetzales</b>	<b>Costo total de bactericidas en Dólares</b>
<b>Zafra 2010-2011 (estimado)</b>	Q484,515.92	\$60,564.49
<b>Zafra 2010-2011</b>	Q162,704.18	\$20,338.02
	Q84,191.04	\$10,523.88
<b>Ahorro</b>	<b>Q237,620.70</b>	<b>\$29,702.59</b>

El ahorro total para el Ingenio en comparación al año base que nos sirve como el punto de comparación es de \$ 31,365.61, si se analiza como si se hubiera seguido con el mismo método de aplicación de bactericida lo que se ahorro el ingenio en costos es de \$29,701.59. Ambos ahorros representan resultados muy positivos ya que impactan directamente en la utilidad de la empresa y validan la implementación del test de resazurina en la agroindustria azucarera.

**d. Pérdidas de azúcar en el proceso por actividad microbológica.** La existencia de un proceso que sea cien por ciento óptimo, es decir que se aproveche en su totalidad todos los recursos y se obtenga la máxima rentabilidad sin tener ningún desperdicio, es ficticio. Sería vital un proceso cien por ciento eficiente, sin embargo como en cualquier industria eso no es posible.

La industria azucarera, es una industria en donde se aprovecha al máximo todos sus recursos, tratando de evitar cualquier desperdicio, a pesar de ello aún se obtienen pérdidas de sacarosa en el proceso. Para la obtención del porcentaje total de azúcar perdido en todo el proceso se mide la cantidad de azúcar en la entrada del proceso y se compara con el rendimiento final. La cantidad de entrada de azúcar es la Pol en caña, esta medición se realiza en el laboratorio de caña, cuando la caña se encuentra en los camiones transportadores. La diferencia entre la Pol en caña y el rendimiento total es la pérdida de azúcar que se obtuvo en el proceso.

La pérdida de sacarosa puede ser ocasionada por cuatro factores:

- 1) Bagazo
- 2) Cachaza
- 3) Miel
- 4) Indeterminados

El porcentaje total de pérdida de sacarosa en la zafra 2,010-2,011, es de 16% aproximadamente. Esta estimación se realizó por medio de la comparación de la Pol en caña con el rendimiento final, todo en porcentajes.

Por los estudios de laboratorio realizados en las distintas partes del proceso de producción de azúcar, se tiene una estimación de la cantidad de sacarosa que se pierde por los cuatro factores mencionado anteriormente.

**TABLA No. 39 PORCENTAJE TOTAL DE PÉRDIDA DE SACAROSA**

<b>Factor</b>	<b>Porcentaje de pérdida de sacarosa total</b>
Bagazo	4%
Cachaza	0.8%
Miel	7.2%
Indeterminados	4%
<b>TOTAL</b>	<b>16%</b>

Debido a que se quiere realizar un análisis de la incidencia de la actividad microbiológica en la pérdida de sacarosa, se le asignó un porcentaje a cada uno de estos factores, el porcentaje depende de la relevancia de la actividad microbiológica en el factor. Al bagazo se le asignó un porcentaje de 0, debido a que la actividad microbiana no causa pérdidas de sacarosa en este factor. En cachaza, debido a que los microorganismos afectan en una escala mínima, se le asignó un 5%. En la miel si influye en gran parte la actividad microbiana en la pérdida de sacarosa, por ello se le asignó un 15%. Para los indeterminados, debido a que no se conoce lo que ocasiona las pérdidas, para efectos del trabajo se toma como si la mitad de pérdidas causadas por el factor de indeterminados están directamente relacionadas a la actividad microbiana.

**TABLA No. 40 PORCENTAJE DE INCIDENCIA MICROBIANA**

<b>Factor</b>	<b>Incidencia microbiana</b>
Bagazo	0%
Cachaza	5%
Miel	15%
Indeterminados	50%

La TABLA No. 40 indica el porcentaje del total del factor que le es asignado a la pérdida de sacarosa por la actividad microbiana.

**TABLA No. 41 PORCENTAJE TOTAL DE INCIDENCIA MICROBIANA**

<b>Factor</b>	<b>Porcentaje de pérdida de sacarosa total</b>	<b>Incidencia microbiana del factor</b>	<b>Incidencia microbiana total</b>
Bagazo	4%	0%	0.00%
Cachaza	0.80%	5%	0.04%
Miel	7.20%	15%	1.08%
Indeterminados	4%	50%	2.00%
	<b>16%</b>	<b>TOTAL</b>	<b>3.12%</b>

Para obtener el porcentaje estimado de la pérdida de azúcar que se pierde en total por la actividad microbiana, se realizó una multiplicación de porcentajes. Se multiplicó el porcentaje de pérdida de sacarosa total de cada factor con el porcentaje de incidencia microbiana de cada factor, es decir se multiplicó el porcentaje de influencia en pérdida de azúcar total de del factor por el porcentaje de pérdida de sacarosa de cada factor por actividad microbiana. Así se obtuvo que el bagazo no tiene ningún tipo de incidencia en pérdida de sacarosa por actividad microbiana, en la cachaza solo un 0.04%, en la miel un 1.08% e indeterminados 2%. Los porcentajes anteriores suman un 3.12%, esto quiere decir que del 16%

de azúcar que se pierde en el proceso por bagazo, cachaza, miel e indeterminados, un 20.8% son debido a la actividad microbiológica que se encuentra en el proceso.

Suponiendo que es posible recuperar el 50% del azúcar perdido por la influencia de actividad microbiana, lo máximo de azúcar que se puede recuperar de todo el sistema es el 1.56%. Suponiendo un promedio de una Pol en caña de 12.25% (la cantidad de azúcar que tiene la caña antes de entrar al proceso) y asociándola a la cantidad de toneladas de caña que fueron procesadas se obtiene teóricamente 480,247.41 toneladas de azúcar procesada.

**TABLA No. 42 TONELADAS DE AZÚCAR TEÓRICAS**

<b>Zafra 2010-2011</b>	
Pol	12.25%
Toneladas de caña procesadas	3,920,387.00
Toneladas de azúcar teórica.	480,247.41

El proceso no es cien por ciento eficiente, como fue mencionado anteriormente se pierde el 16% del total de la producción por diversos factores. Del cien por ciento el 3.12% se deben a pérdidas por microorganismos que actúan en el proceso y lo máximo que puede ser recuperado por pérdidas por actividad microbiana es 1.56% lo que representa 7,491.86 toneladas.

**TABLA No. 43 TOTAL DE TONELADAS RECUPERABLES**

<b>Zafra 2010-2011</b>	
Toneladas de azúcar teórica.	480,247.41
Porcentaje de pérdidas de sacarosa 16%	76,839.59
Porcentaje de incidencia microbiana 3.12%	14,983.72
Máximo recuperable 1.56%	7,491.86

1) **Análisis beneficio/costos.** Granai (2,008) y Guzmán (2,011) plantearon una recuperación de azúcar estimada para varios escenarios, tomando en cuenta un máximo recuperable de 1.56%. Ambos autores tomaron un precio de tonelada métrica de Q 1,708.86 equivalente a \$ 0.097 la libra de azúcar. El 100% en el caso del máximo recuperable es el 1.54% de la pérdida total para la zafra 2,007-2,008, y así sucesivamente.

**TABLA No. 44 BENEFICIO ESPERADO PARA DISTINTOS PORCENTAJES DE AZÚCAR RECUPERADA (GRANAI 2008)-(GUZMÁN 2011)**

<b>Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable</b>	<b>Beneficio Quetzales</b>	<b>Beneficio Dólares</b>	<b>Toneladas recuperadas</b>
100%	Q7,051,214.94	\$881,401.87	4,126.27
50%	Q3,525,607.47	\$440,700.93	2,063.13
25%	Q1,762,803.73	\$220,350.47	1,031.57
20%	Q1,410,242.99	\$176,280.37	825.25
5%	Q352,560.75	\$44,070.09	206.31
1%	Q70,512.15	\$8,814.02	41.26
0%	Q-	\$-	-
<b>Capital de Inversión (Granai)</b>	<b>Q20,595.81</b>	<b>\$2,574.48</b>	
<b>Capital de Inversión (Guzmán)</b>	<b>Q102,920.00</b>	<b>\$12,865.00</b>	

Ambos autores realizaron un análisis de beneficio-costo para la implementación del test de resazurina, tomando en cuenta como beneficio la cantidad de toneladas recuperadas perdidas por la actividad microbiana, y como costo el capital de inversión. Granai (2,008) realizó un buen planteamiento del método, Guzmán lo utilizó del mismo modo, sin tomar en consideración que el precio de la tonelada métrica de azúcar varía con los años, por lo que su estudio se encuentra desactualizado. También hay que considerar factores que cambian con los años como la cantidad de caña molida y la Pol de la caña para actualizar los datos cada año.

2) **Análisis beneficio/costos zafra 2,010-2,011.** Para el año 2,011 se tomara como un precio promedio por libra de \$ 0.10 la libra de azúcar, es decir un precio de \$220.00 la tonelada métrica, se consideró este precio para la libra de azúcar ya que los microorganismos se comen la azúcar antes de producirla y no durante el proceso, y se considera este precio una ganancia aceptable. También se consideró que se procesaron 3,920,387 toneladas de caña de azúcar con un Pol de 12.25% , es decir que si se producía el 100% sin ninguna pérdida se podían obtener 480,247.41 de toneladas de azúcar. El máximo recuperable (1.56%) es de 7,491.86 toneladas de azúcar y el capital de inversión \$ 10,523.88 (Q 84,191.00). En la siguiente tabla se realizaron los cambios mencionados anteriormente para actualizar el sistema y tener ratio beneficio/costo real de este año, es decir obtener la cantidad de azúcar que el sistema debería de recuperar para que sea factible implementar el sistema de resazurina.

**TABLA No. 45 BENEFICIO ESPERADO PARA DISTINTOS PORCENTAJES DE AZÚCAR RECUPERADA, DATOS ZAFRA 2010-2011**

<b>Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable</b>	<b>Beneficio Quetzales</b>	<b>Beneficio Dólares</b>	<b>Toneladas recuperadas</b>
100%	Q13,185,672.82	\$1,648,209.10	7,491.86
50%	Q6,592,836.41	\$824,104.55	3,745.93
25%	Q3,296,418.21	\$412,052.28	1,872.96
20%	Q2,637,134.56	\$329,641.82	1,498.37
5%	Q659,283.64	\$82,410.46	374.59
1%	Q131,856.73	\$16,482.09	74.92
0%	Q-	\$-	-
<b>Capital de Inversión (Granai)</b>	<b>Q84,191.00</b>	<b>\$10,523.88</b>	

Con la tabla ya actualizada podemos obtener el ratio beneficio/costo, y así saber cuánto es la cantidad mínima de toneladas de azúcar que se tiene que recuperar para que sea asequible la implementación del test de resazurina, eso sí, sin tomar en cuenta que se ahorra bactericida, el estudio es únicamente para la recuperación de azúcar por respecto a las pérdidas por actividad microbiana.

El análisis de beneficio/costo para la implementación del sistema es el siguiente:

**TABLA No. 46 ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO DE LA RECUPERACIÓN DE AZÚCAR POR IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO**

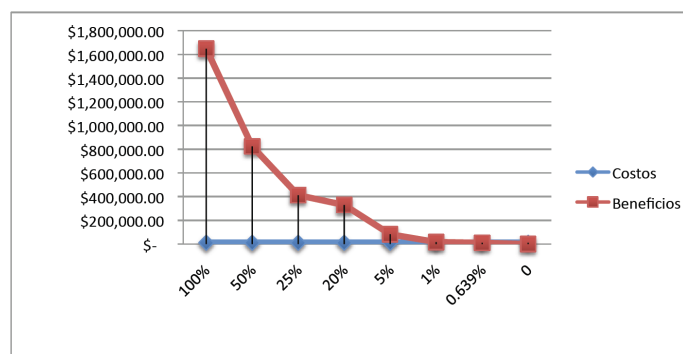
<b>Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable</b>	<b>Beneficio Dólares</b>	<b>Costo</b>	<b>Beneficio/Costo</b>
100%	\$1,648,209.10	\$10,523.88	156.6161801
50%	\$824,104.55	\$10,523.88	78.30809006
25%	\$412,052.28	\$10,523.88	39.15404503
20%	\$329,641.82	\$10,523.88	31.32323602
5%	\$82,410.46	\$10,523.88	7.830809006
1%	\$16,482.09	\$10,523.88	1.566161801
<b>Punto de equilibrio (0.639%)</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>1</b>
<b>0%</b>	<b>\$-</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>0</b>

En el análisis beneficio/costo cuando el valor del ratio es igual a 1, eso significa que se iguala el beneficio con el costo y a partir de allí, es rentable el proyecto. Como se puede analizar en la TABLA No. 46 el punto de equilibrio se alcanza en un porcentaje de recuperación de azúcar de 0.639%, si se logra recuperar 47.84 toneladas del azúcar perdido, ya es rentable para el Ingenio realizar las inversiones previamente mencionadas. El 0.639% es equivalente al 0.01% del total de toneladas producidas en toda la zafra, por lo que sí es factible realizar dicha recuperación.

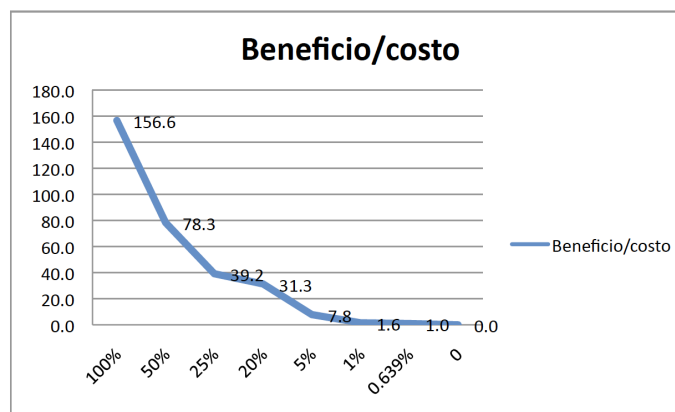
Si el Ingenio logra recuperar el 1% del máximo recuperable, significa que por cada \$ 1 que es invertido en el proyecto, se tiene una ganancia de \$ 0.56, eso solamente recuperando 74.92 toneladas de azúcar de todo el proceso. El 1% del máximo recuperable es equivalente a 0.0156% del total de azúcar que se puede producir.

Si el Ingenio no logra recuperar al menos 47.84 toneladas de azúcar la inversión no es justificada por que estarían perdiendo dinero, a continuación si puede percatar de lo mencionado en las siguientes gráficas.

**GRÁFICA No. 60 ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TEST DE RESAZURINA**



**GRÁFICA No. 61 ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO DE LA IMPLEMANTACIÓN DEL TEST DE RESAZURINA**



Los Precios del azúcar en los últimos años han sido muy variables, y debido a que se considero un precio de \$0.10 centavos de dólar por libra porque los microorganismos actúan en la reducción de la sacarosa de la caña de azúcar antes de entrar en el proceso y no durante, por eso no se considera el precio de haber procesado la azúcar y se considera \$0.10 centavos de dólar una recuperación considerable para el Ingenio. Para uso de las próximas generaciones de Megaproyecto y el Ingenio, se consideraron distintos precios en dólar de la libra de azúcar, para así poder tener un enfoque de cual sería la cantidad de toneladas de azúcar que debe de recuperar el Ingenio para la rentabilidad del proyecto, en donde se alcanza el punto de equilibrio. Se consideraron un mínimo de \$0.08 con variaciones de \$ 0.02 centavos de dólar. Iniciando desde los \$0.08 centavos hasta el máximo de \$0.22 centavos por libra de azúcar porqué es donde se encuentra el precio de la libra de azúcar en el mercado actualmente.

**TABLA No. 47 VARIACIONES EN PRECIO DE LIBRA DE AZÚCAR**

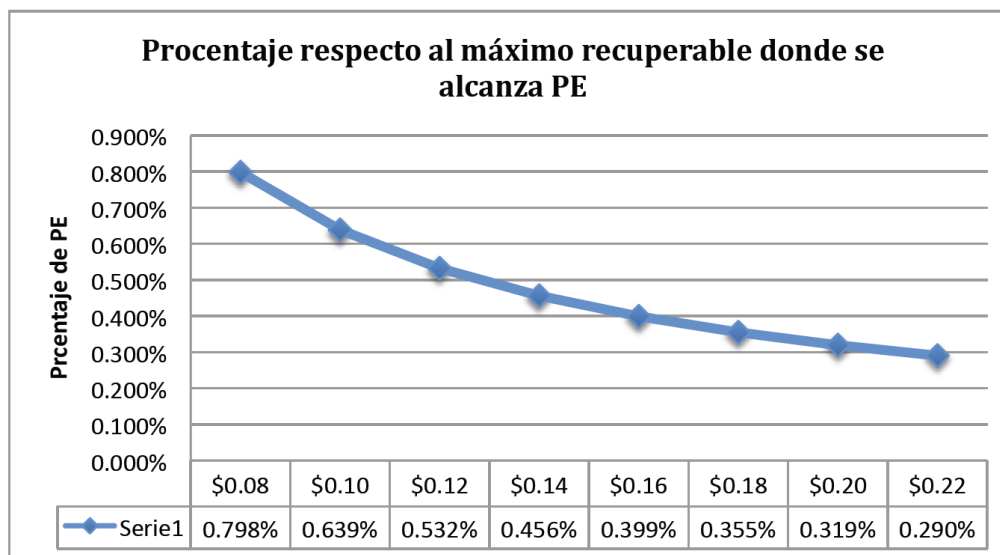
<b>Costos por libra de azúcar Dólar</b>	<b>Costos por tonelada métrica de azúcar Dólar</b>	<b>Porcentaje respecto al máximo recuperable donde se alcanza Punto Equilibrio</b>	<b>Toneladas de azúcar recuperadas para PE</b>
\$0.08	\$176.00	0.798%	59.8
\$0.10	\$220.00	0.639%	47.8
\$0.12	\$264.00	0.532%	39.9
\$0.14	\$308.00	0.456%	34.2
\$0.16	\$352.00	0.399%	29.9
\$0.18	\$396.00	0.355%	26.6
\$0.20	\$440.00	0.319%	23.9
\$0.22	\$484.00	0.290%	21.7

Evidentemente al aumentar el precio del azúcar en el mercado es cada vez más rentable la implementación del test de resazurina en la agroindustria azucarera, con cada aumento de precio es necesario recuperar una menor cantidad de toneladas de azúcar, y se observa que aún con un precio de \$ 0.08 centavos de dólar por libra de azúcar (precio menor que el del 2,007) no es necesario recuperar ni siquiera el 1% del máximo recuperable, es decir el 0.0156% del total de azúcar producida. En la TABLA No. 47 se observan los porcentajes respecto al máximo recuperable para los distintos precios de azúcar en donde se alcanza el punto de equilibrio, a partir de donde empieza a ser rentable la implementación, también se especifica la cantidad de toneladas que representa el porcentaje.

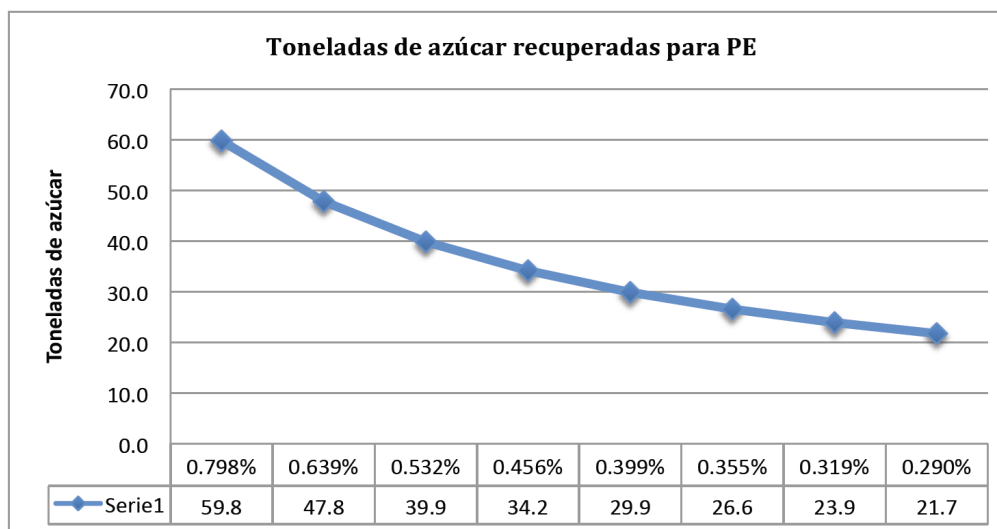
En las GRÁFICA No. 62 se puede observar la relación entre el porcentaje respecto al máximo recuperable y los precios de la libra de azúcar. Como va en disminución al aumentar el precio de la libra, y cada vez sería más factible para el Ingenio cubrir los gastos que requiere el test de resazurina.

En las GRÁFICA No. 63 Se presentan la cantidad de toneladas que representa cada porcentaje respecto al máximo recuperable que son necesarias recuperar para la factibilidad del Megaproyecto, en realidad los porcentajes son muy bajos y alcanzables respecto a la producción total.

**GRÁFICA No. 62 PORCENTAJE RESPECTO AL MÁXIMO RECUPERABLE DONDE SE ALCANZA EL PE CON PRECIOS VARIABLES DEL AZÚCAR**



**GRÁFICA No. 63 TONELADAS DE AZÚCAR RECUPERADAS PARA ALCANZAR EL PUNTO DE EQUILIBRIO**



El análisis beneficio/costo presentado es una forma correcta para poder demostrar la rentabilidad del proyecto. Es vital mencionar que no es completamente eficiente, ya que no se consideran los costos que incurre el Ingenio en la producción, dato que no es proporcionado por la autoridades del Ingenio, así mismo tampoco se considera la utilidad neta que tiene cada libra de azúcar. Se considera como un beneficio completo el precio, por lo que se recomienda a las siguientes generaciones del Megaproyecto

poder realizar un análisis similar considerando la utilidad bruta. Un beneficio que no fue considerado en el análisis beneficio/costo es el ahorro en bactericida que representa

En entrevistas con especialistas de Ingenios azucareros se ha concluido que es muy difícil hacer un estudio beneficio/costo a partir de la contabilidad azucarera, por lo que se sugiere continuar este trabajo desarrollando métodos de evaluación puntual de eliminación de pérdidas y costos de operación y en productos auxiliares.

Se recomienda a futuras generaciones del Megaproyecto, crear una metodología para poder evaluar si existe una relación entre la metodología actual de aplicación de bactericida y las situaciones críticas acusadas por actividad microbiana, ya que si existe relación alguna, son resultados que pueden ser presentados a las autoridades del Ingenio para demostrar el éxito del proyecto y que no solo se ahorran costos de bactericida sino tiene efectos secundarios positivos.

## **G. Discusión de resultados y propuestas con grupo técnico de ingenio**

Básicamente de las observaciones realizadas, surge la necesidad de comunicar las mismas así como de retroalimentar el sistema de control microbiológico integral. Se trabajaron en tres áreas en específico:

- 1. Recepción de caña**
- 2. Patio de caña**
- 3. Tándem**

La finalidad de estas reuniones fue la de:

- a. Exponer resultados parciales.**
- b. Mostrar las posibilidades de un control microbiológico integral.**
- c. Proponer el sistema de control en caña para zafra 2011-2012.**
- d. Acordar la política de limpieza de los molinos para zafra 2011-2012.**
- e. Discutir y consensuar propuesta con el grupo técnico de Pantaleón.**
- f. Retroalimentación**

**1. Presentación sobre recepción de caña.** La presentación se realizó el 7 de octubre del presente año, en las instalaciones del Ingenio Pantaleón. Entre el grupo técnico se encontraba el Gerente de Fábrica Ing. Maximiliano Letona, el Gerente del área agrícola (CAT) Ing. Carlos Zelada sus colaboradores y los encargados de laboratorio para el Ingenio Pantaleón y el Ingenio Concepción. Así mismo, se contó con la presencia de los estudiantes que trabajaran para la Zafra 2011-2012 por parte de la Universidad del Valle de Guatemala, dándole continuidad al trabajo que se estableció.

**ILUSTRACIÓN No. 49 PRESENTACIÓN AL GRUPO TÉCNICO DEL INGENIO PANTALEÓN**



Al ver los resultados preliminares de los sistemas de corte, se les confirmó a los técnicos de Pantaleón que uno de los mayores problemas que el área agrícola acarrea a fábrica es derivado de la quema. De tal manera, que para la Zafra 2011-2012, el área agrícola tiene un plan de realizar todos los cortes en verde, a menos que existan quemas no programadas.

Las propuestas les parecieron certeras ya que encajan y poseen estrecha relación, si no es que directa, con la propagación de la actividad microbiana. Se desea implementar estas propuestas para la Zafra 2011-2012. La implementación de los lazos operativos apoyados en un control microbiológico y el sistema de control en la que se desplieguen los datos de el test de rezasurina junto con los factores que representan otras oportunidades de análisis, ya que facilita el encontrar las tendencias que influyen en que se genere el crecimiento de microorganismos.

De los puntos en común que se convinieron se realizaron algunas sugerencias por parte del grupo técnico de Pantaleón, en cuanto al procedimiento que se debía de seguir para la iniciación de los mismos. A continuación se describen las sugerencias que se realizaron:

- Entre las funciones de báscula esta el indicarle al camión si debe o no pasar a muestreo al laboratorio de caña. En el trabajo se designa que para que se de inicio con los lazos operativos se debe obtener una clasificación de coeficiente microbiológico entre los rangos de malo, crítico o muy crítico, para que esto suceda deben pasar de 1 a 2 horas desde que se toma la muestra hasta que se obtiene el resultado, para que la muestra este en estos rangos. Para cuando se inicia el primer lazo operativo, se debe realizar un enlace con báscula para establecer el paso obligado al laboratorio de caña de otras dos unidades más del mismo frente de cosecha de la primera muestra que se tomo. Sin embargo, esto se complica ya que el lapso de tiempo que se tiene para la obtención de un resultado es bastante amplio, en este tiempo ya pudieron haber pasado a báscula más de dos unidades del mismo frente de cosecha sin haberles extendido una boleta de muestra. Es por ello que se nos recomendó que el paso obligado de los camiones lo debía realizar la torre de control o bien el controlador de tráfico. El designarle los enlaces de comunicación a torre de control sería factible pero sería agregarle responsabilidad a los operarios de éste departamento. De tal manera, que la mejor opción es que el controlador de tráfico designe las medidas que en el trabajo se describió como responsabilidad del área de báscula. El camión después de pasar a báscula se dirige a un lugar de espera, en el que se enfilan los camiones según el orden en que vayan entrando, es aquí donde el controlador de tráfico tiene su jurisdicción.
- El laboratorio de caña debe iniciar todos los enlaces operativos, si se encontró que un lote posee alta actividad microbiana, se debe comunicar con el supervisor de patio para que la caña afectada no se designe para descarga en patio.
- Como sugerencia para el muestreo, se dijo que se debería considerar tomarle muestras a los camiones que por algún desperfecto mecánico deben esperar en ruta a que lleguen unidades a auxiliarlos y realizar los ajustes necesarios. Esta caña puede llegar fuera de la política de 36 horas, lo cual representa una caña en esta crítico, por lo que no se podía descargar en patio si no que directamente en las mesas receptoras, habría que darle prioridad y establecer los enlaces con sanitización de tándem de molinos para tomar las medidas de desinfección requeridas.
- Se sugirió además, realizar estudios sobre el aporte que tiene en la actividad microbiana el lavar la caña.

**2. Presentación sobre patio de caña.** El 7 de octubre, 2011 a las 2:00 p.m., se realizó la presentación de la propuesta del método de rotación de almacenamiento al grupo técnico que conforma el personal encargado del manejo de caña en el patio y el supervisor de extracción de jugo de los molinos. La presentación fue de 20 minutos, sin embargo duración de la conferencia fue de aproximadamente 1 hora debido a las discusiones que se promovieron acerca del tema expuesto. (ILUSTRACIÓN No. 50)

**ILUSTRACIÓN No. 50 PRESENTACIÓN DE PROPUESTA A GRUPO TÉCNICO PANTALEÓN**



**a. Comentarios y sugerencias.**

- El asistente del supervisor de extracción de jugo sugirió la posibilidad de minimizar la cantidad de cuadrantes, debido a la consideración de que cada cuadrante sostenía aproximadamente de 40-50 toneladas y que se tienen 6 cuadrantes, la caña almacenada en el patio podría alcanzar hasta las 300 toneladas cuando se pretende mantener únicamente un máximo de 150 toneladas siempre en el mismo. A partir de esta sugerencia, surge la posibilidad de emprender dos acciones: la primera es disminuir el monto que debe poseer cada cuadrante a 25 toneladas de manera que el máximo que puede almacenarse en el patio son las 150 toneladas, la segunda sería eliminar los últimos dos cuadrantes y estipular 4 áreas para montículos.
- Se expresó que el mayor inconveniente que se tenía era que se desconocía qué caña, que ingresaba al ingenio, era la que traía más problemas debido a su calidad y que no existía una buena comunicación entre los empleados de fábrica con los de agricultura de manera que se trasladaba el riesgo a fábrica una vez la gente de agricultura entregaba la caña. Además, se señaló la limitación del método al no garantizar que la primera caña que entra era la más vieja puesto que pudo haber pasado más tiempo en la operación de Corte-Alce-Transporte (CAT) que la que entraba de segundo. Se reconoció que fábrica era la más sensible a los problemas de la caña debido a que ésta era la que finalmente sufría las consecuencias de la mala calidad de la caña. Se afirmó que se estaban comenzando a desarrollar lazos operativos entre agricultura y fábrica que pretendía eliminar los problemas de comunicación y tomar acciones preventivas de descarga de caña deteriorada en el patio, no obstante la implementación de estos lazos estaba fuera de los alcances de este megaproyecto. Más adelante, se explicó que el uso de muestreos periódicos es lo que garantizaba que la caña más vieja fuera la más vieja y si sucediera lo contrario, se podría cambiar las posiciones entre montículos.

- Uno de los jefes de patio reprobó que se tuvieran los últimos dos cuadrantes debido a que exige recorrer distancias más largas, requiere mayor movimiento para los tractores y existen dificultades de maniobra debido al área en donde se ubican. Se reconoció que los últimos dos cuadrantes no siguen una logística con el fin de aminorar las distancias y el tiempo de manejo aunque debido a la disponibilidad de áreas era complicado establecer montículos en otros puntos.
- Un operario preguntó acerca de cómo la caña maleteada entraría en el esquema del método propuesto. No obstante, debido a limitaciones de tiempo para observar y la frecuencia mínima del ingreso de este tipo de caña, no se analizó la misma.
- Se comentaron algunas medidas que toman los operarios según su criterio para mejorar al manejo. Por lo general, no se limpia la caña que pasa por encima los Pile-loaders. Algunos, en lugar de alimentar la caña directamente a los conductores, recogen la caña y las vuelven a ingresar a las mesas para que pasen a ser lavados nuevamente debido a la suciedad que pudo haber acumulado la caña durante su estadía en el patio.
- Se inició una discusión acerca de los tractores “Pile-loaders” debido a la diferencia de hojas que se tienen para manipular la caña. Uno de los tractores posee una garra que puede prensar la caña mientras que otro sólo puede arrastrar y barrer la caña. El tractor con la garra suele dejar atrás caña mientras la barre.
- Se aprobó el uso de una formato de registro de tiempo que ayude a identificar la cantidad de tiempo que ha pasado cada montículo en el patio para evitar que algún montículo pase mucho tiempo sin ser procesada.
- El encargado de la extracción de jugos de turno expresó que la propuesta era realizable y aprobó su implementación. Más que una propuesta de un método de manejo de caña, indicó que era también una charla de concientización a los operarios acerca de la importancia de un manejo adecuado y del impacto que ellos pueden causar a la empresa.
- El encargado de la extracción de jugos mostró su aprobación acerca de la permanencia máxima de 4 horas en el Sector Secundario, sin embargo recomendó minimizar el tiempo total de permanencia.

Hubo una aceptación general de la propuesta y se validó la posibilidad de su implementación, especialmente durante los períodos de paros programados en algún Tándem y los instantes de acumulación masiva de caña en el patio. Se acordó que el tiempo se debería reducir a 6 horas máximas de permanencia en lugar de 12 horas.

**3. Presentación sobre tándem.** El plan de mejoras para el procedimiento de limpieza se presentó al Ingenio Pantaleón, específicamente en el área de molinos, los resultados e ideas para mejorar la limpieza de los molinos. Dicho plan de mejoras se enfoca en implementar soluciones factibles y prácticas para la realización de la limpieza del tándem a través de rutinas de limpieza, aprovechar paros programados y no programados, coordinación entre operarios de limpieza en el mismo tándem, conocer puntos de ataque donde exista mayor actividad microbiológica y capacitación adecuada.

Conforme transcurría la presentación se discutió con el personal del ingenio sobre las propuestas y ellos brindaban sugerencias e ideas. Se mostraron con una buena disposición para mejorar el procedimiento actual de limpieza para la zafra 2011/2012. La reunión se convirtió en una lluvia de ideas en la cual quedamos satisfechos con los acuerdos de mayor comunicación con el personal del ingenio, intercambio de información e interés por mejorar los problemas de diversa índole. Se alcanzó el objetivo final que era discutir abiertamente las ideas y sugerencias sobre el procedimiento de limpieza de los molinos y acordar la política de limpieza de los molinos para la próxima zafra.

El personal del ingenio dio sugerencias y propuestas para complementar el plan de mejorar entre las que se destaca la implementación de un sistema fijo en los molinos en la cual se ataque los puntos de retención de líquidos y acumulación de bagazo, rediseño de inyector de vapor entre las mazas y comenzar sincronización de limpieza en el primer molino.

**ILUSTRACIÓN No. 51** PRESENTACIÓN EN EL INGENIO PANTALEÓN (30 de septiembre, 2011)



## VII. CONCLUSIONES

1. Se evaluó positivamente la implementación de la estructura interna de trabajo en el Megaproyecto. El mayor beneficio reportado fue la experiencia adquirida por los estudiantes en el manejo de grupos de trabajo, y el aspecto relevante a mejorar fue la rotación de puestos dentro del organigrama.
2. La observación temprana del viraje como presunción del resultado final del Test de Resazurina, no funcionó en las condiciones de los operarios en la zafra 2010-2011, sobre todo por la alta proporción de falsos positivos
3. Los resultados obtenidos permitieron diseñar preliminarmente procedimientos para la evaluación de cepas en la microbiota del jugo, la estimación de las incrustaciones en los evaporadores y la elongación de cristales en masas cocidas.
4. El test de la Resazurina resultó ser el mejor indicador, seguido por la fermentación espontánea y la capacidad buffer, del deterioro microbiológico en el tiempo, de jugos de caña y la caña misma, mientras que no resultaron satisfactorios la pureza y la proporción de gomas.
5. Según lo esperado la caña quemada con corte mecanizado resultó la de mayor actividad microbiológica y la verde con corte manual la de menor. No se pudo encontrar diferencias entre el corte mecanizado y la quema como factores desfavorables. Se pudo determinar las fincas cuyas cañas llegaron al ingenio con mayor actividad microbiológica.
6. Se propusieron logísticas para el control efectivo de la actividad microbiológica en caña y de manejo de caña en el patio, esta última a partir del resultado demostrativo del deterioro significativo sufrido por la misma.
7. Se encontraron las tendencias de períodos y de tándem con mayor actividad microbiológica tanto en la entrada como en la salida, que resultó ser el Tándem A, y creciente en el período de las 12:00 a las 21:00 horas.
8. Se evaluó el recorrido de los operarios del control operativo microbiológico y los procedimientos de limpieza del tándem, y se estableció la logística de ambas actividades.
9. Se estableció un registro de datos unificado y el manual de uso para el ingreso y análisis de la información del sistema en el laboratorio de caña y el área de molinos, haciendo más eficiente esta labor para los usuarios en el Ingenio y futuros proyectos.

10. Incluyendo el total de gastos y solo los beneficios de la disminución del consumo de bactericida, el ingenio tuvo un ahorro de \$31, 635.00. Considerando únicamente el azúcar producida al aplicar el sistema, se estimó que se alcanza el punto de equilibrio al obtener solo el 0.69% del total recuperable de la que se pierde por acción microbiológica.
11. La presentación de resultados y discusión con los responsables de áreas del ingenio propició la implementación para la zafra 2011-2012 de los resultados y recomendaciones del presente y que la máxima dirección decidiera ampliar el sistema al área de caña en el Ingenio Pantaleón y lo extendiera a los otros 3 ingenios del grupo.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. En la organización interna del megaproyecto mantener la formación de grupos de trabajo y mejorar la rotación de las responsabilidades durante el desarrollo del mismo.
2. Completar los estudios de técnicas complementarias para la evaluación de los efectos de la actividad microbiana en jugos o productos de la fábrica y mejorar el procedimiento de observación del primer viraje como indicador presuntivo de tiempo total en el Test de la Resazurina.
3. Continuar el estudio con diferentes microorganismos abundantes en los jugos para determinar cepas más perjudiciales. Probar en la próxima zafra los resultados alcanzados en este tema.
4. Establecer las indicaciones para una mejor logística en el control de la actividad microbiológica en caña y el manejo de ésta en el patio del ingenio. Crear un puesto de trabajo para el control operativo microbiológico en caña que se ocupe de estas tareas.
5. Establecer las indicaciones para una mejor logística en el control de la actividad microbiológica en los molinos y la limpieza y desinfección del tándem. Optimizar el trabajo del Control Operativo Microbiológico en esta área.
6. Completar, perfeccionar y utilizar la base de datos establecida y su manual de usuario.
7. Continuar perfeccionando los métodos para evaluar económicamente los efectos de la actividad microbiológica y el costo-beneficio de la implantación del sistema propuesto
8. Mantener la práctica de reuniones con responsables por áreas para discutir resultados y establecer medidas que conlleven la mejora de la eficiencia a través de la prevención o supresión de la actividad microbiológica en los productos azucareros.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

Alarcón, E. *et al.* 2009. *Optimización de las condiciones de cultivo anaeróbico termófilo para aumentar la producción enzimática de xilanasas con cepas bacterianas encapsuladas y libres.* BIOFARBO 17(2). 51- 59 págs.

Álvarez, C, *et al.* 2008. *Establecimiento de un sistema de control microbiológico para la industria azucarera.* Megaproyecto Universidad del Valle. Guatemala. 431 págs.

Asfahl, C. Ray. 2000. *Seguridad Industrial y salud.* 4a ed. México. Prentice Hall. 488 págs.

Balsells, D, *et al.* 2009. *Optimización de procedimientos de laboratorio y económicos en control microbiológico en la industria azucarera.* Universidad del Valle de Guatemala. 201 págs.

Batule, E. 2001. *La clarificación del jugo de la caña y la meladura.* Serie azucarera 15. 172 págs.

Björkroth, J. *et al.* 2006. *The prokaryotes: A handbook on the biology of bacteria: Firmicutes, Cyanobacteria,* vol 4 Capítulo Genera *Leuconostoc, Oenococcus and Weissella.* Tercera edición. New York, Springer-Verlag. 267-319 págs.

Cabrera, N. 2007. *Fundamentos de química analítica básica: Análisis cuantitativo.* 2º ed. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. 93 págs.

Campos, M. 2009. *Cambio prematuro como prueba presuntiva del tiempo de decoloración en el test de la resazurina.* Tesis Universidad del Valle. Guatemala. 97 págs.

Clarke, M, *et al.* 1986. <<Colorant in raw sugars. Proceedings Inter.Soc. Sugar Cane Technol>>. En *Calidad de la caña de azúcar*, de Jesús Larranhondo. Colombia, CENICAÑA. 670-682 págs.

Connolly, Thomas and Carolyn Begg. *Database Systems.* New York: Harlow, 2002.

Fauconnier, R, *et al.* 1975. *La caña de azúcar.* 1ª ed. Editorial Blume. Barcelona, España. 433 págs.

Flores, S. 1976. *Manual de caña de azúcar.* INTECAP. Guatemala. 172 págs.

Galeado, A. *et al.* 1997. *Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo de la sección de molinos de un ingenio azucarero.* Universidad San Carlos de Guatemala. 44 págs.

HARWRYSZKIEWYCZ, I T. Análisis y diseño de base de datos. Editorial Megabyte. Noriega Editores. México. 1994. págs. 29-31

Hernández, M, *et al.* 1986. *Microbiología de la producción azucarera. Producciones microbianas derivadas.* Universidad Central de las Villas. Cuba. 270 págs.

Kirk, R, *et al.* 1962. Enciclopedia de tecnología química. Tomo II. Editorial Hispanoamericana. México.

Larrahondo, J.1995. <<Calidad de la caña de azúcar>>. En *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali* de CENICAÑA. 337-354 págs.

Letona, A. 2009. *Logística de la implementación en el área de molida y mejora del procedimiento de asepsia.* Tesis Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 66 págs.

López, A, *et al.* *Biotecnología alimentaria: Producción de dextranas (L mesenteroides NRRL B-512 F)* Limusa, México D.F. 420 págs.

López, A. 2011. Sistemas de corte de Ingenio Pantaleón Entrevista realizada el 3 de octubre de 2011 por vía electrónica.

Lou, M. 2008. *Desarrollo de un medio de cultivo costo-efectivo para el recuento y la propogación de Leuconostocmesenteroides en distintos jugos de caña.* Universidad del Valle de Guatemala. Tesis no publicada.

Mahon, C, *et al.* 2007. *Textbook of Diagnostic Microbiology.* 3ª ed. Estados Unidos. 1211 págs.

Mayeux, J. *et al.*, 1962. *A selective médium for detecting Leuconostoc organisms in mixed-strain starter culture Journal of Dairy Science* 45: 655-656 págs.

McCabe, W, *et al.* 2007. *Operaciones unitarias en ingeniería química.* 7ª ed. Editorial McGraw-Hill. México. 1189 págs.

Meade, G. *Manual del azúcar de caña.* 9ª ed. Editorial Montaner y Simon S.A. Barcelona, España. 947 págs.

Mirón, D. 1998. *Conozca la industria azucarera en Guatemala.* Artemis Edinter. Guatemala. 108 págs.

Niebel, F. 2009. *Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño de trabajo.* 12ª ed. Editorial McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. México

*Occupational Health and Safety Assesment Series 18,001. 2007.* British Standards Institute Londres. 1,200 págs.

Palma, A. 1997. *La calidad del dato y su importancia en la obtención de información para la toma de decisiones en la industria azucarera*

Pinto, B, *et al.* 2010. *Implementación experimental de control microbiológico en un ingenio azucarero.* Megaproyecto Universidad del Valle. Guatemala. 412 págs.

Porta, A. 1955. *Fabricación del azúcar.* Salvat Editores. Barcelona, España. 809 págs.

Pommerville, J. 2004. *Alcama's Fundamentals of Microbiology.* Séptima edición. Estados Unidos. Jones&Barlett. 999 págs.

Robbins, S. *et al.* 2010. *Administración.* 7ª ed. Editorial Pearson Educación, México.

Ruiz, Agustín; Floría, Pedro y González Diego. 2006. *Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales.* 5aed. España. FC Editorial. 1,497 págs.

Skoog, D, *et al.* 2007. *Fundamentos de química analítica.* 8ª ed. Editorial Thomson. México. 1065 págs.

Salminen, S.A. von Wright y A. Ouwehand, 2004. *Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects.* 3ª ed. CRC Press. 633 págs.

Tejeda, Mario. 2010. *Estudio preliminar: conexión operativa entre laboratorio de caña y manejo de caña y manejo de caña en el patio.* Trabajo de graduación Universidad del Valle de Guatemala.

UNAM, *Guía Técnica para la Elaboración de Manuales de Procedimientos.* Dirección general de personal México, 1994.

Véliz, P. 2003. *Descripción de procesos Monte Rosa.* Nicaragua. 34 págs. Woc, S. 2011. <<Logística del manejo de caña en el patio y establecimiento de base de datos para el monitoreo microbiológico en el laboratorio de caña>>. Sub-tema Megaproyecto Control Microbiológico, sistemático y gradual en un ingenio azucarero Universidad del Valle. Guatemala. 75 págs.

### **Referencias de Internet**

Asociación Azucarera del Salvador, 2009. *Proceso de obtención de la caña de azúcar.* Artículo localizado en Internet en la página: [http://www.aso%20ciacionazucarera.com/nav10\\_produccion.html](http://www.aso%20ciacionazucarera.com/nav10_produccion.html)

AZASGUA, 2011. *Azúcar de Guatemala es desarrollo para todos*. Artículo localizado en Internet en la página: <http://www.azucar.com.gt/>

Castro, O. 2010. *Efectos de clima en la acumulación de azúcar*. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de Azúcar (Cengicaña). Artículo localizado en Internet en la página: <http://www.cengicana.org/Portal/Documents/News/2010-03/779/EfectoClimaAcumulacionAzucar.pdf>

Dardón, B. 2011. <<*País vende menos quintales de azúcar*>>. Prensa Libre Digital [Guatemala]. 5 de mayo, pág 16.  
<http://especiales.prensalibre.com/PDFs/Ediciones/2011/mayo/05/PDFs/PLMT05052011.pdf>

FAO, 2005. *Perspectivas alimentarias*. Artículo localizado en Internet en la página: <http://www.fao.org/docrep/013/al969s/al969s00.pdf>

García, L. 2000. *Comercialización y seguridad alimentaria en relación al azúcar en América Latina y el Caribe*. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo. Artículo localizado en Internet: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/x4988e/x4988e03.pdf>

Guatemala, 2008. Ministerio de Economía. *Azúcar cruda y refinada*. Artículo localizado en Internet en la página: <http://uim.mineco.gob.gt/documents/10438/17026/F1.pdf>

Guatemala, 2011. Expogranel S.A. Artículo localizado en Internet en la página: <http://expogranel.com/index.php?page=quienessomos>

Industria Azucarera de Chumbagua, 2007. *Proceso de fabricación de Azúcar en CIA: Azucarera Chumbagua*. Artículo localizado en Internet en la página: <http://www.chumbagua.com/procesos.html>.

Invest in Guatemala, 2009. *Agroindustria en Guatemala*. Artículo localizado en Internet en la página: <http://www.investinguatemala.org/images/stories/pdfs/perfilagroindustria2009.pdf>

Melgar, M. 2010. *Presentación de resultados de investigación zafra 2009-2010*. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de Azúcar (Cengicaña). Artículo localizado en Internet en la página: <http://www.cengicana.org/Portal/Biblioteca/PublicacionesCENGICANA/Memorias/09-10/CaratulaPresentacionesGenerales.pdf>

Nelson, Cox. 2004 *Lehninger, Principles of Biochemistry*. 4ª ed . W. H. Freeman. 1119 págs.

Orozco, H. 2004. *Catálogo de variedades promisorias de caña de azúcar de la agroindustria azucarera guatemalteca. Morfología y Productividad*. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de Azúcar (Cengicaña). Artículo localizado en Internet en la página: <http://www.cengicana.org/Portal/Compartir/MANUALES/Catalogo%20Variedades.pdf>

Pantaleón, 2010. *Procesos*. Artículo localizado en Internet en la página: [http://www.pantaleon.com/index.php?id\\_category=61#](http://www.pantaleon.com/index.php?id_category=61#)

Suárez, A, 2007. *Evolución de la producción y productividad de la agroindustria azucarera y mapas generales de la zona cañera de la costa sur de la república de Guatemala*. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de Azúcar (Cengicaña). Artículo localizado en Internet en la página: <http://www.cengicana.org/Portal/Biblioteca/PublicacionesCENGICANA/Manuales/EvolucionProduccionProductividadAgroIndustria.pdf>

## X. APÉNDICE 1

### A. Datos originales

#### 1. Desarrollo de técnicas analíticas para el soporte del sistema de control

- a. Evaluación del cambio temprano en el test de la resazurina como indicador de mayor actividad microbiana en la etapa de implementación industrial.

TABLA No. 48 TOTAL DE MUESTRAS ANALIZADAS POR EL LABORATORIO DE CAÑA

Tiempo (minutos)	Primer cambio observado			Cambio a rojo		
	15	30	45	15	30	45
<b>Total de muestras</b>	1497	2974	3308	1	37	460
<b>CM &gt; 3</b>	58	95	101	0	1	8
<b>CM &gt; 2.5</b>	140	247	269	0	7	31

TABLA No. 49 TOTAL DE MUESTRAS CRÍTICAS O MALAS ANALIZADAS POR EL LABORATORIO DE CAÑA

	Primer cambio observado		Cambio a rojo	
	CM > 3	CM > 2.5	CM > 3	CM > 2.5
<b>Total de muestras</b>	102	272	102	272
<b>15</b>	58	140	0	0
<b>30</b>	95	247	1	7
<b>45</b>	101	269	8	31

TABLA No. 50 TOTAL DE MUESTRAS ANALIZADAS POR EL TÁNDEM

Tiempo (minutos)	Primer cambio observado			Cambio a rojo		
	15	30	45	15	30	45
<b>Total de muestras</b>	1778	2902	3220	25	376	1468

CONTINUACIÓN TABLA No. 50 TOTAL DE MUESTRAS ANALIZADAS POR EL  
TÁNDEM

	Primer cambio observado			Cambio a rojo		
	CM > 3	CM > 2.5	CM > 2	CM > 3	CM > 2.5	CM > 2
<b>CM &gt; 3</b>	85	132	142	3	49	102
<b>CM &gt; 2.5</b>	293	434	462	10	116	283

TABLA No. 51 TOTAL DE MUESTRAS CRÍTICAS O MALAS ANALIZADAS POR EL  
TÁNDEM

	Primer cambio observado		Cambio a rojo	
	CM > 3	CM > 2.5	CM > 3	CM > 2.5
<b>Total de muestras</b>	149	476	149	476
<b>15</b>	85	293	3	10
<b>30</b>	132	434	49	116
<b>45</b>	142	462	102	283

**b. Determinación de la metabolización de sacarosa y resistencia antimicrobiana  
como evaluación de cepas perjudiciales**

TABLA NO. 52 CAMBIO DE pH Y CAPACIDAD BUFFER EN MEDIO MP25  
INCUBADO CON DIFERENTES SEPAS DE LEUCONOSTOC

Cepa	Cambio de capacidad buffer	
1	1.04 ± 0.03	1.80x10 <sup>-3</sup> ± 1.00x10 <sup>-4</sup>
2	1.09 ± 0.05	2.67x10 <sup>-3</sup> ± 1.15x10 <sup>-4</sup>
3	1.19 ± 0.04	2.40x10 <sup>-3</sup> ± 1.00x10 <sup>-4</sup>
4	1.27 ± 0.05	2.23x10 <sup>-3</sup> ± 5.77x10 <sup>-5</sup>
5	1.20 ± 0.03	2.40x10 <sup>-3</sup> ± 1.00x10 <sup>-4</sup>

TABLA No. 53 COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD PROMEDIO DE LA MICROBIOTA TOTAL A LOS DIFERENTES BACTERICIDAS

Concentración	Bactericida 1	Bactericida 2	Bactericida 3
100%	1.26 ± 0.11	2.21 ± 0.07	0.97 ± 0.05
10 <sup>-1</sup>	0.83 ± 0.11	1.66 ± 0.08	0.82 ± 0.08
10 <sup>-2</sup>	0.70 ± 0.10	1.40 ± 0.08	0.64 ± 0.08
10 <sup>-3</sup>	0.46 ± 0.06	0.80 ± 0.32	0.39 ± 0.05
10 <sup>-4</sup>	0.35 ± 0.09	0.28 ± 0.07	0.30 ± 0.06

TABLA No. 54 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD PROMEDIO DE LEUCONOSTOC A LOS BACTERICIDAS A DIFERENTE TIEMPO DE INCUBACIÓN

Concentración	24h	
100%	1.06 ± 0.44	1.23 ± 0.50
10 <sup>-1</sup>	0.75 ± 0.28	0.85 ± 0.32
10 <sup>-2</sup>	0.47 ± 0.22	0.46 ± 0.24
10 <sup>-3</sup>	0.31 ± 0.17	0.35 ± 0.19
10 <sup>-4</sup>	0.24 ± 0.09	0.32 ± 0.14

TABLA NO. 55 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD PROMEDIO DE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC AL BACTERICIDA labSMB

Concentración	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Cepa 4	Cepa 5
100%	0.86 ± 0.10	0.86 ± 0.09	0.96 ± 0.19	0.85 ± 0.03	1.01 ± 0.33
10 <sup>-1</sup>	0.59 ± 0.07	0.62 ± 0.17	0.66 ± 0.17	0.63 ± 0.08	0.73 ± 0.08
10 <sup>-2</sup>	0.25 ± 0.05	0.32 ± 0.11	0.35 ± 0.11	0.32 ± 0.04	0.33 ± 0.08
10 <sup>-3</sup>	0.18 ± 0.07	0.18 ± 0.04	0.19 ± 0.04	0.17 ± 0.01	0.22 ± 0.07
10 <sup>-4</sup>	0.16 ± 0.03	0.18 ± 0.04	0.19 ± 0.04	0.17 ± 0.01	0.22 ± 0.07

TABLA No. 56 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD PROMEDIO DE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC AL BACTERICIDA MAGNACIDE

Concentración	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Cepa 4	Cepa 5
100%	1.3 7 ±0.26	1.3 ±0.3 3 9	1.2 ±0.4 9 5	1.1 ±0.1 4 3	1.2 ±0.2 5 2
10 <sup>-1</sup>	0.9 8 ±0.31	1.1 ±0.1 0 3	1.1 ±0.3 9 2	0.8 ±0.1 9 0	1.0 ±0.2 5 2
10 <sup>-2</sup>	0.5 0 ±0.29	0.8 ±0.1 4 8	0.8 ±0.2 1 3	0.6 ±0.0 1 4	0.5 ±0.1 0 8
10 <sup>-3</sup>	0.2 6 ±0.06	0.4 ±0.2 7 3	0.7 ±0.2 1 6	0.2 ±0.0 8 7	0.4 ±0.1 1 1
10 <sup>-4</sup>	0.2 1 ±0.06	0.2 ±0.0 3 4	0.4 ±0.1 1 7	0.2 ±0.0 0 2	0.2 ±0.0 3 6

TABLA No. 57 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD PROEMDIO DE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC AL BACTERICIDA β-Stab

Concentración	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Cepa 4	Cepa 5
100%	0.61 ± 0.25	0.60 ± 0.17	0.71 ± 0.70	0.59 ± 0.21	0.75 ± 0.39
10 <sup>-1</sup>	0.38 ± 0.11	0.50 ± 0.25	0.56 ± 0.19	0.46 ± 0.14	0.62 ± 0.17
10 <sup>-2</sup>	0.32 ± 0.08	0.38 ± 0.12	0.47 ± 0.14	0.36 ± 0.06	0.52 ± 0.26
10 <sup>-3</sup>	0.23 ± 0.01	0.25 ± 0.09	0.33 ± 0.02	0.28 ± 0.14	0.41 ± 0.17
10 <sup>-4</sup>	0.18 ± 0.04	0.25 ± 0.09	0.33 ± 0.02	0.24 ± 0.07	0.38 ± 0.11

c. Comparación de confiabilidad de diferentes técnicas analíticas como indicador de atraso de caña

TABLA No. 58 ANÁLISIS DE PUREZA Y PORCENTAJE DE GOMAS PARA JUGO DILUIDO

Fecha	Descripción de la muestra	Intervalos de Análisis	Brix (±0.04°)	Lpol (±0.05°)	Pol	Porcentaje de gomas (±5%)
29/03/2011	Jugo diluido	0.00	14.08	51.00	12.58	8.0
		30.00	13.53	48.30	11.94	10.0

CONTINUACIÓN TABLA No. 58 ANÁLISIS DE PUREZA Y PORCENTAJE DE  
GOMAS PARA JUGO DILUIDO

Fecha	Descripción de la muestra	Intervalos de Análisis	Brix ( $\pm 0.04^\circ$ )	Lpol ( $\pm 0.05^\circ$ )	Pol	Porcentaje de gomas ( $\pm 5\%$ )
29/03/2011	Jugo diluido	60.00	13.21	46.83	11.59	9.0
		120.00	14.88	46.65	11.47	10.0
30/03/2011	Jugo diluido	0.00	15.51	54.80	13.44	12.0
		30.00	15.77	54.30	13.30	11.0
		60.00	15.83	54.19	13.27	11.0
		120.00	15.47	54.43	13.35	9.0
09/04/2011	Jugo diluido	0.00	13.43	46.20	11.42	5.0
		30.00	13.40	46.32	11.46	11.0
		60.00	13.48	46.59	11.52	9.0
		120.00	13.48	46.01	11.38	11.0
12/04/2011	Jugo diluido	0.00	13.45	48.70	12.04	11.0
		30.00	13.93	50.51	12.47	8.0
		60.00	13.93	50.52	12.47	9.0
		120.00	14.08	50.36	12.42	7.0
17/04/2011	Jugo diluido	0.00	16.97	60.00	14.63	11.0
		20.00	17.19	59.30	14.44	11.0
		60.00	17.12	58.20	14.18	9.0
		120.00	17.26	57.00	13.88	8.0
18/04/2011	Jugo diluido	0.00	13.00	44.60	11.05	9.0
		30.00	13.80	44.68	11.03	10.0
		60.00	13.20	44.75	11.08	8.0
		120.00	12.50	44.90	11.14	10.0

TABLA No. 59 ANÁLISIS DE TEST DE RESAZURINA Y FERMENTACIÓN  
ESPONTÁNEA PARA JUGO DILUIDO

Fecha	Descripción de la muestra	Intervalos de análisis	Test de resazurina			Fermentación espontánea		
			Hora inicial	Hora final	CM	pH inicial	pH ajustado	pH final
29/03/2011	Jugo diluido	0.00	13:30	17:00	1.43	5.43	5.63	4.76
		30.00	12:30	16:00	1.43	5.38	5.61	4.58
		60.00	11:30	14:00	2.00	5.34	5.60	4.44
		120.00	11:00	13:10	2.31	5.31	5.61	4.41
30/03/2011	Jugo diluido	0.00	11:30	14:00	2.00	5.45	5.60	4.50
		30.00	13:30	15:40	2.31	5.37	5.60	4.57
		60.00	10:30	12:30	2.50	5.35	5.60	4.43
		120.00	10:00	11:40	3.00	5.3	5.60	4.25
09/04/2011	Jugo diluido	0.00	10:00	11:45	2.86	5.48	5.61	4.86
		30.00	10:30	12:10	3.00	5.46	5.62	4.71
		60.00	11:00	12:40	3.00	5.39	5.58	4.51
		120.00	12:00	13:10	4.29	5.35	5.60	4.29
12/04/2011	Jugo diluido	0.00	11:37	14:14	1.91	5.39	5.61	4.82
		30.00	12:18	14:14	2.59	5.32	5.62	4.92
		60.00	12:32	14:14	2.94	5.34	5.60	4.27
		120.00	13:32	14:40	4.41	5.31	5.61	4.33

CONTINUACIÓN TABLA No. 59 ANÁLISIS DE TEST DE RESAZURINA Y  
FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA PARA JUGO DILUIDO

Fecha	Descripción de la muestra	Intervalos de análisis	Test de resazurina			Fermentación espontánea		
			Hora inicial	Hora final	CM	pH inicial	pH ajustado	pH final
17/04/2011	Jugo diluido	0.00	11:20	13:59	1.89	5.43	5.60	4.93
		30.00	11:50	14:11	2.13	5.4	5.60	4.75
		60.00	12:20	14:25	2.40	5.42	5.60	4.60
		120.00	13:20	14:47	3.45	5.26	5.60	4.32
18/04/2011	Jugo diluido	0.00	09:30	12:36	1.61	5.33	5.60	4.37
		30.00	10:00	13:00	1.67	5.28	5.60	4.32
		60.00	10:30	13:20	1.76	5.25	5.60	4.30
		120.00	11:30	14:04	1.95	5.22	5.60	4.27

TABLA No. 60 ANÁLISIS DE TEST CAPACIDAD BUFFER PARA JUGO DILUIDO

Fecha	Descripción de la muestra	Intervalos de análisis	Capacidad Buffer		
			pH inicial ( $\pm 0.1$ )	pH final ( $\pm 0.1$ )	Volumen NaOH ( $\pm 0.05$ mL)
29/03/2011	Jugo diluido	0.00	5.42	6.42	9.30
		30.00	5.37	6.37	10.50
		60.00	5.34	6.34	11.70
		120.00	5.30	6.30	12.00
30/03/2011	Jugo diluido	0.00	5.50	6.50	9.60
		30.00	5.45	6.45	10.30
		60.00	5.35	6.35	11.30
		120.00	5.32	6.32	12.30

CONTINUACIÓN TABLA No. 60 ANÁLISIS DE TEST CAPACIDAD BUFFER PARA  
JUGO DILUIDO

Fecha	Descripción de la muestra	Intervalos de Análisis	Capacidad Buffer		
			pH inicial ( $\pm 0.1$ )	pH final ( $\pm 0.1$ )	Volumen NaOH ( $\pm 0.05$ mL)
09/04/2011	Jugo diluido	0.00	5.48	6.49	9.40
		30.00	5.46	6.46	11.80
		60.00	5.36	6.36	13.00
		120.00	5.30	6.31	14.40
12/04/2011	Jugo diluido	0.00	5.40	6.41	10.30
		30.00	5.37	6.37	12.60
		60.00	5.36	6.36	13.00
		120.00	5.30	6.31	14.40
17/04/2011	Jugo diluido	0.00	5.45	6.46	11.10
		30.00	5.38	6.38	11.50
		60.00	5.32	6.32	12.10
		120.00	5.26	6.26	12.40
18/04/2011	Jugo diluido	0.00	5.32	6.32	12.10
		30.00	5.30	6.30	12.60
		60.00	5.24	6.24	13.00
		120.00	5.22	6.22	14.10

TABLA NO. 61 SIMULACIÓN DE CAÑA DE PATIO

Fecha	Tipo de muestra	Día de análisis	Brix ( $\pm 0.04^\circ$ )	Lpol ( $\pm 0.05^\circ$ )	Porcentaje de gomas ( $\pm 5\%$ )
09/04/2011	Caña	0	19.14	71.41	10.0
		1	18.84	69.29	5.0
		2	19.56	73.39	4.0

TABLA No. 62 SIMULACIÓN DE CAÑA DE PATIO, TEST DE RESAZURINA

Fecha	Tipo de muestra	Día de análisis	Hora inicial	Hora final
09/04/2011	Caña	0	01:00	16:00
		1	12:35	14:36
		2	09:30	11:53

TABLA No. 63 SIMULACIÓN DE CAÑA DE PATIO, PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA

Fecha	Tipo de muestra	Día de análisis	Condiciones iniciales			Condiciones finales		
			pH inicial ( $\pm 0.1$ )	pH final ( $\pm 0.1$ )	Volumen NaOH ( $\pm 0.05\text{mL}$ )	pH inicial ( $\pm 0.1$ )	pH final ( $\pm 0.1$ )	Volumen NaOH ( $\pm 0.05\text{mL}$ )
09/04/2011	Caña	0	5.6	5.6	0.0	4.58	5.6	12.1
		1	5.5	5.6	1.0	4.49	5.6	8.8
		2	4.6	5.6	15.2	4.43	5.6	9.9

TABLA NO. 64 SIMULACIÓN DE CAÑA DE PATIO, PRUEBA DE CAPACIDAD BUFFER

Fecha	Tipo de muestra	Día de análisis	pH inicial ( $\pm 0.1$ )	pH final ( $\pm 0.1$ )	Volumen NaOH ( $\pm 0.05\text{mL}$ )
09/04/2011	Caña	0	5.6	6.6	8.2
		1	4.72	5.6	11
		2	4.6	5.6	15.2

## d. Evaluación preliminar diferentes variantes prueba fermentación espontánea

TABLA NO. 65 ANÁLISIS DE VARIANTES PARA LA PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA

Muestra	pH inicial $\pm 0.001$	pH ajustado $\pm 0.001$	pH			pH final $\pm 0.001$
			1 hora $\pm 0.001$	2 hora $\pm 0.001$	3 hora $\pm 0.001$	
1	5.350	5.610	5.577	5.477	5.281	4.831
	5.350	-	5.287	5.198	5.050	4.714

CONTINUACIÓN TABLA NO. 65 ANÁLISIS DE VARIANTES PARA LA PRUEBA DE  
FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA

Muestra	pH inicial ± 0.001	pH ajustado ± 0.001	Ph			pH final ± 0.001
			1 hora ± 0.001	2 hora ± 0.001	3 hora ± 0.001	
2	5.350	5.590	5.563	5.468	5.276	4.828
	5.330	-	5.309	5.206	5.087	4.733
3	5.401	5.605	5.556	5.450	5.241	4.632
	5.392	-	5.316	5.213	5.073	4.597
4	5.387	5.609	5.541	5.443	5.213	4.624
	5.401	-	5.316	5.206	5.027	4.568
5	5.324	5.602	5.579	5.511	5.327	4.886
	5.328	-	5.311	5.219	5.100	4.739

- e. **Diseño de un modelo inicial para evaluar el incremento de incrustaciones en los evaporadores como efecto de mayor cantidad de cal añadida debido a la actividad microbológica**

TABLA NO. 66 MASA DEL TUBO DE COBRE ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO DE  
EVAPORACIÓN

Tubo	Masa inicial (± 0.0001 g)	Masa después de evaporar (± 0.0001 g)	Masa después del lavado (± 0.0001 g)
1	138.6391	141.1882	138.7199
2	138.5353	143.5843	138.6347
3	143.1339	151.2953	143.3795
4	145.5848	148.5477	145.8583
5	144.2047	151.7605	144.5750

TABLA NO. 67. TIEMPO OPERACIÓN NECESARIO PARA ALCANZAR LA CONCENTRACIÓN  
DESEADA CON LOS DOS MODELOS DE EVAPORACIÓN DISEÑADOS

Muestra	Modelo de operación	Concentración con respecto al tiempo (± 0.1 °Brix)				
		0	1	2	3	4
1	2	13.2	29.8	51.5	64.9	-
2	1	13.5	16.7	24.8	46.9	65.1

CONTINUACIÓN TABLA NO. 67. TIEMPO OPERACIÓN NECESARIO PARA ALCANZAR LA CONCENTRACIÓN DESEADA CON LOS DOS MODELOS DE EVAPORACIÓN DISEÑADOS

Muestra	Modelo de operación	Concentración con respecto al tiempo ( $\pm 0.1$ °Brix)				
		0	1	2	3	4
3	1	13.7	16.6	25.2	44.4	64.2
4	1	12.4	17.2	29.3	48.1	69.1
5	2	12.4	32.5	55.5	65.2	-

TABLA NO. 68 CONDICIONES DEL JUGO ANTES DEL PROCESO DE EVAPORACIÓN

Muestra	pH inicial	pH ajustado	Cantidad de cal añadida ( $\pm 0.0001$ g)	Grados Brix iniciales ( $\pm 0.1$ °)
1	5	7	0.6483	13.2
2	5	7	0.6488	13.5
3	5	9	1.2607	13.7
4	5	9	1.2642	12.4
5	5	10	1.4011	12.4

**f. Elongación de cristales**

TABLA NO. 69 MUESTRA 1, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	No.	Largo (mm)	Ancho (mm)
1	1.2	1.0	17	2.0	1.7
2	2.0	1.5	18	1.2	1.0
3	2.5	1.7	19	1.0	1.0
4	1.4	1.0	20	1.5	1.0
5	1.6	1.0	21	1.6	1.0
6	1.8	1.7	22	1.8	1.5
7	1.5	1.5	23	1.7	1.4
8	1.5	1.0	24	2.0	1.8
9	2.0	1.6	25	1.2	0.6
10	0.5	0.4	26	1.3	0.7
11	1.8	1.2	27	1.0	0.5
12	1.6	1.2	28	2.0	1.5
13	2.3	1.8	29	1.0	0.8

CONTINUACIÓN TABLA NO. 69 MUESTRA 1, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	No.	Largo (mm)	Ancho (mm)
14	2.0	1.8	30	1.6	1.4
15	1.2	1.0	31	1.2	0.8
16	1.4	0.6	32	2.0	1.0

TABLA NO. 70 MUESTRA 2, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	No.	Largo (mm)	Ancho (mm)
1	1.6	1.4	17	0.7	0.4
2	1.0	0.5	18	0.8	0.6
3	1.5	1.5	19	0.3	0.1
4	1.4	0.6	20	0.5	0.2
5	2.0	1.3	21	1.2	1.0
6	1.7	1.0	22	1.4	1.3
7	1.6	1.0	23	2.1	2.0
8	1.2	0.5	24	0.8	0.4
9	1.6	1.5	25	1.6	1.0
10	0.7	0.5	26	1.8	1.5
11	1.6	1.0	27	1.4	1.0
12	1.4	1.0	28	2.3	0.6
13	1.5	1.3	29	0.8	0.5
14	1.9	0.6	30	0.4	0.3
15	2.5	0.4	31	0.7	0.6
16	0.6	0.3	32	0.8	0.1

TABLA NO. 71 MUESTRA 3, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	No.	Largo (mm)	Ancho (mm)
1	1.0	0.6	16	1.2	0.7
2	1.6	1.0	17	0.6	0.4
3	1.0	0.9	18	0.8	0.2
4	0.9	0.8	19	2.4	2.1
5	1.2	0.5	20	1.4	1.2
6	1.8	1.4	21	1.6	1.0
7	0.8	0.5	22	1.0	0.5

CONTINUACIÓN TABLA NO. 71 MUESTRA 3, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	No.	Largo (mm)	Ancho (mm)
8	1.0	0.6	23	1.1	0.6
9	1.0	0.7	24	2.5	1.5
10	1.8	0.4	25	1.1	1.0
11	1.5	1.1	26	1.6	1.3
12	1.3	1.1	27	1.2	0.9
13	2.0	1.5	28	0.8	0.6
14	1.2	1.0	29	1.2	0.6
15	1.6	1.3	30	1.4	0.5

TABLA NO. 72 MUESTRA 4, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	No.	Largo (mm)	Ancho (mm)
1	1.4	0.6	16	0.8	0.2
2	1.5	1.0	17	0.6	0.3
3	2.0	1.2	18	1.2	0.6
4	0.7	0.3	19	1.7	1.0
5	1.5	1.5	20	1.2	0.3
6	1.7	1.5	21	1.6	1.0
7	1.6	1.3	22	1.2	0.8
8	1.6	1.3	23	1.3	0.7
9	1.7	1.4	24	0.8	0.6
10	1.5	1.1	25	0.5	0.4
11	1.2	1.0	26	1.2	0.6
12	1.4	1.3	27	1.2	0.8
13	1.6	1.4	28	1.3	0.6
14	1.3	0.4	29	1.2	0.6
15	2.1	1.8	30	0.7	0.6

TABLA NO. 73 MUESTRA 5, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	No.	Largo (mm)	Ancho (mm)
1	1.2	0.5	18	0.8	0.3
2	0.9	0.6	19	0.5	0.5

CONTINUACIÓN TABLA NO. 73 MUESTRA 5, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	No.	Largo (mm)	Ancho (mm)
3	0.5	0.4	20	0.4	0.2
4	1.5	1.0	21	0.3	0.1
5	0.3	0.2	22	0.6	0.3
6	0.9	0.3	23	1.2	1.0
7	1.6	1.3	24	0.1	0.1
8	0.7	0.2	25	0.4	0.3
9	1.4	1.2	26	1.3	0.9
10	0.3	0.2	27	0.5	0.2
11	1.7	1.2	28	1.0	0.4
12	0.4	0.2	29	0.8	0.3
13	1.1	1.0	30	0.3	0.2
14	0.3	0.1	31	0.8	0.5
15	0.2	0.2	32	0.2	0.1
16	1.5	0.8	33	0.5	0.1
17	1.4	0.7	34	0.9	0.2

2. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema en caña y desarrollo de mejoras para el control

a. Oportunidad de información a partir de monitoreo microbiológico.

TABLA NO. 74 DATOS PARA CORTE MECANIZADO CON QUEMA, ZAFRA 2010-2011

Coefficiente microbiológico	Número de datos recolectados	Promedio de CM
Bueno (0.0-2.0)	49	1.65
Alerta (2.0-2.5)	21	2.14
Malo (2.5- 3.0)	3	2.50
<b>Total de muestras</b>	<b>73</b>	

TABLA NO. 75 DATOS PARA CORTE MECANIZADO EN VERDE, ZAFRA 2010-2011

Coefficiente microbiológico	Número de datos recolectados	Promedio de CM
Bueno (0.0-2.0)	83	1.68
Alerta (2.0-2.5)	21	2.18

CONTINUACIÓN TABLA NO. 75 DATOS PARA CORTE MECANIZADO EN VERDE, ZAFRA 2010-2011

<b>Coefficiente microbiológico</b>	<b>Número de datos recolectados</b>	<b>Promedio de CM</b>
Malo (2.5- 3.0)	3	2.54
<b>Total de muestras</b>	<b>107</b>	

TABLA NO. 76 DATOS PARA CORTE MANUAL CON QUEMA, ZAFRA 2010-2011

<b>Coefficiente microbiológico</b>	<b>Número de datos recolectados</b>	<b>Promedio de CM</b>
Bueno (0.0-2.0)	178	1.64
Alerta (2.0-2.5)	47	2.16
Malo (2.5- 3.0)	5	2.52
<b>Total de muestras</b>	<b>230</b>	

TABLA NO. 77 DATOS PARA CORTE MANUAL EN VERDE, ZAFRA 2010-2011

<b>Coefficiente microbiológico</b>	<b>Número de datos recolectados</b>	<b>Promedio de CM</b>
Bueno (0.0-2.0)	178	1.64
Alerta (2.0-2.5)	47	2.16
Malo (2.5- 3.0)	5	2.52
Crítico (mayor a 3.0)	4	6.17
<b>Total de muestras</b>	<b>234</b>	

**b. Evaluación preliminar de pérdidas en el patio y establecimiento de la logística para el control sistemático de la caña en esta área**

TABLA NO. 78 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE CAÑA TOMADAS DE LA PILA DEL PATIO

<b>Muestra analizada</b>	<b>Pureza</b>		<b>Test de resazurina</b>					<b>Capacidad buffer</b>		
	<b>°Brix ±0.04</b>	<b>Lpol ±0.05</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>Hora inicial</b>	<b>Hora final</b>	<b>pH inicial ±0.01</b>	<b>pH ajustado ±0.01</b>	<b>Volumen NaOH (± 0.05 mL)</b>
Exterior	19.62	76.81	-	-	R	11:30	16:20	5.47	6.47	10.80
Exterior	19.10	71.33	-	-	-	11:40	16:20	5.49	6.49	11.50
Intermedio	18.80	71.03	-	-	-	14:32	17:03	5.44	6.44	11.80

CONTINUACIÓN TABLA NO. 78 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE CAÑA TOMADAS DE LA PILA DEL PATIO

Muestra analizada	Pureza		Test de resazurina					Capacidad buffer		
	°Brix ±0.04	Lpol ±0.05	15	30	45	Hora ini cia l	Hora fin al	pH inicial ±0.01	pH ajustado ±0.01	Volumen NaOH (± 0.05 mL)
Intermedio	20.54	78.71	-	-	-	12:46	16:53	5.42	6.42	12.50
Fondo	19.51	71.33	-	-	R	15:35	16:40	5.44	6.44	12.50
Fondo	19.64	71.75	-	-	-	15:35	16:40	5.29	6.29	14.60
Fondo	20.52	76.32	-	-	R	16:57	18:35	5.18	6.19	11.90
Fondo	22.00	75.83	-	R	-	9:37	11:51	5.4	6.4	10.50
Fondo	22.11	86.67	-	-	-	10:50	13:59	5.44	6.44	12.40
Fondo	19.69	71.16	-	-	-	10:40	13:19	5.46	6.46	13.20
Fondo	21.02	78.78	-	-	R	17:01	19:00	5.41	6.41	13.10

## B. Cálculo de la muestra

1. Determinación del porcentaje de acierto en base al primer cambio observado o cambio a rojo en la prueba de coeficiente microbiológico para calcular el porcentaje de acierto del análisis de las muestras del laboratorio de caña con CM mayor a 3 con base en el primer cambio observado se realizó el siguiente cálculo

$$\text{Porcentaje de acierto a los 30 minutos} = \left(\frac{95}{102}\right) * 100$$

$$\text{Porcentaje de acierto a los 30 minutos} = 93.1\%$$

Se siguió el mismo procedimiento para calcular el porcentaje de acierto para los 15, 30 y 45 minutos de análisis de las muestras con CM mayor a 2.5 y 3 del laboratorio de caña y del tándem para el primer cambio observado y cambio a rojo.

2. Cálculo de la caída de pH para la prueba de fermentación espontánea para determinar la caída de pH se utilizó la siguiente ecuación

$$\Delta pH = pH_i - pH_f$$

(Ecuación 8)

Donde corresponde al pH ajustado, en el caso de las muestras trabajadas con ajuste o al pH inicial del jugo cuando el pH no es ajustado. A continuación se muestra el cálculo de la caída de pH para la muestra 1 de jugo diluido del tándem al tiempo 0. Los valores de  $y$  se muestran en la Tabla No. 9 de la sección de datos originales de este trabajo.

$$\Delta pH = (5.60 \pm 0.01) - (4.76 \pm 0.01)$$

$$\Delta pH = 0.87 \pm 0.01$$

Se realizó el mismo cálculo para calcular la caída de pH de todas las muestras analizadas con la prueba de fermentación espontánea.

- 3. Cálculo de la caída de pH promedio de las muestras de jugo diluido del tándem para determinar la caída de pH promedio se utilizó los datos de la Tabla No. 20 y la siguiente ecuación:**

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N}$$

(Ecuación 9)

A continuación se muestra el cálculo de la caída de pH promedio de las muestras al tiempo 0

$$\Delta pH_{promedio} = \frac{(0.87 \pm 0.01) + (1.10 \pm 0.01) + (0.75 \pm 0.01) + (0.79 \pm 0.01) + (0.67 \pm 0.01) + (1.73 \pm 0.01)}{6}$$

$$\Delta pH_{promedio} = 0.9 \pm 2$$

Se siguió el mismo procedimiento para calcular la caída de pH promedio de las muestras para el tiempo 0, 30, 60 y 120 minutos. Además se utilizó para la determinación de todos los promedios calculados en este trabajo.

- 4. Determinación del coeficiente microbiológico (CM) de las muestras de caña del patio para obtener el CM de las muestras de caña del patio se utilizó los datos de la Tabla No. 11 y la siguiente ecuación**

$$CM = \frac{5}{t_R}$$

(Ecuación 14)

(Álvarez, 2008)

A continuación se describe el cálculo del CM para una muestra de caña perteneciente al intermedio de la pila.

$$t_R = 17:03 - 14:32$$

$$t_R = 2:31$$

$$t_R = 2 h + \left( 31 \text{ min} \left( \frac{1 h}{60 \text{ min}} \right) \right)$$

$$t_R = 2.5167$$

$$CM = \frac{5}{2.5167}$$

$$CM = 1.99$$

Se calculó de la misma manera el CM de todas las muestras de caña tomadas de la pila del patio.

- 5. Cálculo de la pureza de las muestras de caña del patio para determinar la pureza se utilizaron los valores de la Tabla No. 11 de la sección de datos originales. Primero fue necesario calcular los grados Pol de la solución mediante la siguiente ecuación**

$$^{\circ}Pol = ^{\circ}Lpol * (0.26065 - (0.000995 * ^{\circ}Brix))$$

(Ecuación 15)

Luego se calculó la pureza utilizando la ecuación que se muestra a continuación

$$Pureza = \left( \frac{^{\circ}Pol}{^{\circ}Brix} \right) * 100$$

(Ecuación 16)

En seguida se muestra el cálculo para obtener la pureza de una muestra de caña perteneciente al intermedio de la pila.

$$^{\circ}Pol = 71.03 \pm 0.05 * (0.26065 - (0.000995 * 18.80 \pm 0.04))$$

$$^{\circ}Pol = 17.19 \pm 0.01$$

$$Pureza = \left( \frac{17.19 \pm 0.01}{18.80 \pm 0.04} \right) * 100$$

$$Pureza = 91.4 \pm 0.2$$

Se siguió el mismo procedimiento para determinar la pureza de todas las muestras de caña tomadas de la pila del patio.

- 6. Determinación de la cantidad de incrustaciones en el tubo de cobre de modelo de evaporación para determinar la cantidad de incrustaciones se utilizó la masa inicial del tubo y la masa del tubo después del lavado. Estos valores se muestran en la Tabla No. 66 de la sección de datos originales. A continuación se describe el cálculo para la muestra 1**

$$Calincrustada = (138.7199 \pm 0.0001 \text{ g}) - (138.6391 \pm 0.0001 \text{ g})$$

$$Calincrustada = 0.0808 \pm 0.0001 \text{ g}$$

Se realizó el mismo cálculo para determinar la cantidad de incrustaciones en el tubo de cobre de todas las muestras trabajadas.

- 7. Cálculo del porcentaje de incrustación en el tubo de cobre para obtener este porcentaje se utilizó la masa de cal añadida al jugo y la cantidad de incrustaciones calculada en el inciso anterior.**

$$Porcentajedeincrustación = \left( \frac{Cantidaddeincrustaciones}{Cantidaddecalañadida} \right) * 100$$

(Ecuación 17)

A continuación se muestra el cálculo del porcentaje de incrustación en el tubo de cobre de la muestra 1

$$\text{Porcentaje de incrustación} = \left( \frac{0.0808 \pm 0.0001 \text{ g}}{0.6483 \pm 0.0001 \text{ g}} \right) * 100$$

$$\text{Porcentaje de incrustación} = 12.46 \pm 0.2 \%$$

## 8. Elongación de cristales

$$CE = \frac{\text{Largo de Grano}}{\text{Ancho de Grano}}$$

(Ecuación No. 4)

- Ancho de grano: 1.0 mm
- Largo de grano: 1.2 mm

$$CE = \frac{1.2 \text{ mm}}{1.0 \text{ mm}}$$

$$CE = 1.2$$

Se realizó el procedimiento anterior para la determinación del coeficiente de elongación de granos de azúcar en las muestras restantes trabajadas con glicerina, así como en la mezcla de glicerina con aceite.

## C. Análisis de error

### 1. Regresión

#### a. Obtención de mínimo de cuadrados para la regresión lineal de coeficiente microbiológico

TABLA NO. 79 DATOS PARA OBTENCIÓN DE MÍNIMOS CUADRADOS

$x_i$	$y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$	$x_i y_i$
0.00	1.95	0.00	3.80	0.00
30.00	2.19	900.00	4.78	65.58

## CONTINUACIÓN DATOS PARA OBTENCIÓN DE MÍNIMOS CUADRADOS

$x_i$	$y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$	$x_i y_i$
60.00	2.43	3600.00	5.93	146.06
$x_i$	$y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$	$x_i y_i$
120.00	3.23	14400.00	10.46	388.03
210.00	9.80	18900.00	24.96	599.67

$$S_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2 = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}$$

$$S_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2 = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}$$

(Ecuación 5)

$$S_{xx} = 18900.00 - \frac{(210.00)^2}{4}$$

$$S_{xx} = 7875.00 \text{ min}^2$$

$$S_{yy} = \sum (y_i - \bar{y})^2 = \sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{N}$$

(Ecuación 6)

$$S_{yy} = 24.96 - \frac{(9.80)^2}{4}$$

$$S_{yy} = 0.93 \text{ CM}^2$$

$$S_{xy} = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{N}$$

(Ecuación 7)

$$S_{xy} = 599.67 - \frac{210.00 * 9.80}{4}$$

$$S_{xy} = 84.99 \text{ min} \cdot \text{CM}$$

Se realizó el procedimiento anterior para la determinación de los mínimos cuadrados para la regresión de análisis de fermentación espontánea y capacidad buffer.

**b. Pendiente de la recta de regresión lineal de coeficiente microbiológico**

$$m = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$$

(Ecuación 8)

$$m = \frac{84.99 \text{ min} \cdot \text{CM}}{7875.00 \text{ min}^2}$$

$$m = 0.011 \text{ CM/min}$$

Se realizó el procedimiento anterior para la determinación de la pendiente de la regresión de análisis de fermentación espontánea y capacidad buffer.

**c. Ordenada al origen de la regresión lineal de coeficiente microbiológico**

$$b = \bar{y} - m\bar{x}$$

(Ecuación No. 9)

$$b = 2.45 \text{ CM} - \left(0.011 \frac{\text{CM}}{\text{min}} * 52.50 \text{ min}\right)$$

$$b = 1.884 \text{ CM}$$

Se realizó el procedimiento anterior para la determinación de la ordenada al origen para la regresión lineal de análisis de fermentación espontánea y capacidad buffer.

**d. Desviación estándar de la regresión lineal de coeficiente microbiológico**

$$s_r = \sqrt{\frac{S_{yy} - m^2 S_{xx}}{N - 2}}$$

(Ecuación No. 10)

$$s_r = \sqrt{\frac{0.93CM^2 - (0.011CM/min)^2 * 7875.00min^2}{4 - 2}}$$

$$s_r = 0.093CM$$

Se realizó el procedimiento anterior para la determinación de la desviación estándar de la regresión para análisis de fermentación espontánea y capacidad buffer.

**e. Desviación estándar de la regresión lineal de coeficiente microbiológico**

$$s_m = \sqrt{\frac{s_r^2}{S_{xx}}}$$

(Ecuación No. 11)

$$s_m = \sqrt{\frac{(0.093CM)^2}{7875.00min^2}}$$

$$s_m = 0.001CM/min$$

Se llevó a cabo el procedimiento anterior para la determinación de la desviación estándar de la pendiente para análisis de fermentación espontánea y capacidad buffer.

**f. Desviación estándar de ordenada al origen de la regresión lineal de coeficiente microbiológico**

$$s_b = s_r \sqrt{\frac{1}{N - (\sum x_i)^2 / \sum x_i^2}}$$

Ecuación No. 12

$$s_b = 0.093CM * \sqrt{\frac{1}{4 - (210.00\text{min}^2 / 18900.00\text{min}^2)}}$$

$$s_b = 0.072CM$$

Se realizó el procedimiento anterior para la determinación de la desviación estándar de la ordenada al origen para análisis de fermentación espontánea y capacidad buffer.

**g. Suma de cuadrados residuales de la regresión lineal de coeficiente microbiológico**

$$SS_{resid} = \sum_{i=1}^N [y_i - (b + mx_i)]^2$$

(Ecuación No. 13)

$$SS_{resid} = [1.95CM - 1.884CM]^2 + \left[ 2.19CM - \left( 1.884CM + 0.011 \frac{CM}{min} * 30min \right) \right]^2$$

$$+ \left[ 2.43CM - \left( 1.884CM + 0.011 \frac{CM}{min} * 60min \right) \right]^2$$

$$+ \left[ 3.23CM - \left( 1.884CM + 0.011 \frac{CM}{min} * 120min \right) \right]^2$$

$$SS_{resid} = 0.017C$$

Se realizó el procedimiento anterior para la determinación de suma de cuadrados residuales para análisis de fermentación espontánea y capacidad buffer.

**h. Coeficiente de determinación de la regresión lineal de coeficiente microbiológico**

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{resid}}{SS_{total}} = 1 - \frac{SS_{resid}}{SS_{yy}}$$

(Ecuación No. 14)

$$R^2 = 1 - \frac{0.017CM}{0.93CM}$$

$$R^2 = 0.982$$

Se realizó el procedimiento anterior para la obtención del coeficiente de determinación para los análisis de fermentación espontánea y capacidad buffer.

## 2. Cálculo de incertidumbre

**a. Suma y resta.** Ecuación utilizada para calcular la caída de pH en las pruebas de fermentación espontánea

$$(A \pm a) \pm (B \pm b) = (A \pm B) \pm \sqrt{a^2 + b^2}$$

(Ecuación 18)

(Skoog, 2007)

$$\Delta pH = (5.60 - 4.76) \pm \sqrt{(0.01)^2 + (0.01)^2}$$

$$\Delta pH = 0.87 \pm 0.01$$

Se realizó el mismo procedimiento para calcular las incertidumbres de todos los cálculos en los que se utilizó la suma o resta.

**b. Multiplicación y división.** Ecuación utilizada para calcular el porcentaje de incrustaciones en el tubo de cobre.

$$(A \pm a)(B \pm b) = (AB) \pm (AB) \sqrt{\left(\frac{a}{A}\right)^2 + \left(\frac{b}{B}\right)^2}$$

(Ecuación 19)

(Skoog, 2007)

$$\frac{(A \pm a)}{(B \pm b)} = \left(\frac{A}{B}\right) \pm \left(\frac{A}{B}\right) \sqrt{\left(\frac{a}{A}\right)^2 + \left(\frac{b}{B}\right)^2}$$

(Ecuación 20)

(Skoog, 2007)

$$\left(\frac{0.0808 \text{ g}}{0.6483 \text{ g}}\right) \pm \left(\frac{0.0808 \text{ g}}{0.6483 \text{ g}}\right) \sqrt{\left(\frac{0.0001}{0.0808}\right)^2 + \left(\frac{0.0001}{0.6483}\right)^2}$$

$$(0.1246 \pm 0.0002)$$

$$\text{Porcentaje de incrustación} = (0.1246 * 100) \pm ((0.1246 * 100)) \sqrt{\left(\frac{0.0002}{0.1246}\right)^2 + \left(\frac{0}{100}\right)^2}$$

$$\text{Porcentaje de incrustación} = 12.46 \pm 0.02\%$$

Se realizó el mismo procedimiento para calcular las incertidumbres de todos los cálculos en los que se utilizó la multiplicación o división.

### 3. Desviación estándar del cambio de PH promedio de las muestras de jugo diluido del tándem

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - x_i)^2}{N - 1}}$$

(Ecuación 21)

(Skoog, 2007)

$$S = \sqrt{\frac{(0.87 - 0.9)^2 + (1.10 - 0.9)^2 + (0.75 - 0.9)^2 + (0.79 - 0.9)^2 + (0.67 - 0.9)^2 + (1.73 - 0.9)^2}{5}}$$

$$S = 0.2$$

## D. Datos calculados

### 1. Desarrollo de técnicas analíticas para el soporte del sistema de control

a. Evaluación del cambio temprano en el test de la resazurina como indicador de mayor actividad microbiana en la etapa de implementación industrial

TABLA NO. 80 PORCENTAJE DE ACIERTO CON BASE EN EL PRIMER CAMBIO OBSERVADO PARA EL LABORATORIO DE CAÑA Y EL TÁNDEM

Tiempo	Laboratorio de caña		Tándem	
	CM > 3	CM > 2.5	CM > 3	CM > 2.5
15	56.9%	51.5%	57.0%	61.6%
30	93.1%	90.8%	88.6%	91.2%
45	99.0%	98.9%	95.3%	97.1%

TABLA NO. 81 PORCENTAJE DE ACIERTO CON BASE EN EL CAMBIO A ROJO PARA EL LABORATORIO DE CAÑA Y EL TÁNDEM

Tiempo	Laboratorio de caña		Tándem	
	CM > 3	CM > 2.5	CM > 3	CM > 2.5
15	0.0%	0.0%	2.0%	2.1%
30	1.0%	2.6%	32.9%	24.4%
45	7.8%	11.4%	68.5%	59.5%

TABLA NO. 82 PORCENTAJE DE ACIERTO CON BASE EN EL PRIMER CAMBIO OBSERVADO EXCLUYENDO FALSOS POSITIVOS PARA EL LABORATORIO DE CAÑA Y EL TÁNDEM

Tiempo	Laboratorio de caña			Laboratorio de caña		
	15	30	45	15	30	45
CM > 3	3.9%	3.2%	3.1%	4.8%	4.5%	4.4%
CM > 2.5	9.4%	8.3%	8.1%	16.5%	15.0%	14.3%

TABLA NO. 83 PORCENTAJE DE ACIERTO CON BASE EN EL CAMBIO A ROJO EXCLUYENDO FALSOS POSITIVOS PARA EL LABORATORIO DE CAÑA Y EL TÁNDEM

Tiempo	Laboratorio de caña			Laboratorio de caña		
	15	30	45	15	30	45
CM > 3	0.0%	2.7%	1.7%	12.0%	13.0%	6.9%
CM > 2.5	0.0%	18.9%	6.7%	40.0%	30.9%	19.3%

**b. Determinación de la metabolización de sacarosa y resistencia antimicrobiana como evaluación de cepas perjudiciales**

TABLA NO. 84 VALORES DE SIGNIFICANCIA OBTENIDOS PARA LA COMPARACIÓN DE PH, CAPACIDAD BUFFER Y COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD A ANTIMICROBIANOS

<b>Factores comparados</b>	<b>Prueba estadística utilizada</b>	<b>Valor de significancia (p)</b>
pH inicial y final de medio MP25 inoculado con <i>Leuconostoc</i>	Signos de Wilcoxon	<b>0.000</b>
Capacidad buffer inicial y final de medio MP25 inoculado con <i>Leuconostoc</i>	ANOVA	<b>0.000</b>
pH y capacidad buffer inicial y final de medio MP25 utilizado como control negativo	Signos de Wilcoxon	0.109
Coefficiente de susceptibilidad de la microbiota total a bactericidas diluidos a $10^{-3}$	ANOVA	0.085
Coefficiente de susceptibilidad de la microbiota total a bactericidas diluidos a $10^{-4}$	ANOVA	0.526

TABLA NO. 85 VALORES DE SIGNIFICANCIA OBTENIDOS MEDIANTE LA PRUEBA DE SIGNOS DE WILCOXON, PARA LA COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD DE LEUCONOSTOCSP. A LOS ANTIMICROBIANOS A DIFERENTE DILUCIÓN

<b>Dilución del bactericida</b>	<b>Valor de significancia (p)</b>
Concentrado	<b>0.001</b>
$10^{-1}$	<b>0.003</b>
$10^{-2}$	0.678
$10^{-3}$	<b>0.004</b>
$10^{-4}$	<b>0.000</b>

TABLA NO. 86 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS PARA COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD DE LEUCONOSTOCSP. A LOS BACTERICIDAS DILUIDOS, OBTENIDO PARA LA COMPARACIÓN DE DIFERENTES CEPAS

Bactericida	Dilución del bactericida	Prueba estadística utilizada	Valor de significancia (p)
1	Concentrado	ANOVA	0.060
	10 <sup>-1</sup>	ANOVA	0.731
	10 <sup>-2</sup>	ANOVA	0.784
	10 <sup>-3</sup>	Kruskal-Wallis	0.631
	10 <sup>-4</sup>	Kruskal-Wallis	0.413
2	Concentrado	ANOVA	0.156
	10 <sup>-1</sup>	Kruskal-Wallis	0.487
	10 <sup>-2</sup>	Kruskal-Wallis	0.208
	10 <sup>-3</sup>	ANOVA	<b>0.044</b>
	10 <sup>-4</sup>	Kruskal-Wallis	0.190
3	Concentrado	Kruskal-Wallis	0.280
	10 <sup>-1</sup>	ANOVA	0.108
	10 <sup>-2</sup>	ANOVA	0.186
	10 <sup>-3</sup>	Kruskal-Wallis	2.94
3	10 <sup>-4</sup>	ANOVA	0.061

TABLA NO. 87 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA LA COMPARACIÓN DEL CAMBIO DE PH OBTENIDO ENTRE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC

Cepas comparadas	Valor de significancia (p)
1-2	0.511
1-3	<b>0.006</b>
1-4	<b>0.000</b>
1-5	<b>0.004</b>
2-3	0.071
2-4	<b>0.002</b>
2-5	<b>0.044</b>
3-4	0.207

CONTINUACIÓN TABLA NO. 87 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA LA COMPARACIÓN DEL CAMBIO DE PH OBTENIDO ENTRE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC

Cepas comparadas	Valor de significancia (p)
3-5	0.998
4-5	0.314

TABLA NO. 88 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA LA COMPARACIÓN DEL CAMBIO DE CAPACIDAD BUFFER OBTENIDO ENTRE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC

Cepas comparadas	Valor de significancia (p)
1-2	0.000
1-3	<b>0.000</b>
1-4	<b>0.002</b>
1-5	<b>0.000</b>
2-3	<b>0.044</b>
2-4	<b>0.002</b>
2-5	<b>0.044</b>
3-4	0.286
3-5	1.000
4-5	0.286

TABLA NO. 89 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA LA COMPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA OBTENIDA ENTRE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC

Cepas comparadas	Valor de significancia (p)
1-2	0.999
1-3	0.373
1-4	0.952
1-5	0.960

CONTINUACION TABLA NO. 89 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA LA COMPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA OBTENIDA ENTRE LAS DIFERENTES CEPAS DE LEUCONOSTOC

Cepas comparadas	Valor de significancia (p)
1-Control negativo	<b>0.000</b>
2-3	0.545
2-4	0.994
2-5	0.856
2-Control negativo	<b>0.000</b>
3-4	0.830
3-5	0.114
3-Control negativo	<b>0.000</b>
4-5	0.578
4-Control negativo	<b>0.000</b>
5-Control negativo	<b>0.000</b>

TABLA NO. 90 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD DE LA MICROBIOTA TOTAL, OBTENIDO PARA DIFERENTES BACTERICIDAS A DISTINTA CONCENTRACIÓN

Dilución de bactericida	Bactericidas comparados		
	1-2	1-3	2-3
Concentrado	<b>0.000</b>	<b>0.010</b>	<b>0.000</b>
10 <sup>-1</sup>	<b>0.000</b>	0.990	<b>0.000</b>
10 <sup>-2</sup>	<b>0.000</b>	0.693	<b>0.000</b>
10 <sup>-3</sup>	No aplica	No aplica	No aplica
10 <sup>-4</sup>	No aplica	No aplica	No aplica

TABLA NO. 91 VALOR DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA LA COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD DE MICROBIOTA TOTAL A LOS BACTERICIDAS DIFERENTES CONCENTRACIONES. EL VALOR DE 1 CORRESPONDE AL BACTERICIDA CONCENTRADO, 5 AL MÁS DILUIDO

Concentraciones comparadas	Bactericidas		
	1	2	3
1-2	<b>0.002</b>	0.011	0.121
1-3	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>
1-4	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
1-5	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
2-3	0.507	0.327	0.058
2-4	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
2-5	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
3-4	0.067	<b>0.006</b>	<b>0.008</b>
3-5	<b>0.007</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>
4-5	0.603	<b>0.016</b>	0.481

TABLA NO: 92 VALOR DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD DE LEUCONOSTOC, OBTENIDO PARA DIFERENTES BACTERICIDAS A DISTINTA CONCENTRACIÓN

Dilución de bactericida	Bactericidas comparados		
	1-2	1-3	2-3
Concentrado	<b>0.002</b>	0.359	<b>0.000</b>
10 <sup>-1</sup>	<b>0.000</b>	0.513	<b>0.000</b>
10 <sup>-2</sup>	<b>0.000</b>	0.158	<b>0.003</b>
10 <sup>-3</sup>	<b>0.000</b>	0.091	0.056
10 <sup>-4</sup>	0.061	<b>0.012</b>	0.791

TABLA NO. 93 VALOR DE SIGNIFICANCIA DE PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE TUKEY PARA LA COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE SUSCEPTIBILIDAD DE LEUCONOSTOCSP. A LOS BACTERICIDAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES. EL VALOR DE 1 CORRESPONDE AL BACTERICIDA CONCENTRADO, 5 AL MÁS DILUIDO

Concentraciones comparadas	Bactericidas		
	1	2	3
1-2	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	0.075
1-3	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>
1-4	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
1-5	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
2-3	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	0.511
2-4	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.022</b>
2-5	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.010</b>
3-4	0.066	0.090	0.551
3-5	0.051	<b>0.000</b>	0.384
4-5	1.000	0.320	0.999

TABLA NO. 94 VALORES DE SIGNIFICANCIA DE ANOVA Y PRUEBAS DE MANN-WHITNEY-WILCOXON PARA LA COMPARACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDAD A BACTERICIDAS DE LA MICROBIOTATOTAL Y LEUCONOSTOC

Dilución de bactericida	Bactericida		
	1	2	3
<b>Concentrado</b>	<b>0.038</b>	<b>0.008</b>	0.066
10 <sup>-1</sup>	<b>0.024</b>	<b>0.000</b>	0.070
10 <sup>-2</sup>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.028</b>
10 <sup>-3</sup>	<b>0.000</b>	0.058	0.085
10 <sup>-4</sup>	<b>0.010</b>	0.313	0.711

**c. Comparación de la confiabilidad de diferentes técnicas analíticas como indicador de atraso de caña**

TABLA NO. 95 ANÁLISIS DE TEST DE PUREZA, COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO Y FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA PARA JUGO DILUIDO

<b>Fecha</b>	<b>Descripción de la muestra</b>	<b>Intervalos de análisis</b>	<b>Pureza</b>	<b>CM</b>	<b>Delta pH</b>
29/03/2011	Jugo diluido	0.00	89.34	1.43	0.87
		30.00	88.24	1.43	1.03
		60.00	87.74	2.00	1.16
		120.00	77.07	2.31	1.20
30/03/2011	Jugo diluido	0.00	86.64	2.00	1.10
		30.00	84.35	2.31	1.03
		60.00	83.84	2.50	1.17
		120.00	86.29	3.00	1.35
09/04/2011	Jugo diluido	0.00	85.07	2.86	0.75
		30.00	85.49	3.00	0.91
		60.00	85.45	3.00	1.07
		120.00	84.39	4.29	1.31
12/04/2011	Jugo diluido	0.00	89.53	1.91	0.79
		30.00	89.49	2.59	0.70
		60.00	89.50	2.94	1.33
		120.00	88.22	4.41	1.28
17/04/2011	Jugo diluido	0.00	86.19	1.89	0.67
		30.00	84.00	2.13	0.85
17/04/2011	Jugo diluido	60.00	82.84	2.40	1.00
		120.00	80.41	3.45	1.28
18/04/2011	Jugo diluido	0.00	84.99	1.61	1.23
		30.00	79.94	1.67	1.28
		60.00	83.91	1.76	1.30
		120.00	89.16	1.95	1.33

TABLA NO. 96 ANÁLISIS DE TEST DE PUREZA, COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO Y FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA PARA SIMULACIÓN DE CAÑA

Fecha	Tipo de muestra	Día de análisis	Pureza	CM	Delta pH
29/02/2011	Caña	0	90.14	0.33	1.02
		1	88.97	4.00	1.01
		2	81.82	6.67	0.17

TABLA NO. 97 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA MÉTODOS EN TIEMPO INICIAL

Análisis Estadístico	Pureza	Porcentaje de gomas (%)	Coefficiente microbiológico (CM)	Fermentación espontánea ( $\Delta$ pH)	Capacidad buffer (mL NaOH)
Media	86.96	9.33	1.95	0.90	10.30
Error típico	0.83	1.05	0.20	0.09	0.45
Mediana	86.41	10.00	1.90	0.83	9.95
Desviación estándar	2.02	2.58	0.49	0.22	1.11
Varianza de la muestra	4.09	6.67	0.24	0.05	1.24
Curtosis	-1.89	0.39	2.80	-1.05	-0.38
Coefficiente de asimetría	0.57	-0.97	1.42	0.75	0.93
Rango	4.55	7.00	1.43	0.56	2.80
Mínimo	84.99	5.00	1.43	0.67	9.30
Máximo	89.53	12.00	2.86	1.23	12.10
Suma	521.75	56.00	11.70	5.41	61.80
Cuenta	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Mayor (1)	89.53	12.00	2.86	1.23	12.10
Menor(1)	84.99	5.00	1.43	0.67	9.30

TABLA NO. 98 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA MÉTODOS EN TREINTA MINUTOS

<b>Análisis Estadístico</b>	<b>Pureza</b>	<b>Porcentaje de gomas (%)</b>	<b>Coefficiente microbiológico (CM)</b>	<b>Fermentación espontánea (<math>\Delta</math>pH)</b>	<b>Capacidad buffer (mL NaOH)</b>
Media	85.25	10.17	2.19	0.97	11.55
Error típico	1.39	0.48	0.24	0.08	0.41
Mediana	84.92	10.50	2.22	0.97	11.65
Desviación estándar	3.39	1.17	0.58	0.20	0.99
Varianza de la muestra	11.51	1.37	0.34	0.04	0.99
Curtosis	0.10	2.55	-0.90	0.68	-1.87
Coefficiente de asimetría	-0.38	-1.59	0.05	0.41	-0.24
Rango	9.55	3.00	1.57	0.58	2.30
Mínimo	79.94	8.00	1.43	0.70	10.30
Máximo	89.49	11.00	3.00	1.28	12.60
Suma	511.50	61.00	13.12	5.80	69.30
Cuenta	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Mayor (1)	89.49	11.00	3.00	1.28	12.60
Menor(1)	79.94	8.00	1.43	0.70	10.30

TABLA NO. 99 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA MÉTODOS EN SESENTA MINUTOS

<b>Análisis estadístico</b>	<b>Pureza</b>	<b>Porcentaje de gomas (%)</b>	<b>Coefficiente microbiológico (CM)</b>	<b>Fermentación espontánea (<math>\Delta</math>pH)</b>	<b>Capacidad buffer (mL NaOH)</b>
Media	85.55	9.17	2.43	1.17	12.18
Error típico	1.06	0.40	0.20	0.05	0.28
Mediana	84.68	9.00	2.45	1.17	12.05
Desviación estándar	2.58	0.98	0.49	0.13	0.69
Varianza de la muestra	6.68	0.97	0.24	0.02	0.48
Curtosis	-0.96	3.60	-1.48	-1.31	-1.48
Coefficiente de asimetría	0.75	1.44	-0.18	0.00	0.25
Rango	6.66	3.00	1.24	0.33	1.70
Mínimo	82.84	8.00	1.76	1.00	11.30

CONTINUACIÓN TABLA NO. 99 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA MÉTODOS EN SESENTA MINUTOS

<b>Análisis estadístico</b>	<b>Pureza</b>	<b>Porcentaje de gomas (%)</b>	<b>Coefficiente microbiológico (CM)</b>	<b>Fermentación espontánea (<math>\Delta</math>pH)</b>	<b>Capacidad buffer (mL NaOH)</b>
Máximo	89.50	11.00	3.00	1.33	13.00
Suma	513.29	55.00	14.61	7.03	73.10
Cuenta	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Mayor (1)	89.50	11.00	3.00	1.33	13.00
Menor(1)	82.84	8.00	1.76	1.00	11.30

TABLA NO. 100 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA MÉTODOS EN CIENTO VEINTE MINUTOS

<b>Análisis Estadístico</b>	<b>Pureza</b>	<b>Porcentaje de gomas (%)</b>	<b>Coefficiente microbiológico (CM)</b>	<b>Fermentación espontánea (<math>\Delta</math>pH)</b>	<b>Capacidad buffer (mL NaOH)</b>
Media	84.26	9.17	3.23	1.29	12.92
Error típico	1.92	0.60	0.41	0.02	0.43
Mediana	85.34	9.50	3.22	1.30	12.35
Desviación estándar	4.70	1.47	1.01	0.05	1.05
Varianza de la muestra	22.05	2.17	1.02	0.00	1.09
Curtosis	-0.90	-0.86	-1.80	1.42	-1.65
Coefficiente de asimetría	-0.69	-0.42	-0.04	-1.05	0.93
Rango	12.08	4.00	2.46	0.15	2.40
Mínimo	77.07	7.00	1.95	1.20	12.00
Máximo	89.16	11.00	4.41	1.35	14.40
Suma	505.53	55.00	19.40	7.75	77.50
Cuenta	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Mayor (1)	89.16	11.00	4.41	1.35	14.40
Menor(1)	77.07	7.00	1.95	1.20	12.00

TABLA NO. 101 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ANÁLISIS DE CM

<b>Varianza</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Valor crítico de F</b>
Regresión	1	0.917	0.917	106.883	0.009
Residuos	2	0.017	0.008		
Total	3	0.934			

TABLA NO. 102 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ANÁLISIS DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA

<b>Varianza</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Valor crítico de F</b>
Regresión	1	0.770	0.770	9.382	0.092
Residuos	2	0.164	0.082		
Total	3	0.934			

TABLA NO. 103 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ANÁLISIS DE CAPACIDAD BUFFER

<b>Varianza</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Valor crítico de F</b>
Regresión	1	0.917	0.917	106.883	0.0092
Residuos	2	0.017	0.009		
Total	3	0.934			

TABLA NO. 104 REGRESIONES LINEALES PARA CADA TIPO DE PRUEBA

<b>Análisis</b>	<b>Ecuación de la recta</b>		<b>Coefficiente de correlación</b>
	<b>Pendiente</b>	<b>Ordenada al Origen</b>	
CM	0.011±0.001 CM/minutos	1.884±0.072 CM	0.981
Fermentación espontánea	0.003±0.001 ΔpH/min	0.003±0.001 ΔpH	0.938
Capacidad buffer	0.021 ± 0.316 mLNaOH/min	0.021 ± 0.005 mL NaOH	0.909

**d. Evaluación preliminar de diferentes variantes de la prueba de fermentación espontánea**

TABLA NO. 105 MONITOREO DEL CAMBIO DE PH DE MUESTRAS CON AJUSTE Y SIN AJUSTE DURANTE LA PRUEBA DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA

Muestra	Descripción	$\Delta\text{pH} (\pm 0.001)$			
		1 hora	2 horas	3 horas	4 horas
1	Con ajuste	0.033	0.133	0.329	0.779
	Sin ajuste	0.063	0.152	0.300	0.636
2	Con ajuste	0.027	0.122	0.314	0.762
	Sin ajuste	0.021	0.124	0.243	0.597
3	Con ajuste	0.049	0.155	0.364	0.973
	Sin ajuste	0.076	0.179	0.319	0.795
4	Con ajuste	0.068	0.166	0.396	0.985
	Sin ajuste	0.085	0.195	0.374	0.833
5	Con ajuste	0.023	0.091	0.275	0.716
	Sin ajuste	0.017	0.109	0.228	0.589

TABLA NO. 106 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE PH SIN AJUSTE VS CAMBIO DE PH CON AJUSTE

Regresión lineal del cambio de pH sin ajuste vs cambio de pH con ajuste	
Pendiente	$0.90 \pm 0.07$
Intercepto	$0.07 \pm 0.06$
Ecuación	$y = 0.90x - 0.07$
Coefficiente de correlación	0.9818
Error típico	0.0180

TABLA NO. 107 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE PH EN LA PRIMERA HORA DE ANÁLISIS VS CAMBIO DE pH A LAS CUATRO HORAS AJUSTANDO pH

<b>Regresión lineal del cambio de pH en la primera hora de análisis vs cambio de pH a las cuatro horas ajustando pH</b>	
Pendiente	$0.14 \pm 0.2$
Intercepto	$0.1 \pm 0.2$
Ecuación	$y = 0.14 - 0.1$
Coefficiente de correlación	0.8852
Error típico	0.007

TABLA NO. 108 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE pH EN LA SEGUNDA HORA DE ANÁLISIS VS CAMBIO DE pH A LAS CUATRO HORAS AJUSTANDO pH

<b>Regresión lineal del cambio de pH en la segunda hora de análisis vs cambio de pH a las cuatro horas ajustando pH</b>	
Pendiente	$0.22 \pm 0.05$
Intercepto	$0.05 \pm 0.04$
Ecuación	$y = 0.22 - 0.05$
Coefficiente de correlación	0.8591
Error típico	0.01

TABLA NO. 109 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE PH EN LA TERCERA HORA DE ANÁLISIS VS CAMBIO DE pH A LAS CUATRO HORAS AJUSTANDO pH

<b>Regresión lineal del cambio de pH en la tercera hora de análisis vs cambio de pH a las cuatro horas ajustando pH</b>	
Pendiente	$0.35 \pm 0.07$
Intercepto	$0.04 \pm 0.06$
Ecuación	$y = 0.35 - 0.04$
Coefficiente de correlación	0.8886
Error típico	0.02

TABLA NO. 110 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE PH EN LA PRIMERA HORA DE ANÁLISIS VS CAMBIO DE pH A LAS CUATRO HORAS SIN AJUSTE DE pH

<b>Regresión lineal del cambio de pH en la primera hora de análisis vs cambio de pH a las cuatro horas sin ajuste</b>	
Pendiente	$0.25 \pm 0.07$
Intercepto	$0.12 \pm 0.05$
Ecuación	$y = 0.25 - 0.12$
Coefficiente de correlación	0.8071
Error típico	0.02

Tabla No. 111 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE PH EN LA SEGUNDA HORA DE ANÁLISIS VS CAMBIO DE pH A LAS CUATRO HORAS SIN AJUSTE DE pH

<b>Regresión lineal del cambio de pH en la segunda hora de análisis vs cambio de pH a las cuatro horas sin ajuste de pH</b>	
Pendiente	$0.30 \pm 0.05$
Intercepto	$0.05 \pm 0.04$
Ecuación	$y = 0.30 - 0.05$
Coefficiente de correlación	0.9148
Error típico	0.01

TABLA NO. 112 ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE LA GRÁFICA DE CAMBIO DE PH EN LA TERCERA HORA DE ANÁLISIS VS CAMBIO DE pH A LAS CUATRO HORAS SIN AJUSTE DE pH

<b>Regresión lineal del cambio de pH en la tercera hora de análisis vs cambio de pH a las cuatro horas sin ajuste de pH</b>	
Pendiente	$0.5 \pm 0.1$
Intercepto	$0.03 \pm 0.08$
Ecuación	$y = 0.35 - 0.04$
Coefficiente de correlación	0.8886
Error típico	0.03

- e. **Diseño de un modelo inicial para evaluar el incremento de incrustaciones en los evaporadores como efecto de mayor cantidad de cal añadida debido a la actividad microbiológica.**

TABLA 113 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CAL INCRUSTADA

<b>Tubo</b>	<b>Cantidad de cal incrustada (± 0.0001 g)</b>	<b>Porcentaje de cal incrustado (%)</b>
1	0.0808	12.46
2	0.0994	15.32
3	0.2456	19.48
4	0.2735	21.63
5	0.3703	26.43

- f. **Elongación de cristales**

TABLA NO. 114 MUESTRA 1, MASA COCIDA C CON GLICERINA

<b>No.</b>	<b>Coefficiente de elongación</b>	<b>No.</b>	<b>Coefficiente de elongación</b>
1	1.2	19	1.2
2	1.3	20	1.0
3	1.5	21	1.5
4	1.4	22	1.6
5	1.6	23	1.2
6	1.1	24	1.2
7	1.0	25	1.1
8	1.5	26	2.0
9	1.3	27	1.9
10	1.3	28	2.0
11	1.5	29	1.3
12	1.3	30	1.3
13	1.3	31	1.1
14	1.1	32	1.5
15	1.2		
16	2.3		

CONTINUACIÓN TABLA NO. 114 MUESTRA 1, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Coefficiente de elongación	No.	Coefficiente de elongación
17	1.2		

TABLA NO. 115 MUESTRA 2, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Coefficiente de elongación	No.	Coefficiente de elongación
1	1.1	17	1.8
2	2.0	18	1.3
3	1.0	19	3.0
4	2.3	20	2.5
5	1.5	21	1.2
6	1.7	22	1.1
7	1.6	23	1.1
8	2.4	24	2.0
9	1.1	25	1.6
10	1.4	26	1.2
11	1.6	27	1.4
12	1.4	28	3.8
13	1.2	29	1.6
14	3.2	30	1.3
15	6.3	31	1.2
16	2.0	32	8.0

TABLA NO. 116 MUESTRA 3, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Coefficiente de elongación	No.	Coefficiente de elongación
1	1.7	16	1.7
2	1.6	17	1.5
3	1.1	18	4.0
4	1.1	19	1.1
5	2.4	20	1.2
6	1.3	21	1.6
7	1.6	22	2.0
8	1.7	23	1.8
9	1.4	24	1.7

CONTINUACION TABLA NO. 116 MUESTRA 3, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Coefficiente de elongación	No.	Coefficiente de elongación
10	4.5	25	1.1
11	1.4	26	1.2
12	1.2	27	1.3
13	1.3	28	1.3
14	1.2	29	2.0
15	1.2	30	2.8

TABLA NO. 117 MUESTRA 4, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Coefficiente de elongación	No.	Coefficiente de elongación
1	2.3	16	4.0
2	1.5	17	2.0
3	1.7	18	2.0
4	2.3	19	1.7
5	1.0	20	4.0
6	1.1	21	1.6
7	1.2	22	1.5
8	1.2	23	1.9
9	1.2	24	1.3
10	1.4	25	1.3
11	1.2	26	2.0
12	1.1	27	1.5
13	1.1	28	2.2
14	3.3	29	2.0
15	1.2	30	1.2

TABLA NO. 118 MUESTRA 5, MASA COCIDA C CON GLICERINA

No.	Coefficiente de elongación	No.	Coefficiente de elongación
1	2.4	18	2.7
2	1.5	19	1.0
3	1.3	20	2.0
4	1.5	21	3.0
5	1.5	22	2.0
6	3.0	23	1.2
7	1.2	24	1.0
8	3.5	25	1.3
9	1.2	26	1.4
10	1.5	27	2.5
11	1.4	28	2.5
12	2.0	29	2.7
13	1.1	30	1.5
14	3.0	31	1.6
15	1.0	32	2.0
16	1.9	33	5.0
17	2.0	34	4.5

TABLA NO. 119 DISTRIBUCIÓN DE GRANOS POR COEFICIENTE DE ELONGACIÓN EN GLICERINA

Rango	Número de Cristales	Porcentaje
1.0 A 1.5	71	44.94
1.5 A 2.0	40	25.32
2.0 A 2.5	25	15.82
2.5 A 3.0	6	3.80
3.0 A 3.5	6	3.80
mayor 3.5	10	6.33
Total	158	

## E. Evaluación de los resultados de implementación del sistema y desarrollo de mejoras para el control

### 1. Oportunidad de información a partir de monitoreo microbiológico

TABLA NO. 120 PORCENTAJES PARA COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO EN CORTE MECANIZADO CON QUEMA

Rango para coeficiente microbiológico	Porcentaje (%)
Bueno (0.0 - 2.0)	67.0
Alerta (2.0 - 2.5)	29.0
Malo (2.5 - 3.0)	4.0
Crítico (mayor a 3.0)	0.0

TABLA NO.121 PORCENTAJES PARA COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO EN CORTE MECANIZADO EN VERDE

Rango para coeficiente microbiológico	Porcentaje (%)
Bueno (0.0 - 2.0)	75.0
Alerta (2.0 - 2.5)	19.0
Malo (2.5 - 3.0)	6.0
Crítico (mayor a 3.0)	0.0

TABLA NO. 122 PORCENTAJES PARA COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO EN CORTE MECANIZADO EN VERDE

Rango para coeficiente microbiológico	Porcentaje (%)
Bueno (0.0 - 2.0)	75.0
Alerta (2.0 - 2.5)	19.0
Malo (2.5 - 3.0)	6.0
Crítico (mayor a 3.0)	0.0

TABLA NO. 123 PORCENTAJES PARA COEFICIENTE MICROBIOLÓGICO EN CORTE MANUAL  
CON QUEMA

Rango para coeficiente microbiológico	Porcentaje (%)
Bueno (0.0 - 2.0)	76.0
Alerta (2.0 - 2.5)	20.0
Malo (2.5 - 3.0)	2.0
Crítico (mayor a 3.0)	2.0

TABLA NO. 124 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE PÉRDIDAS EN EL PATIO Y ESTABLECIMIENTO  
DE LA LOGÍSTICA PARA EL CONTROL SISTEMÁTICO DE LA CAÑA EN ESTA ÁREA

Muestra analizada	Pureza		Test de resazurina		
	°Pol ±0.01	Pureza ±0.2	Tiempo total	Tiempo total (horas)	CM
Exterior	18.52	94.4	4:50	4.833	1.03
Exterior	17.24	90.2	4:40	4.667	1.07
Intermedio	17.19	91.4	2:31	2.517	1.99
Intermedio	18.91	92.1	4:07	4.117	1.21
Fondo	17.21	88.2	1:05	1.083	4.62
Fondo	17.30	88.1	1:05	1.083	4.62
Fondo	18.33	89.3	1:38	1.633	3.06
Fondo	18.11	82.3	2:14	2.233	2.24
Fondo	20.68	93.5	3:09	3.150	1.59
Fondo	17.15	87.1	2:39	2.650	1.89
Fondo	18.89	89.8	1:59	1.983	2.52

**F. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema en el tándem y desarrollo de mejoras para el control**

**1. Diseño y aplicación preliminar de una base de datos para control microbiológico del tándem**

TABLA NO. 125 RESULTADO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS EN EL TÁNDEM A DURANTE LA ZAFRA 2010-2011

	Tándem A				
	Promedio molino interno	Promedio molino externo	Promedio piso	Total	Proporción
<b>Molino 1</b>	03:01	01:00	00:28	04:29	20%
<b>Molino 2</b>	03:12	03:08	01:27	07:47	36%
<b>Molino 3</b>	02:07	00:47	00:46	03:40	17%
<b>Molino 4</b>	01:07	00:24	00:32	02:03	9%
<b>Molino 5</b>	01:12	00:25	00:24	02:02	9%
<b>Molino 6</b>	01:00	00:31	00:21	01:52	9%
<b>Total</b>	11:39	06:14	03:59	21:52	100%

TABLA NO. 126 RESULTADO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS EN EL TÁNDEM B DURANTE LA ZAFRA  
2010-2011

<b>Tándem B</b>					
	<b>Promedio molino interno</b>	<b>Promedio molino externo</b>	<b>Promedio piso</b>	<b>Total</b>	<b>Proporción</b>
<b>Molino 1</b>	03:56	01:29	01:06	06:31	27%
<b>Molino 2</b>	03:19	02:08	01:14	06:40	28%
<b>Molino 3</b>	02:34	00:49	00:50	04:13	18%
<b>Molino 4</b>	01:05	00:25	00:33	02:04	9%
<b>Molino 5</b>	01:09	00:33	00:34	02:16	9%
<b>Molino 6</b>	01:20	00:34	00:26	02:20	10%
<b>Total</b>	13:23	05:58	04:42	24:03	100%

TABLA NO. 127 DATOS ESTUDIO DE TIEMPOS OPERARIO COM

	<b>Actividad</b>	<b>Observaciones</b>										<b>Suma</b>	<b>Número</b>	<b>Promedio</b>
		350	354	368	351	368	354	360	349	359	357			
1	Caminar(205 metros)	350	354	368	351	368	354	360	349	359	357	3571	10	<b>357</b>
1.1	Caminar (10 metros)	24	31	27	34	31	30	26	29	24	25	280	10	28
1.2	Caminar (11 metros)	20	17	19	17	26	20	17	17	20	26	199	10	20
1.3	Caminar (35 metros)	56	56	61	56	58	51	61	68	63	58	588	10	59
1.4	Caminar (15 metros)	31	24	31	29	31	31	29	22	31	24	281	10	28
1.5	Caminar (25 metros)	43	41	44	39	46	39	39	37	48	39	415	10	41
1.6	Caminar (10 metros)	17	17	15	17	17	15	17	17	15	17	165	10	16
1.7	Caminar (11 metros)	15	22	20	19	15	20	19	17	17	15	180	10	18

CONTINUACIÓN TABLA NO. 127 DATOS ESTUDIO DE TIEMPOS OPERARIO COM

	Actividad	Observaciones										Suma	Número	Promedio
1.8	Caminar (25 metros)	37	48	41	41	44	46	48	43	46	41	434	<b>10</b>	<b>43</b>
1.9	Caminar (8 metros)	12	10	12	12	15	12	10	12	10	10	116	10	12
1.1	Caminar (4 metros)	7	5	6	9	9	7	7	9	5	9	71	10	7
1.11	Caminar (6 metros)	12	10	12	10	9	9	12	9	10	12	104	10	10
1.12	Caminar (10 metros)	32	26	34	29	29	34	32	27	27	34	304	10	30
1.13	Caminar (35 metros)	44	48	46	40	40	40	43	43	43	48	436	10	44
2	Gradas (69 escalones)	221	228	223	218	222	226	225	220	221	216	2220	10	<b>222</b>
2.1	Gradas (8 escalones)	25	29	30	20	22	28	20	22	27	24	247	10	24.7
2.2	Gradas (12 escalones)	37	37	40	38	42	36	40	35	36	37	378	10	37.8
2.3	Gradas (7 escalones)	23	25	20	27	27	26	27	24	26	25	250	10	25
2.4	Gradas (9 escalones)	32	28	29	32	28	25	27	29	29	25	284	10	28.4
2.5	Gradas (4 escalones)	9	9	12	10	8	15	14	12	14	11	114	10	11.4
2.6	Gradas (4 escalones)	11	14	10	10	11	13	13	14	13	10	119	10	11.9
2.7	Gradas (18 escalones)	64	62	58	58	62	60	62	62	54	59	601	10	60.1
2.8	Gradas (7 escalones)	20	24	24	23	22	23	22	22	22	25	227	10	22.7
3	Toma de muestra (4)	286	298	306	310	315	320	310	291	306	308	3050	10	<b>305</b>
3.1	Jugo Primario A	89	118	110	112	114	113	108	98	109	106	1077	10	107.7
3.2	Jugo Diluido A	41	45	41	48	42	53	33	41	37	32	413	10	41.3
3.3	Jugo Primario B	114	88	118	101	117	119	119	104	103	116	1099	10	109.9
3.4	Jugo Diluido B	42	47	37	49	42	35	50	48	57	54	461	10	46.1
4	Colar muestras	130	119	117	113	114	136	115	105	126	105	1180	10	<b>118</b>
4.1	Jugo Primario A	33	28	28	25	29	36	28	25	33	23	288	10	28.8
4.2	Jugo Diluido A	33	33	27	33	28	33	31	28	33	27	306	10	30.6
4.3	Jugo Primario B	31	28	29	27	30	35	27	27	27	30	291	10	29.1
4.4	Jugo Diluido B	33	30	33	28	27	32	29	25	33	25	295	10	29.5
5	Llenar tubos	160	163	165	140	168	172	153	157	167	165	1610	10	<b>161</b>
5.1	Jugo Primario A	40	40	40	35	43	44	35	37	42	40	396	10	39.6
5.2	Jugo Diluido A	40	39	42	33	39	43	37	39	43	41	396	10	39.6
5.3	Jugo Primario B	39	40	39	42	42	43	41	41	40	41	408	10	40.8
5.4	Jugo Diluido B	41	44	44	30	44	42	40	40	42	43	410	10	41
6	Limpieza	99	90	84	90	92	81	92	84	90	98	900	10	<b>90</b>
7	Cálculos	170	155	155	174	186	188	155	171	188	158	1700	10	<b>170</b>

CONTINUACIÓN TABLA NO. 127 DATOS ESTUDIO DE TIEMPOS OPERARIO COM

	Actividad	Observaciones										Suma	Número	Promedio
8	Caminar lab. de Caña	360	378	351	346	372	358	380	343	351	381	3620	10	<b>362</b>
9	Ingreso de datos	136	134	147	135	126	124	135	114	130	149	1330	10	<b>133</b>
10	Traer agua	130	162	157	145	149	146	156	152	150	143	1490	10	<b>149</b>
11	Limpieza	240	207	228	219	222	254	228	213	238	211	2260	10	<b>226</b>
														<b>2293</b>

TABLA NO.128 INGRESOS A LA BASE DE DATOS ÁREA DE TÁNDEM (PARCIALES)

Fecha	Hora inicial	Hora final	Tipo de jugo	Tándem	CM	Color
09-12-10	8:15:00 AM	11:55:00 AM	PRIMARIO	A	1.364	verde
09-12-10	8:15:00 AM	1:40:00 PM	PRIMARIO	B	0.923	verde
09-12-10	8:15:00 AM	11:45:00 AM	DILUIDO	A	1.429	verde
09-12-10	8:15:00 AM	1:10:00 PM	DILUIDO	B	1.017	verde
09-12-10	9:15:00 AM	1:40:00 PM	PRIMARIO	A	1.132	verde
09-12-10	9:15:00 AM	1:10:00 PM	PRIMARIO	B	1.277	verde
09-12-10	9:15:00 AM	1:40:00 PM	DILUIDO	A	1.132	verde
09-12-10	9:15:00 AM	11:30:00 AM	DILUIDO	B	2.222	amarillo
09-12-10	10:15:00 AM	1:30:00 PM	PRIMARIO	A	1.538	verde
09-12-10	10:15:00 AM	1:20:00 PM	DILUIDO	B	1.622	verde
09-12-10	11:15:00 AM	3:55:00 PM	PRIMARIO	A	1.071	verde
09-12-10	11:15:00 AM	3:45:00 PM	PRIMARIO	B	1.111	verde
09-12-10	11:15:00 AM	3:55:00 PM	DILUIDO	A	1.071	verde
09-12-10	11:15:00 AM	3:45:00 PM	DILUIDO	B	1.111	verde
09-12-10	12:10:00 PM	1:10:00 PM	PRIMARIO	A	5.000	Rojo
09-12-10	12:10:00 PM	1:10:00 PM	PRIMARIO	B	5.000	Rojo
09-12-10	12:10:00 PM	1:10:00 PM	DILUIDO	A	5.000	Rojo
09-12-10	12:10:00 PM	1:10:00 PM	DILUIDO	B	5.000	Rojo
09-12-10	1:10:00 PM	4:45:00 PM	PRIMARIO	A	1.395	Verde

CONTINUACIÓN TABLA NO.128 INGRESOS A LA BASE DE DATOS ÁREA DE TÁNDEM  
(PARCIALES)

<b>Fecha</b>	<b>Hora inicial</b>	<b>Hora final</b>	<b>Tipo de jugo</b>	<b>Tándem</b>	<b>CM</b>	<b>Color</b>
09-12-10	1:10:00 PM	4:45:00 PM	PRIMARIO	B	1.395	Verde
09-12-10	1:10:00 PM	4:20:00 PM	DILUIDO	A	1.579	Verde
09-12-10	1:10:00 PM	5:15:00 PM	DILUIDO	B	1.224	Verde
10-12-10	8:05:00 AM	12:20:00 PM	PRIMARIO	A	1.176	Verde
10-12-10	8:05:00 AM	2:10:00 PM	DILUIDO	B	0.822	Verde
10-12-10	9:23:00 AM	2:10:00 PM	PRIMARIO	A	1.045	Verde
10-12-10	9:23:00 AM	3:20:00 PM	PRIMARIO	B	0.840	Verde
10-12-10	9:23:00 AM	12:50:00 PM	DILUIDO	A	1.449	Verde
10-12-10	9:23:00 AM	12:35:00 PM	DILUIDO	B	1.563	Verde
10-12-10	10:22:00 AM	3:00:00 PM	PRIMARIO	A	1.079	Verde
10-12-10	10:22:00 AM	2:00:00 PM	PRIMARIO	B	1.376	Verde
10-12-10	10:22:00 AM	1:25:00 PM	DILUIDO	A	1.639	Verde
10-12-10	10:22:00 AM	2:00:00 PM	DILUIDO	B	1.376	Verde
10-12-10	12:20:00 PM	6:00:00 PM	PRIMARIO	A	0.882	Verde
10-12-10	12:20:00 PM	6:20:00 PM	PRIMARIO	B	0.833	Verde
10-12-10	12:20:00 PM	5:30:00 PM	DILUIDO	A	0.968	Verde
10-12-10	12:20:00 PM	5:30:00 PM	DILUIDO	B	0.968	Verde
10-12-10	1:20:00 PM	6:20:00 PM	PRIMARIO	A	1.000	Verde
10-12-10	1:20:00 PM	5:30:00 PM	PRIMARIO	B	1.200	Verde
10-12-10	1:20:00 PM	6:20:00 PM	DILUIDO	A	1.000	Verde
10-12-10	1:20:00 PM	6:00:00 PM	DILUIDO	B	1.071	Verde
12-12-10	6:50:00 AM	11:10:00 AM	PRIMARIO	A	1.154	Verde
12-12-10	6:50:00 AM	11:40:00 AM	DILUIDO	A	1.034	Verde
12-12-10	6:50:00 AM	11:45:00 AM	PRIMARIO	B	1.017	Verde
12-12-10	6:50:00 AM	9:30:00 AM	DILUIDO	B	1.875	Verde
12-12-10	7:40:00 AM	11:55:00 AM	DILUIDO	A	1.176	Verde

CONTINUACIÓN TABLA NO.128 INGRESOS A LA BASE DE DATOS ÁREA DE TÁNDEM  
(PARCIALES)

<b>Fecha</b>	<b>Hora inicial</b>	<b>Hora final</b>	<b>Tipo de jugo</b>	<b>Tándem</b>	<b>CM</b>	<b>Color</b>
12-12-10	7:40:00 AM	12:20:00 PM	PRIMARIO	B	1.071	Verde
12-12-10	7:40:00 AM	12:00:00 PM	DILUIDO	B	1.154	Verde
12-12-10	8:20:00 AM	12:25:00 PM	PRIMARIO	A	1.224	Verde
12-12-10	8:20:00 AM	12:50:00 PM	DILUIDO	A	1.111	Verde
12-12-10	9:10:00 AM	12:55:00 PM	PRIMARIO	A	1.333	Verde
12-12-10	9:10:00 AM	11:10:00 AM	DILUIDO	A	2.500	Naranja
12-12-10	9:10:00 AM	11:10:00 AM	PRIMARIO	B	2.500	Naranja
12-12-10	9:10:00 AM	12:40:00 PM	DILUIDO	B	1.429	Verde
12-12-10	9:55:00 AM	2:50:00 PM	PRIMARIO	A	1.017	Verde
12-12-10	9:55:00 AM	1:50:00 PM	DILUIDO	A	1.277	Verde
12-12-10	9:55:00 AM	1:15:00 PM	PRIMARIO	B	1.500	Verde
12-12-10	9:55:00 AM	1:50:00 PM	DILUIDO	B	1.277	Verde
12-12-10	10:35:00 AM	3:10:00 PM	PRIMARIO	A	1.091	Verde
12-12-10	10:35:00 AM	3:10:00 PM	DILUIDO	A	1.091	Verde
12-12-10	10:35:00 AM	3:10:00 PM	PRIMARIO	B	1.091	Verde
12-12-10	10:35:00 AM	3:10:00 PM	DILUIDO	B	1.091	Verde
12-12-10	11:25:00 AM	3:10:00 PM	PRIMARIO	A	1.333	Verde
12-12-10	11:25:00 AM	3:10:00 PM	DILUIDO	B	1.333	Verde
12-12-10	11:25:00 AM	3:10:00 PM	PRIMARIO	A	1.333	Verde
12-12-10	11:25:00 AM	3:10:00 PM	DILUIDO	B	1.333	Verde
12-12-10	12:10:00 PM	3:55:00 PM	PRIMARIO	A	1.333	Verde
12-12-10	12:10:00 PM	4:00:00 PM	DILUIDO	B	1.304	Verde
12-12-10	12:10:00 PM	4:00:00 PM	PRIMARIO	A	1.304	Verde
12-12-10	12:10:00 PM	4:55:00 PM	DILUIDO	B	1.053	Verde
12-12-10	12:55:00 PM	4:55:00 PM	PRIMARIO	A	1.250	Verde
12-12-10	12:55:00 PM	3:30:00 PM	DILUIDO	A	1.935	Verde

CONTINUACIÓN TABLA NO.128 INGRESOS A LA BASE DE DATOS ÁREA DE TÁNDEM  
(PARCIALES)

Fecha	Hora inicial	Hora final	Tipo de jugo	Tándem	CM	Color
12-12-10	12:55:00 PM	4:45:00 PM	PRIMARIO	B	1.304	Verde
12-12-10	12:55:00 PM	5:05:00 PM	DILUIDO	B	1.200	Verde
12-12-10	1:35:00 PM	5:05:00 PM	PRIMARIO	A	1.429	Verde
12-12-10	1:35:00 PM	5:05:00 PM	DILUIDO	A	1.429	Verde
12-12-10	1:35:00 PM	5:05:00 PM	PRIMARIO	B	1.429	Verde
12-12-10	1:35:00 PM	5:05:00 PM	DILUIDO	B	1.429	Verde
12-12-10	2:20:00 PM	5:20:00 PM	PRIMARIO	A	1.667	Verde
12-12-10	2:20:00 PM	5:20:00 PM	DILUIDO	A	1.667	Verde
12-12-10	2:20:00 PM	7:00:00 PM	PRIMARIO	B	1.071	Verde
12-12-10	2:20:00 PM	5:40:00 PM	DILUIDO	B	1.500	Verde
12-12-10	3:05:00 PM	9:45:00 PM	PRIMARIO	A	0.750	Verde
12-12-10	3:05:00 PM	9:45:00 PM	DILUIDO	A	0.750	Verde
12-12-10	3:05:00 PM	6:25:00 PM	PRIMARIO	B	1.500	Verde
12-12-10	3:05:00 PM	6:25:00 PM	DILUIDO	B	1.500	Verde
12-12-10	3:50:00 PM	9:00:00 PM	PRIMARIO	A	0.968	Verde
12-12-10	3:50:00 PM	7:20:00 PM	DILUIDO	A	1.429	Verde
12-12-10	3:50:00 PM	7:15:00 PM	PRIMARIO	B	1.463	Verde
12-12-10	3:50:00 PM	8:50:00 PM	DILUIDO	B	1.000	Verde
12-12-10	4:35:00 PM	8:30:00 PM	PRIMARIO	A	1.277	Verde

TABLA NO. 129 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA TÁNDEM A JUGO PRIMARIO

CM	Frecuencia	Porcentaje acumulado
1.00	21	1.37%
1.25	111	8.59%
1.50	308	28.65%
1.75	354	51.69%

CONTINUACIÓN TABLA NO. 129 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA TÁNDEM A JUGO PRIMARIO

CM	Frecuencia	Porcentaje acumulado
2.00	319	72.46%
2.25	157	82.68%
2.50	142	91.93%
2.75	23	93.42%
3.00	35	95.70%

TABLA NO. 130 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA TÁNDEM B JUGO PRIMARIO

CM	Frecuencia	Porcentaje acumulado
1.00	21	1.42%
1.25	98	8.06%
1.50	257	25.46%
1.75	360	49.83%
2.00	325	71.83%
2.25	163	82.87%
2.50	124	91.27%
2.75	36	93.70%
3.00	30	95.73%

TABLA NO.131 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA TÁNDEM A JUGO DILUIDO

CM	Frecuencia	Porcentaje acumulado
1.00	20	1.32%
1.25	67	5.75%
1.50	160	16.33%
1.75	313	37.01%
2.00	377	61.93%
2.25	213	76.01%
2.50	192	88.70%
2.75	42	91.47%
3.00	48	94.65%

TABLA NO.132 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA TÁNDEM B JUGO DILUIDO

CM	Frecuencia	Porcentaje acumulado
1.00	35	2.33%
1.25	71	7.05%
1.50	151	17.10%
1.75	245	33.40%
2.00	318	54.56%
2.25	221	69.26%
2.50	226	84.30%
2.75	58	88.16%
3.00	75	93.15%

### G. Evaluación económica del proyecto

TABLA NO. 133 COSTOS DE BACTERICIDA ZAFRA 2009-2010

Bactericida	Costo en quetzales/litro	Costo en dolares /litro
B(beta)stab	37.12	4.64
SMB	14.72	1.84
Magnacide	18.8	2.35

TABLA NO. 134 COSTOS DE BACTERICIDA ZAFRA 2009-2010

Bactericida	Costo en quetzales/litro	Costo en dólares /litro
Magnacide	18.8	2.35
SMB	14.72	1.84

TABLA NO. 135 CONSUMO DE BACTERICIDA

<b>Fecha</b>	<b>Bactericida</b>	<b>Litros aplicados</b>
28/12/10	Labs SMB	23
28/12/10	Labs SMB	23
28/12/10	Labs SMB	11.5
28/12/10	Labs SMB	23.92
29/12/10	Labs SMB	23.92
29/12/10	Labs SMB	22.08
29/12/10	Labs SMB	23
30/12/10	Labs SMB	22.08
30/12/10	Labs SMB	19.32
30/12/10	Labs SMB	22.08
31/12/10	Labs SMB	20.24
31/12/10	Labs SMB	19.32
31/12/10	Labs SMB	21.16
1/01/11	Labs SMB	18.4
1/01/11	Labs SMB	18.4
1/01/11	Labs SMB	21.16
2/01/11	Labs SMB	22.08
2/01/11	Labs SMB	22.08
2/01/11	Labs SMB	21.16
2/01/11	Labs SMB	23
2/01/11	Labs SMB	23
3/01/11	Labs SMB	23
4/01/11	Labs SMB	23
5/01/11	Labs SMB	23
5/01/11	Labs SMB	23
5/01/11	Labs SMB	23
6/01/11	Labs SMB	23
6/01/11	Labs SMB	23
6/01/11	Labs SMB	23

## CONTINUACIÓN TABLA NO. 135 CONSUMO DE BACTERICIDA

<b>Fecha</b>	<b>Bactericida</b>	<b>Litros aplicados</b>
6/01/11	Labs SMB	11.5
8/01/11	Labs SMB	23
9/01/11	Labs SMB	23
10/01/11	Labs SMB	23.92
10/01/11	Labs SMB	22.08
10/01/11	Labs SMB	23
10/01/11	Labs SMB	19.32
10/01/11	Labs SMB	23
11/01/11	Labs SMB	16.56
11/01/11	Labs SMB	23
11/01/11	Labs SMB	10.35
11/01/11	Labs SMB	12.88
11/01/11	Labs SMB	13.8
11/01/11	Labs SMB	22.08
11/01/11	Labs SMB	23
12/01/11	Labs SMB	17.25
13/01/11	Labs SMB	18.4
13/01/11	Labs SMB	18.4
14/01/11	Labs SMB	20.7
14/01/11	Labs SMB	27.6
14/01/11	Labs SMB	23
14/01/11	Labs SMB	18.4
14/01/11	Labs SMB	23
15/01/11	Labs SMB	18.4
16/01/11	Labs SMB	18.4
16/01/11	Labs SMB	23
17/01/11	Labs SMB	22.08
17/01/11	Labs SMB	18.4
17/01/11	Labs SMB	18.4

## CONTINUACIÓN TABLA NO. 135 CONSUMO DE BACTERICIDA

<b>Fecha</b>	<b>Bactericida</b>	<b>Litros aplicados</b>
18/01/11	Labs SMB	22.08
18/01/11	Labs SMB	16.56
19/01/11	Labs SMB	21.16
21/01/11	Labs SMB	14.72
21/01/11	Labs SMB	18.4
21/01/11	Labs SMB	18.4
22/01/11	Labs SMB	23
22/01/11	Labs SMB	23
23/01/11	Labs SMB	15.64
23/01/11	Labs SMB	15.64
23/01/11	Labs SMB	23
23/01/11	Labs SMB	23
23/01/11	Labs SMB	22.08
24/01/11	Labs SMB	23
24/01/11	Labs SMB	24.15
25/01/11	Labs SMB	24.84
25/01/11	Labs SMB	23
25/01/11	Labs SMB	23
25/01/11	Labs SMB	18.4
25/01/11	Labs SMB	23
25/01/11	Labs SMB	18.4
25/01/11	Labs SMB	18.4
26/01/11	Labs SMB	23.92
27/01/11	Labs SMB	23.92
27/01/11	Labs SMB	27.6
28/01/11	Labs SMB	27.6
28/01/11	Labs SMB	23
28/01/11	Labs SMB	23
29/01/11	Labs SMB	0
29/01/11	Labs SMB	23.92

## CONTINUACIÓN TABLA NO. 135 CONSUMO DE BACTERICIDA

<b>Fecha</b>	<b>Bactericida</b>	<b>Litros aplicados</b>
29/01/11	Labs SMB	27.6
30/01/11	Labs SMB	23
30/01/11	Labs SMB	23
30/01/11	Labs SMB	21.16
30/01/11	Labs SMB	23
31/01/11	Labs SMB	23
31/01/11	Labs SMB	23.92
31/01/11	Labs SMB	13.8
31/01/11	Labs SMB	23
2/02/11	Labs SMB	23
2/02/11	Labs SMB	0
3/02/11	Labs SMB	25.76
3/02/11	Labs SMB	18.4
3/02/11	Labs SMB	9.2
4/02/11	Labs SMB	22.08
4/02/11	Labs SMB	23
4/02/11	Labs SMB	23
4/02/11	Labs SMB	23
6/02/11	Labs SMB	24.84
7/02/11	Labs SMB	23.92
7/02/11	Labs SMB	21.16
7/02/11	Labs SMB	23.92
8/02/11	Labs SMB	23
9/02/11	Labs SMB	23
9/02/11	Labs SMB	11.96
9/02/11	Labs SMB	23
9/02/11	Labs SMB	18.4
11/02/11	Labs SMB	24.84
11/02/11	Labs SMB	23
11/02/11	Labs SMB	23

## CONTINUACIÓN TABLA NO. 135 CONSUMO DE BACTERICIDA

<b>Fecha</b>	<b>Bactericida</b>	<b>Litros aplicados</b>
11/02/11	Labs SMB	23.92
12/02/11	Labs SMB	17.94
12/02/11	Labs SMB	16.56
12/02/11	Labs SMB	23.92
13/02/11	Labs SMB	24.84
13/02/11	Labs SMB	19.32
13/02/11	Labs SMB	17.25
13/02/11	Labs SMB	17.25
13/02/11	Labs SMB	17.94
14/02/11	Labs SMB	17.94
14/02/11	Labs SMB	23
14/02/11	Labs SMB	17.25
14/02/11	Labs SMB	23
14/02/11	Labs SMB	17.25
14/02/11	Labs SMB	17.25
15/02/11	Labs SMB	18.4
15/02/11	Labs SMB	15.18
16/02/11	Labs SMB	17.25
16/02/11	Labs SMB	24.84
16/02/11	Labs SMB	17.25
16/02/11	Labs SMB	17.25
16/02/11	Labs SMB	17.25
17/02/11	Labs SMB	20.7
17/02/11	Labs SMB	18.63
18/02/11	Labs SMB	17.25
18/02/11	Labs SMB	24.84
18/02/11	Labs SMB	15.87
18/02/11	Labs SMB	17.25
18/02/11	Labs SMB	23
19/02/11	Labs SMB	13.8

## CONTINUACIÓN TABLA NO. 135 CONSUMO DE BACTERICIDA

<b>Fecha</b>	<b>Bactericida</b>	<b>Litros aplicados</b>
19/02/11	Labs SMB	27.6
19/02/11	Labs SMB	19.32
19/02/11	Labs SMB	17.25
20/02/11	Labs SMB	18.4
20/02/11	Labs SMB	19.32
20/02/11	Labs SMB	20.24
21/02/11	Labs SMB	16.56
21/02/11	Labs SMB	17.25
21/02/11	Labs SMB	19.32
21/02/11	Labs SMB	27.6
21/02/11	Labs SMB	20.7
22/02/11	Labs SMB	17.25
23/02/11	Labs SMB	15.18
23/02/11	Labs SMB	20.7
23/02/11	Labs SMB	17.25
24/02/11	Labs SMB	23.92
24/02/11	Labs SMB	19.32
24/02/11	Labs SMB	23
24/02/11	Labs SMB	15.87
25/02/11	Labs SMB	16.56
25/02/11	Labs SMB	23
26/02/11	Labs SMB	13.8
28/02/11	Labs SMB	17.25
28/02/11	Labs SMB	18.4
28/02/11	Labs SMB	20.7
1/03/11	Labs SMB	17.94
1/03/11	Labs SMB	25.76
2/03/11	Labs SMB	17.94
2/03/11	Magnacide	17.25
2/03/11	Magnacide	17.25
3/03/11	Labs SMB	20.7

## CONTINUACIÓN TABLA NO. 135 CONSUMO DE BACTERICIDA

<b>Fecha</b>	<b>Bactericida</b>	<b>Litros aplicados</b>
3/03/11	Labs SMB	17.94
3/03/11	Labs SMB	13.8
4/03/11	Labs SMB	20.01
4/03/11	Labs SMB	17.25
6/03/11	Magnacide	20.7
6/03/11	Magnacide	23
6/03/11	Magnacide	13.8
6/03/11	Magnacide	15.18
6/03/11	Magnacide	17.25
6/03/11	Magnacide	23
7/03/11	Magnacide	17.25
7/03/11	Labs SMB	17.25
7/03/11	Magnacide	27.6
8/03/11	Labs SMB	23
8/03/11	Magnacide	17.25
8/03/11	Labs SMB	18.4
9/03/11	Magnacide	17.25
9/03/11	Magnacide	17.94
9/03/11	Magnacide	20.7
9/03/11	Labs SMB	17.25
10/03/11	Magnacide	17.94
11/03/11	Labs SMB	26.68
11/03/11	Magnacide	13.8
11/03/11	Labs SMB	17.25
12/03/11	Magnacide	15.87
12/03/11	Magnacide	27.6
12/03/11	Magnacide	24.84
13/03/11	Labs SMB	17.25
13/03/11	Labs SMB	20.01
13/03/11	Labs SMB	18.63

## CONTINUACIÓN TABLA NO. 135 CONSUMO DE BACTERICIDA

<b>Fecha</b>	<b>Bactericida</b>	<b>Litros aplicados</b>
13/03/11	Labs SMB	16.56
13/03/11	Labs SMB	19.32
13/03/11	Magnacide	23.92
14/03/11	Labs SMB	18.63
14/03/11	Magnacide	25.76
14/03/11	Magnacide	17.94
14/03/11	Labs SMB	17.25
15/03/11	Magnacide	23.92
15/03/11	Labs SMB	18.63
15/03/11	Magnacide	25.76
16/03/11	Magnacide	17.25
16/03/11	Magnacide	17.25
16/03/11	Labs SMB	23
16/03/11	Labs SMB	17.25
16/03/11	Magnacide	18.63
16/03/11	Labs SMB	20.7
16/03/11	Magnacide	23
16/03/11	Magnacide	17.25
17/03/11	Magnacide	17.25
17/03/11	Magnacide	17.25
18/03/11	Magnacide	17.25
19/03/11	Labs SMB	13.8
19/03/11	Magnacide	19.32
19/03/11	Magnacide	23
20/03/11	Magnacide	17.94
20/03/11	Magnacide	18.4
20/03/11	Magnacide	17.25
20/03/11	Labs SMB	20.01
20/03/11	Magnacide	18.63
21/03/11	Magnacide	17.25
21/03/11	Magnacide	18.4

## CONTINUACIÓN TABLA NO. 135 CONSUMO DE BACTERICIDA

<b>Fecha</b>	<b>Bactericida</b>	<b>Litros aplicados</b>
21/03/11	Magnacide	17.25
22/03/11	Magnacide	17.25
22/03/11	Magnacide	20.7
23/03/11	Magnacide	17.94
23/03/11	Magnacide	27.6
24/03/11	Magnacide	20.7
25/03/11	Magnacide	17.25
25/03/11	Magnacide	25.76
25/03/11	Magnacide	17.25
25/03/11	Labs SMB	23.92
25/03/11	Magnacide	18.63
25/03/11	Labs SMB	17.94
26/03/11	Magnacide	22.08
26/03/11	Magnacide	17.25
26/03/11	Magnacide	14.49
27/03/11	Magnacide	17.94
27/03/11	Magnacide	15.87
27/03/11	Magnacide	23
27/03/11	Magnacide	17.25
28/03/11	Magnacide	23
28/03/11	Magnacide	17.25
28/03/11	Magnacide	18.63
28/03/11	Magnacide	20.7
28/03/11	Magnacide	23
29/03/11	Magnacide	22.08
29/03/11	Magnacide	23
29/03/11	Magnacide	17.25
29/03/11	Magnacide	23
30/03/11	Magnacide	27.6
30/03/11	Magnacide	20.7
31/03/11	Magnacide	23

## CONTINUACIÓN TABLA NO. 135 CONSUMO DE BACTERICIDA

Fecha	Bactericida	Litros aplicados
31/03/11	Magnacide	17.25
31/03/11	Magnacide	23
1/04/11	Magnacide	19.32
1/04/11	Magnacide	23
1/04/11	Magnacide	23
1/04/11	Magnacide	17.25
1/04/11	Magnacide	18.4
2/04/11	Magnacide	20.7
2/04/11	Magnacide	17.25
2/04/11	Magnacide	25.76
3/04/11	Magnacide	17.94
3/04/11	Magnacide	17.25
3/04/11	Magnacide	22.08
3/04/11	Magnacide	23
3/04/11	Magnacide	20.7
3/04/11	Magnacide	27.6
4/04/11	Magnacide	23
5/04/11	Magnacide	25.76
5/04/11	Magnacide	15.87
5/04/11	Magnacide	17.25
6/04/11	Magnacide	16.56
6/04/11	Magnacide	23
6/04/11	Magnacide	13.8
6/04/11	Magnacide	17.25
6/04/11	Magnacide	20.7
7/04/11	Magnacide	13.8
7/04/11	Magnacide	17.25
7/04/11	Magnacide	23
8/04/11	Magnacide	17.94
8/04/11	Magnacide	13.8
8/04/11	Magnacide	19.32

## CONTINUACIÓN TABLA NO. 135 CONSUMO DE BACTERICIDA

Fecha	Bactericida	Litros aplicados
9/04/11	Magnacide	20.7
9/04/11	Magnacide	23
9/04/11	Magnacide	17.25
9/04/11	Magnacide	17.25
10/04/11	Magnacide	18.975
10/04/11	Magnacide	27.6
10/04/11	Magnacide	18.975
10/04/11	Magnacide	18.63
10/04/11	Magnacide	17.25
10/04/11	Magnacide	17.25
12/04/11	Magnacide	27.6
12/04/11	Magnacide	17.25
12/04/11	Magnacide	20.7
12/04/11	Magnacide	17.25
12/04/11	Magnacide	20.7
12/04/11	Magnacide	17.25
12/04/11	Magnacide	27.6
12/04/11	Magnacide	23
12/04/11	Magnacide	20.7
12/04/11	Magnacide	15.18
12/04/11	Magnacide	17.25
13/04/11	Magnacide	18.63
13/04/11	Magnacide	19.32
13/04/11	Labs SMB	16.56
13/04/11	Magnacide	20.7
13/04/11	Magnacide	17.25
13/04/11	Magnacide	20.7
14/04/11	Magnacide	17.25
14/04/11	Magnacide	23
14/04/11	Magnacide	20.7
14/04/11	Magnacide	17.25

## CONTINUACIÓN TABLA NO. 135 CONSUMO DE BACTERICIDA

Fecha	Bactericida	Litros aplicados
15/04/11	Labs SMB	17.25
15/04/11	Labs SMB	20.7
16/04/11	Labs SMB	19.32
17/04/11	Labs SMB	17.25
17/04/11	Labs SMB	20.7
17/04/11	Labs SMB	24.15
17/04/11	Labs SMB	23
17/04/11	Labs SMB	17.25
18/04/11	Labs SMB	17.25
18/04/11	Labs SMB	27.6
18/04/11	Labs SMB	20.7
19/04/11	Labs SMB	17.25
19/04/11	Labs SMB	19.32
19/04/11	Labs SMB	20.7
20/04/11	Labs SMB	20.7
20/04/11	Labs SMB	17.25
20/04/11	Labs SMB	23
20/04/11	Labs SMB	20.7
20/04/11	Labs SMB	17.25
21/04/11	Labs SMB	15.18
21/04/11	Labs SMB	19.32
21/04/11	Labs SMB	23
22/04/11	Labs SMB	24.84
22/04/11	Labs SMB	17.25
22/04/11	Labs SMB	22.08
22/04/11	Labs SMB	20.7
22/04/11	Labs SMB	20.7
22/04/11	Labs SMB	20.7
22/04/11	Labs SMB	19.32
22/04/11	Labs SMB	20.7
22/04/11	Labs SMB	17.25

TABLA NO. 136 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.08 POR LB DE AZÚCAR

Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable	Beneficio dólares	Costo dólares	Toneladas recuperadas	Beneficio/costo
100%	\$1,318,567.29	\$10,523.88	7491.9	125.29
50%	\$659,283.64	\$10,523.88	3745.9	62.65
25%	\$329,641.82	\$10,523.88	1873.0	31.32
20%	\$263,713.46	\$10,523.88	1498.4	25.06
5%	\$65,928.36	\$10,523.88	374.6	6.26
1%	\$13,185.67	\$10,523.88	74.9	1.25
<b>0.798%</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>59.8</b>	<b>1.00</b>
0%	\$-	\$10,523.88	0.0	-

TABLA NO. 137 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.10 POR LB DE AZÚCAR

Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable	Beneficio dólares	Costo dólares	Toneladas recuperadas	Beneficio/costo
100%	\$1,648,209.11	\$10,523.88	7491.9	156.62
50%	\$824,104.56	\$10,523.88	3745.9	78.31
25%	\$412,052.28	\$10,523.88	1873.0	39.15
20%	\$329,641.82	\$10,523.88	1498.4	31.32
5%	\$82,410.46	\$10,523.88	374.6	7.83
1%	\$16,482.09	\$10,523.88	74.9	1.57
<b>PE 0.639%</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>47.8</b>	<b>1.00</b>
0%	\$-	\$10,523.88	0.0	-

TABLA NO. 138 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.12 POR LB DE AZÚCAR

Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable	Beneficio dólares	Costo dólares	Toneladas recuperadas	Beneficio/costo
100%	\$1,977,850.93	\$10,523.88	7491.9	187.94
50%	\$988,925.47	\$10,523.88	3745.9	93.97

CONTINUACIÓN TABLA NO. 138 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.12 POR LB DE AZÚCAR

Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable	Beneficio dólares	Costo dólares	Toneladas recuperadas	Beneficio/costo
25%	\$494,462.73	\$10,523.88	1873.0	46.98
20%	\$395,570.19	\$10,523.88	1498.4	37.59
5%	\$98,892.55	\$10,523.88	374.6	9.40
1%	\$19,778.51	\$10,523.88	74.9	1.88
PE 0.532%	\$10,523.88	\$10,523.88	39.9	1.00
0%	\$-	\$10,523.88	0.0	-

TABLA NO 139 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.14 POR LB DE AZÚCAR

Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable	Beneficio dólares	Costo dólares	Toneladas recuperadas	Beneficio/costo
100%	\$2,307,492.76	\$10,523.88	7491.9	219.26
50%	\$1,153,746.38	\$10,523.88	3745.9	109.63
25%	\$576,873.19	\$10,523.88	1873.0	54.82
20%	\$461,498.55	\$10,523.88	1498.4	43.85
5%	\$115,374.64	\$10,523.88	374.6	10.96
1%	\$23,074.93	\$10,523.88	74.9	2.19
PE 0.456%	\$10,523.88	\$10,523.88	34.2	1.00
0%	\$-	\$10,523.88	0.0	-

TABLA NO. 140 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.16 POR LB DE AZÚCAR

Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable	Beneficio dólares	Costo dólares	Toneladas recupera-das	Beneficio/costo
100%	\$2,637,134.58	\$10,523.88	7491.9	250.59
50%	\$1,318,567.29	\$10,523.88	3745.9	125.29
25%	\$659,283.64	\$10,523.88	1873.0	62.65
20%	\$527,426.92	\$10,523.88	1498.4	50.12

CONTINUACIÓN TABLA NO. 140 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.16 POR LB DE AZÚCAR

Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable	Beneficio dólares	Costo dólares	Toneladas recuperadas	Beneficio/costo
5%	\$131,856.73	\$10,523.88	374.6	12.53
1%	\$26,371.35	\$10,523.88	74.9	2.51
<b>PE 0.399%</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>29.9</b>	<b>1.00</b>
0%	\$-	\$10,523.88	0.0	-

TABLA NO.141 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.18 POR LB DE AZÚCAR

Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable	Beneficio dólares	Costo dólares	Toneladas recuperadas	Beneficio/costo
100%	\$2,966,776.40	\$10,523.88	7491.9	281.91
50%	\$1,483,388.20	\$10,523.88	3745.9	140.95
25%	\$741,694.10	\$10,523.88	1873.0	70.48
20%	\$593,355.28	\$10,523.88	1498.4	56.38
5%	\$148,338.82	\$10,523.88	374.6	14.10
1%	\$29,667.76	\$10,523.88	74.9	2.82
<b>PE 0.355%</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>26.6</b>	<b>1.00</b>
0%	\$-	\$10,523.88	0.0	-

TABLA NO. 142 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.20 POR LB DE AZÚCAR

Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable	Beneficio dólares	Costo dólares	Toneladas recuperadas	Beneficio/costo
100%	\$3,296,418.22	\$10,523.88	7491.9	313.23
50%	\$1,648,209.11	\$10,523.88	3745.9	156.62
25%	\$824,104.56	\$10,523.88	1873.0	78.31
20%	\$659,283.64	\$10,523.88	1498.4	62.65
5%	\$164,820.91	\$10,523.88	374.6	15.66
1%	\$32,964.18	\$10,523.88	74.9	3.13

CONTINUACIÓN TABLA NO. 142 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.20 POR LB DE AZÚCAR

Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable	Beneficio dólares	Costo dólares	Toneladas recuperadas	Beneficio/costo
<b>0.319%</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>23.9</b>	<b>1.00</b>
0%	\$-	\$10,523.88	0.0	-

TABLA NO. 143 PUNTO DE EQUILIBRIO A PRECIO DE \$0.22 POR LB DE AZÚCAR

Porcentaje de recuperación de azúcar con respecto al máximo recuperable	Beneficio dólares	Costo dólares	Toneladas recuperadas	Beneficio/costo
100%	\$3,626,060.04	\$10,523.88	7491.9	344.56
50%	\$1,813,030.02	\$10,523.88	3745.9	172.28
25%	\$906,515.01	\$10,523.88	1873.0	86.14
20%	\$725,212.01	\$10,523.88	1498.4	68.91
5%	\$181,303.00	\$10,523.88	374.6	17.23
1%	\$36,260.60	\$10,523.88	74.9	3.45
<b>PE 0.290%</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>\$10,523.88</b>	<b>21.7</b>	<b>1.00</b>
0%	\$-	\$10,523.88	0.0	-

## XI. APÉNDICE 2

### A. Análisis del desarrollo del Megaproyecto y proponer mejoras para su logística

TABLA No. 144 CUESTIONARIO DE INTEGRANTES

<b>Israel Gil</b>
<p><b>1. ¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el primer semestre? ¿Qué puesto?</b> R// Ingeniero de mi respectivo departamento (no desempeñé ningún puesto)</p>
<p><b>2. ¿Cuáles eran las principales funciones de su puesto, si es que desempeñó uno?</b> R//Coordinar el transporte de los demás compañeros al Ingenio Pantaleón</p>
<p><b>3. ¿Cree que aprendió algo de la experiencia? Por ejemplo un aspecto de liderazgo, etc.</b> R//Sí, que todo lo que involucra a recurso humano conlleva lidiar con distintas situaciones.</p>
<p><b>4. Aspectos positivos de tener un organigrama en el megaproyecto</b> R// Quedan claras las responsabilidades y funciones que se deben realizar en cada puesto.</p>
<p><b>5. Aspectos negativos de tener un organigrama en el megaproyecto</b> R//No veo aspectos negativos, pero si deberían de variar de funciones por semestre para que todos puedan trabajar en todas las plazas.</p>
<p><b>6. ¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el tercer semestre? ¿Qué puesto?</b> R//Ningún puesto, sólo el de mi área de trabajo.</p>
<b>Stephen Woc</b>
<p><b>1. ¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el primer semestre? ¿Qué puesto?</b> R// No</p>
<p><b>2. ¿Cuáles eran las principales funciones de su puesto, si es que desempeñó uno?</b> R//</p>
<p><b>3. ¿Cree que aprendió algo de la experiencia? Por ejemplo un aspecto de liderazgo, etc.</b> R//</p>
<p><b>4. Aspectos positivos de tener un organigrama en el megaproyecto</b> R// Provee una distribución de tareas y conocimiento a quien puede acudir en caso de alguna duda o problema.</p>
<p><b>5. Aspectos negativos de tener un organigrama en el megaproyecto</b> R//No creo que haya un aspecto negativo de tener un organigrama.</p>
<p><b>6. ¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el tercer semestre? ¿Qué puesto?</b> R//Coordinador de Ingeniería Industrial.</p>

## CONTINUACIÓN TABLA No. 144 CUESTIONARIO DE INTEGRANTES

<b>Sofía Avelar</b>	
<b>1. ¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el primer semestre? ¿Qué puesto?</b>	R// Sí, coordinador de Bioquímica y Microbiología
<b>2. ¿Cuáles eran las principales funciones de su puesto, si es que desempeñó uno?</b>	R//Organizar el trabajo de laboratorio y recolectar resultados e información de los estudiantes de la carrera de Bioquímica y Microbiología.
<b>3. ¿Cree que aprendió algo de la experiencia? Por ejemplo un aspecto de liderazgo, etc.</b>	R//Sí, a trabajar como jefe de laboratorio, organizando las actividades del grupo de estudiantes de la carrera.
<b>4. Aspectos positivos de tener un organigrama en el megaproyecto</b>	R// La información no se encuentra dispersa, también es más sencillo organizar actividades de megaproyecto, ya que hay personas encargadas de esas actividades.
<b>5. Aspectos negativos de tener un organigrama en el megaproyecto</b>	R//Las personas con puestos dentro del organigrama tienen más carga laboral.
<b>6. ¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el tercer semestre? ¿Qué puesto?</b>	R//Sí, coordinador de Bioquímica y Microbiología.
<b>Guido Iturriaga</b>	
<b>1. ¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el primer semestre? ¿Qué puesto?</b>	R// Sí, coordinador de Ingeniería Industrial
<b>2. ¿Cuáles eran las principales funciones de su puesto, si es que desempeñó uno?</b>	R//Comunicarse con los ingenieros industriales del megaproyecto sobre inquietudes y sugerencias, coordinar reuniones semanales o extraordinarias y dar seguimiento a las actividades del ingenio.
<b>3. ¿Cree que aprendió algo de la experiencia? Por ejemplo un aspecto de liderazgo, etc.</b>	R//Responsabilidad en la toma de decisiones y aprendí a desenvolverme mejor con mi grupo de megaproyecto en cuanto a las relaciones interpersonales.
<b>4. Aspectos positivos de tener un organigrama en el megaproyecto</b>	R// Control y responsabilidad sobre un grupo determinado de personas además de ser el intermediario entre el grupo y asesor.
<b>5. Aspectos negativos de tener un organigrama en el megaproyecto</b>	R//La información muchas veces no es la idónea.
<b>6. ¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el tercer semestre? ¿Qué puesto?</b>	R//No desempeñé ningún puesto.

## CONTINUACIÓN TABLA No. 144 CUESTIONARIO DE INTEGRANTES

<b>Claudia Barrera</b>
<p><b>1. ¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el primer semestre? ¿Qué puesto?</b> R// Sí, secretaria del megaproyecto</p>
<p><b>2. ¿Cuáles eran las principales funciones de su puesto, si es que desempeñó uno?</b> R//Programar reuniones y avisar a todos los integrantes el día y la hora de cada reunión.</p>
<p><b>3. ¿Cree que aprendió algo de la experiencia? Por ejemplo un aspecto de liderazgo, etc.</b> R//Liderazgo</p>
<p><b>4. Aspectos positivos de tener un organigrama en el megaproyecto</b> R// Mejora la organización del proyecto y mejora la comunicación entre todos.</p>
<p><b>5. Aspectos negativos de tener un organigrama en el megaproyecto</b> R//Considero que no tiene aspectos negativos tener un organigrama porque de esta forma la organización es mejor. Sin embargo considero que se debe propiciar la participación de todos y hacer rotaciones cada semestre.</p>
<p><b>6. ¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el tercer semestre? ¿Qué puesto?</b> R//Secretaria del megaproyecto.</p>
<b>Jose Basterrechea</b>
<p><b>1. ¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el primer semestre? ¿Qué puesto?</b> R//Documentación gráfica</p>
<p><b>2. ¿Cuáles eran las principales funciones de su puesto, si es que desempeñó uno?</b> R//Reunir toda la información general del megaproyecto.</p>
<p><b>3. ¿Cree que aprendió algo de la experiencia? Por ejemplo un aspecto de liderazgo, etc.</b> R//Liderazgo y control de personas.</p>
<p><b>4. Aspectos positivos de tener un organigrama en el megaproyecto</b> R// Mejor organización y cada uno tiene su rol.</p>
<p><b>5. Aspectos negativos de tener un organigrama en el megaproyecto</b> R//La gente no se dedicaba a enviar la información o era muy difícil por correo debido a que los archivos eran muy grandes.</p>
<p><b>6. ¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el tercer semestre? ¿Qué puesto?</b> R//Coordinador de Ingeniería Química.</p>

## CONTINUACIÓN TABLA No.144 CUESTIONARIO DE INTEGRANTES

<b>Rafael Basterrechea</b>
<p>1. <i>¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el primer semestre? ¿Qué puesto?</i> R// No</p>
<p>2. <i>¿Cuáles eran las principales funciones de su puesto, si es que desempeñó uno?</i> R//Tareas generales de Ingeniería Industrial</p>
<p>3. <i>¿Cree que aprendió algo de la experiencia? Por ejemplo un aspecto de liderazgo, etc.</i> R//Trabajar en equipo</p>
<p>4. <i>Aspectos positivos de tener un organigrama en el megaproyecto</i> R// Una mejor organización y la logística de las reuniones se facilita.</p>
<p>5. <i>Aspectos negativos de tener un organigrama en el megaproyecto</i> R//Algunas veces no se tenía definido quien era el encargado de realizar ciertas tareas.</p>
<p>6. <i>¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el tercer semestre? ¿Qué puesto?</i> R//Coordinador de megaproyecto.</p>
<b>Andrea Ortiz</b>
<p>1. <i>¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el primer semestre? ¿Qué puesto?</i> R//Sí, coordinadora de Ingeniería Química</p>
<p>2. <i>¿Cuáles eran las principales funciones de su puesto, si es que desempeñó uno?</i> R//Coordinar todas las tareas generales del equipo de Ingeniería Química</p>
<p>3. <i>¿Cree que aprendió algo de la experiencia? Por ejemplo un aspecto de liderazgo, etc.</i> R//Trabajar en equipo y liderazgo en grupos de trabajo.</p>
<p>4. <i>Aspectos positivos de tener un organigrama en el megaproyecto</i> R// La estructura estuvo bien definida el primer semestre, luego se perdió un poco la idea.</p>
<p>5. <i>Aspectos negativos de tener un organigrama en el megaproyecto</i> R//La gente no se dedicaba a enviar la información o era muy difícil por correo debido a que los archivos eran muy grandes.</p>
<p>6. <i>¿Desempeño algún puesto en el organigrama en el tercer semestre? ¿Qué puesto?</i> R//No, solamente mi puesto de Ingeniera Química</p>

**B. Desarrollo de técnicas analíticas para el soporte del sistema de control**

1. Evaluación del cambio temprano en el testeo de la resazurina como indicador de mayor actividad microbiana en la etapa de implementación industrial.

ILUSTRACIÓN No.52 HOJA DE CONTROL DEL LABORATORIO DE CAÑA

CM-1

CORPORACIÓN PANTALEÓN. CONTROL MICROBIOLÓGICO. HOJA DE TRABAJO DE ANÁLISIS DE CAÑA  
MOLINOS. FECHA: 10/1/2011 DIA DE ZAFRA: 5.2

15, 30 y 45: Primer cambio observado: Escribir **X** Cambio a rojo: escribir **II**

C= cosecha, PC=Precosecha, PQ= Pre quem. E=Mecanizado, A=Manual 32

#	Hora	Código	Tipo	Ta =	Fin ta	Hora Inicial	15	30	45	Hora Final	Tiempo Horas	CM	Observaciones
53	2:30	16596	CA	A	129	2:35	-	X	X	18:10	3.58	1.77	
54	2:40	16551	CE	A	804	2:50	X	X	X	21:00	3	1.66	
55	2:50	16606	CA	A	574	2:55	-	-	X	18:00	2.76	1.58	
56	2:50	16578	CA	A	514	2:55	X	X	X	17:55	3	1.66	
57	2:10	16547	CA	B	601	3:15	-	X	-	17:55	2.66	1.87	
58	2:15	16593	CA	B	528	2:20	X	-	X	18:15	2.92	1.71	
59	2:20	16526	CA	A	127	2:25	X	X	X	18:15	2.83	1.76	
60	2:30	16562	CE	T3	114	2:35	-	X	X	18:15	2.66	1.87	
61	2:40	16582	CE	A	619	2:45	X	X	X	18:20	2.58	1.93	
62	3:45	16587	CA	A	611	3:50	-	-	X	19:10	3.66	1.76	
63	4:10	16626	CE	A	595	4:15	X	-	X	19:25	3.26	1.88	
64	4:20	16550	CA	A	514	4:25	-	X	X	19:30	2.92	1.71	
65	4:20	16607	CA	B	140	4:25	X	X	X	19:30	3.08	1.62	
66	4:30	16604	CE	B	101	4:35	-	X	X	19:30	2.92	1.77	
67	4:23	16636	C	B	601	4:25	-	X	X	20:50	2.92	2.06	
68	4:40	16616	C	B	595	-	-	X	-	22:30	3.66	1.96	
69	5:00	16657	C	A	100	20:55	X	-	X	23:00	2.75	1.81	
70	20:50	16637	C	B	201	20:55	X	-	X	23:00	2.75	1.81	
71	20:50	16648	C	A	106	20:55	X	-	-	23:00	2.75	1.81	
72	20:50	16628	C	A	694	20:55	-	X	X	22:10	1.75	1.7	
73	20:52	16647	C	A	594	20:55	-	X	X	22:40	1.75	1.85	
74	20:52	16653	C	B	594	20:55	X	-	X	22:10	1.75	1.7	
75	21:00	16610	C	A	2100	21:00	X	X	-	21:40	1.66	3.21	
76	21:00	16610	C	A	2300	21:00	X	-	X	23:40	1.66	3.21	
77	21:00	16610	C	A	2300	21:00	-	X	X	20:10	1.66	3.21	
78	21:00	16674	C	A	661	23:00	X	X	-	20:20	1	5	
79	22:00	16702	C	B	100	23:00	-	X	X	1:05	1.75	2.85	
80	22:10	16714	C	A	2300	22:10	-	-	X	1:05	1.75	2.85	
81	22:20	16676	C	B	3001	23:00	-	X	X	1:30	2.76	2.71	
82	22:40	16610	C	A	2300	22:40	X	-	X	2:40	2.66	1.87	
83	23:40	16610	C	B	60:30	23:40	-	X	X	3:55	2.92	2.06	
84	23:40	16610	C	B	1:30	23:40	X	-	X	4:25	2.92	2.22	

Analista Orquidia

2.12  
0.66

ILUSTRACIÓN No. 53 HOJA DE CONTROL DEL TÁNDEM

CM-2

CORPORACIÓN PANTALEÓN, CONTROL MICROBIOLÓGICO, HOJA DE TRABAJO DE ANÁLISIS DE JUGO DE LOS MOLINOS. FECHA: 12/03/2011 DIA DE ZAFRA: 118.

40

15, 30 y 45: Primer cambio observado: Escribir X Cambio a rojo: escribir R

#	Hora	Tan	Jugo	Hora Inicial	15	30	45	Hora Final	Tiempo horas	CM	Observaciones/analista
13:30	A	Primario		13:40	-	X	R	14:10	3	1.67	
13:30	A	Diluido		13:40	-	X	R	14:45	3.08	1.67	
13:30	B	Primario		13:40	-	X	R	16:00	2.33	2.14	
13:30	B	Diluido		13:40	-	X	R	15:45	2.08	2.10	
14:30	A	Primario		14:40	-	X	R	17:45	3.08	1.67	
14:30	A	Diluido		14:40	-	X	R	16:30	2.17	2.30	
14:30	B	Primario		14:40	-	X	R	17:40	3	1.67	
14:30	B	Diluido		14:40	-	X	R	16:45	2.08	2.40	
15:10	B	Superior 1		15:30	-	X	R	18:00	2.5	2	
15:10	B	Moderacion 3,4		15:30	-	X	R	18:30	3	1.67	
15:10	B	Superior 2		15:30	-	X	R	18:40	2.66	1.87	
15:10	B	Moderacion 4,5		15:30	-	X	R	18:40	2.66	1.87	
15:10	B	Superior 3		15:30	-	X	R	18:40	2.66	1.87	
15:10	B	Moderacion 5,4		15:30	-	X	R	18:40	2.66	1.87	Molino 5 en Mantenimiento
15:10	B	Superior 4		15:30	-	X	R	19:40	4.17	1.19	Molino 3 en Mantenimiento
15:10	B	Moderacion 6,5		15:30	-	X	R	18:30	3	1.67	
15:10	B	Superior 5		15:30	-	X	R	19:00	3.5	1.47	
15:10	B	Primario		15:30	-	X	R	18:55	3.04	1.40	
15:10	B	Molino 2		15:30	-	X	R	18:20	2.83	1.70	
15:10	B	Bandeja 1,2		15:30	-	X	R	18:35	3.08	1.67	
15:10	B	Molino 3		15:30	-	X	R	18:10	3.17	1.57	
15:10	B	Molino 4		15:30	-	X	R	18:45	3.25	1.53	Molino 3 en Mantenimiento
15:10	B	Molino 5		15:30	-	X	R	19:15	3.75	1.33	
15:10	B	Diluido		15:30	-	X	R	17:10	1.66	3.01	
15:10	B	Flora		15:30	-	X	R	18:10	2.64	1.87	Aplicacion TB
15:10	B	bagazillo		15:30	-	X	R	18:20	2.83	1.70	
15:30	A	Primario		15:40	-	X	R	18:20	2.83	1.70	
15:30	A	Diluido		15:40	-	X	R	18:20	2.66	1.87	
16:30	A	Primario		16:40	-	X	R	18:45	3.08	1.67	
16:30	A	Diluido		16:40	-	X	R	19:55	3.25	1.53	298
16:30	B	Primario		16:40	-	X	R	19:15	2.75	1.81	222
16:30	B	Diluido		16:40	-	X	R	20:40	3.5	1.42	346
17:30	A	Primario		17:40	-	X	R	19:30	2.83	1.70	320
17:30	A	Diluido		17:40	-	X	R	20:30	2.83	1.70	299
17:30	B	Primario		17:40	-	X	R	19:55	2.25	2.22	323
17:30	B	Diluido		17:40	-	X	R	20:55	3.25	1.53	247
18:30	A	Primario		18:45	-	X	R	20:30	2.83	1.70	321
18:30	A	Diluido		18:45	-	X	R	21:45	3	1.67	320
18:30	B	Primario		18:45	-	X	R	20:15	1.5	3.33	Aplicacion TB
18:30	B	Diluido		18:45	-	X	R	22:15	3.5	1.42	348
18:30	B	Diluido		18:45	-	X	R	21:45	3	1.67	372

### C. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema de caña y desarrollo de mejoras para el control

1. Desarrollo de técnicas analíticas para el soporte del sistema de control

ILUSTRACIÓN No. 54 HOJA DE CALCULO “INGRESO DE DATOS”

Interpretación	Intervalo	Color	Tipo	Corte
Bueno	0	VERDE	MANUAL	
Alerta	2	QUEJEMA	MECANIZADO	
Malo	2.5	N/A	PRE-QUEJEMA	
Crítico	3.00		PRE-COSECHA	
			COSECHA	

Fecha	Hora Inicial	Hora Final	Tipo	Corte	CM	Color	Código de Finca
12/11/2010	7:15 AM	12:30 PM	NO APLICA	COSECHA	0.952		0
12/11/2010	7:15 AM	11:30 AM	NO APLICA	COSECHA	1.176		0
12/11/2010	7:18 AM	1:00 PM	NO APLICA	COSECHA	0.877		0
12/11/2010	7:20 AM	11:25 AM	NO APLICA	PRE-COSECHA	1.224		0
12/11/2010	7:22 AM	10:35 AM	NO APLICA	PRE-COSECHA	1.554		0
12/11/2010	7:25 AM	10:35 AM	NO APLICA	PRE-COSECHA	1.579		0
12/11/2010	7:27 AM	10:35 AM	NO APLICA	PRE-COSECHA	1.596		0
12/11/2010	7:30 AM	1:20 PM	NO APLICA	COSECHA	0.857		0
12/11/2010	7:32 AM	11:30 AM	NO APLICA	COSECHA	1.261		0
12/11/2010	7:44 AM	10:35 AM	NO APLICA	PRE-COSECHA	1.754		0
12/11/2010	7:45 AM	10:35 AM	NO APLICA	PRE-COSECHA	1.765		0
12/11/2010	8:02 AM	11:30 AM	NO APLICA	PRE-COSECHA	1.442		0
12/11/2010	9:35 AM	1:25 PM	NO APLICA	COSECHA	1.304		0
12/11/2010	9:35 AM	1:25 PM	NO APLICA	COSECHA	1.304		0
12/11/2010	9:40 AM	1:25 PM	NO APLICA	COSECHA	1.333		0
12/11/2010	9:40 AM	1:25 PM	NO APLICA	COSECHA	1.333		0
12/11/2010	9:45 AM	1:25 PM	NO APLICA	COSECHA	1.364		0
12/11/2010	9:45 AM	1:25 PM	NO APLICA	COSECHA	1.364		0
12/11/2010	9:50 AM	1:25 PM	NO APLICA	PRE-COSECHA	1.395		0
12/11/2010	9:55 AM	1:25 PM	NO APLICA	PRE-COSECHA	1.429		0
12/11/2010	11:50 AM	3:40 PM	NO APLICA	COSECHA	1.304		0
12/11/2010	12:01 PM	3:30 PM	NO APLICA	COSECHA	1.435		0
12/11/2010	12:10 PM	4:15 PM	NO APLICA	COSECHA	1.224		0
12/11/2010	12:15 PM	3:05 PM	NO APLICA	PRE-COSECHA	1.765		0
12/11/2010	12:20 PM	3:05 PM	NO APLICA	COSECHA	1.818		0
12/13/2010	8:35 AM	12:15 PM	NO APLICA	COSECHA	1.364		574

ILUSTRACIÓN No. 55 HOJA DE CÁLCULO “CM POR DÍA, FINCA, CORTE”

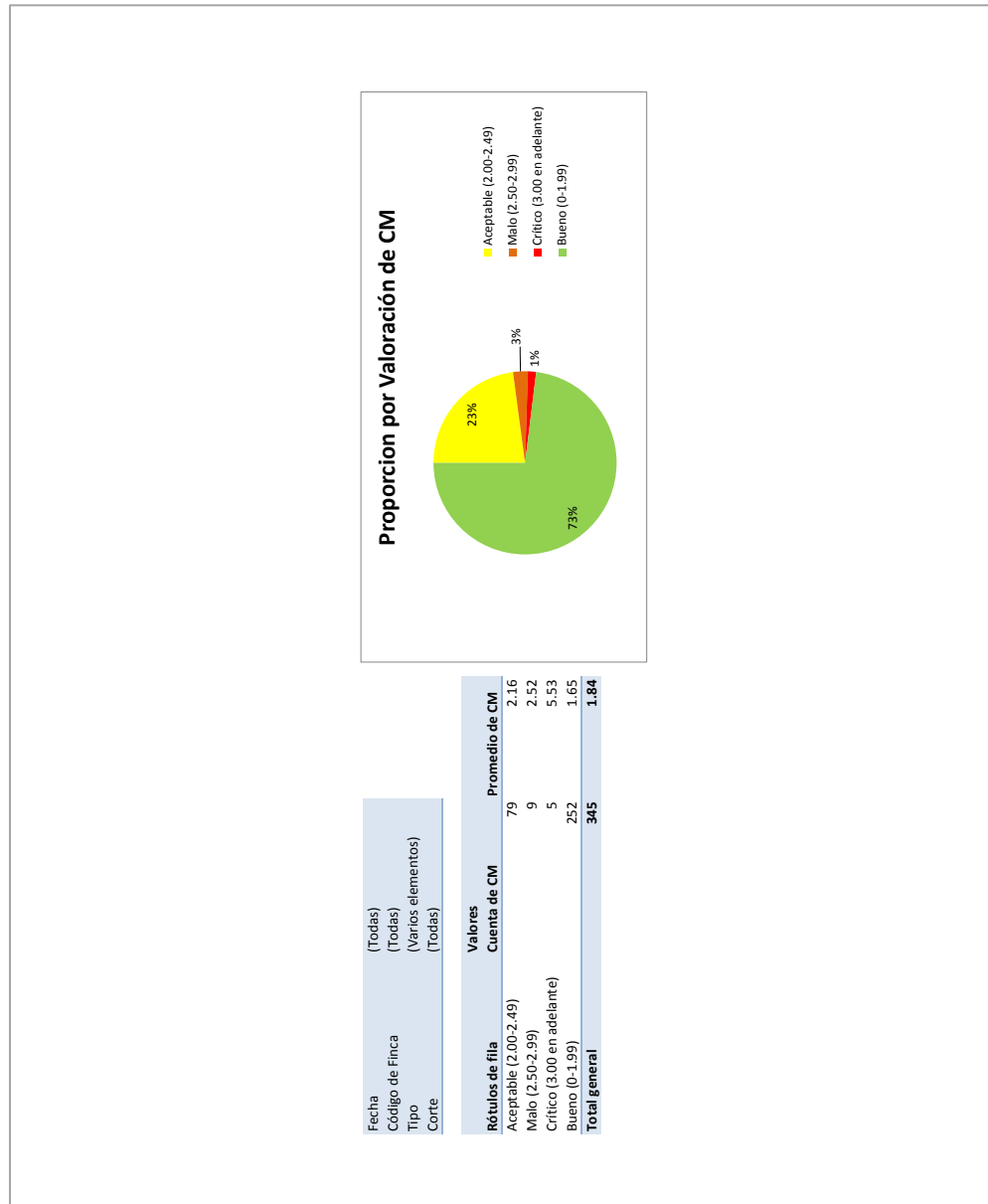


ILUSTRACIÓN No. 56 HOJA DE CÁLCULO “PROMEDIO CM POR FINCA”

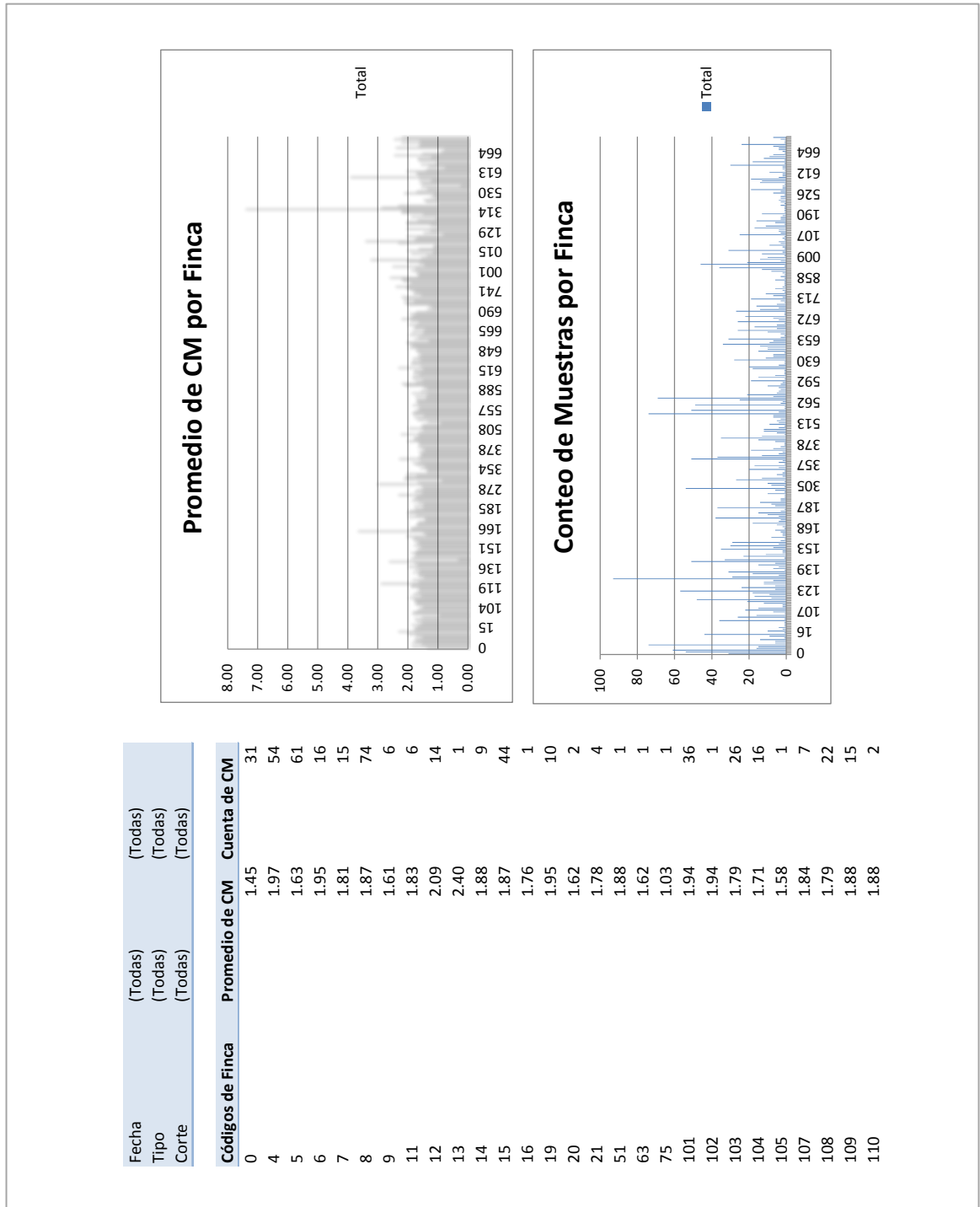
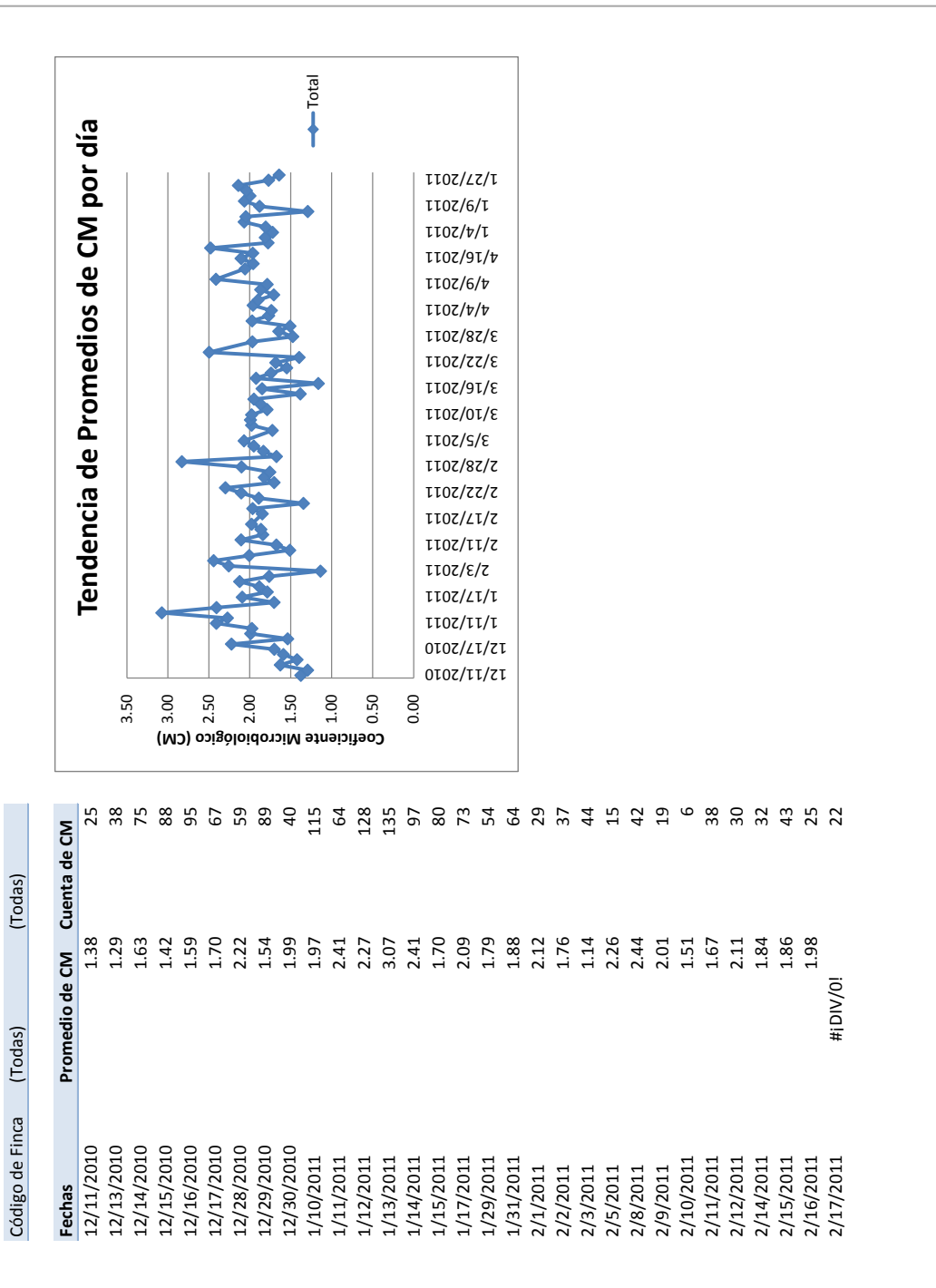
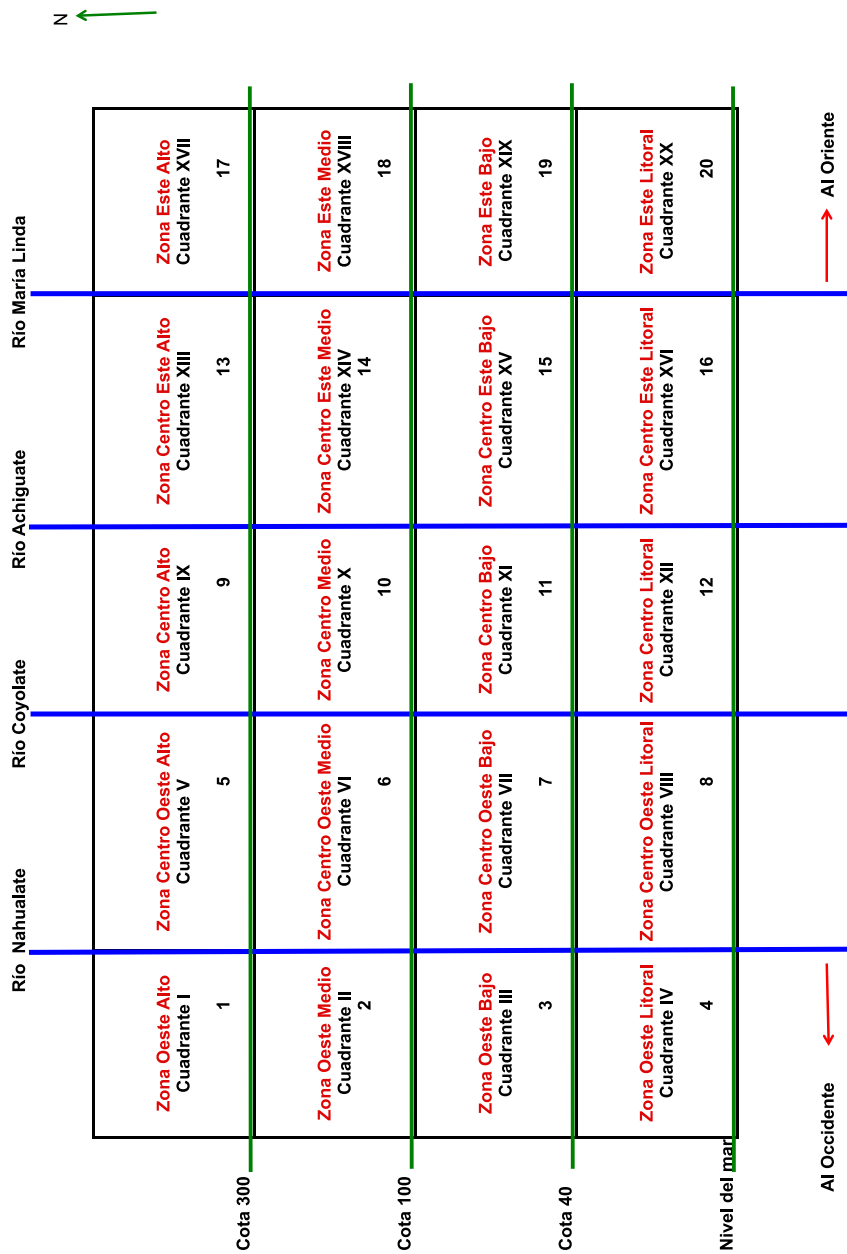


ILUSTRACIÓN No. 57 HOJA DE CÁLCULO “PROMEDIO CM POR DÍA”



2. Oportunidad de información a partir de monitoreo microbiológico

ILUSTRACIÓN No. 58 DISTRIBUCIÓN DE LAS ZONAS GEOGRÁFICAS



3. Propuesta de rediseño del lazo operativo entre el laboratorio de caña, báscula, sanitización del tándem de molinos y el área agrícola

ILUSTRACIÓN No. 59 TIEMPO MEDIO DESDE CORESAMPLER-PREPARACIÓN DE CAÑA

No.	Fecha	Mesa receptora de Tándem	Código	Jaulas	Tiempo inicial (salida desde coresampler)	Tiempo final (llegada a mesa receptora)	Tiempo de descarga de jaulas	Tiempo recepción-preparación de caña	Tiempo de descarga de todas las jaulas	Tiempo de descarga por jaula
1	03/03/2011	A	94G	2	10:40	11:10	11:16	0:30:00	0:06:00	0:03:00
2	03/03/2011	A	QO3	1	10:55	11:19	11:21	0:24:00	0:02:00	0:02:00
3	03/03/2011	B	9ED	4	11:22	11:41	11:52	0:19:00	0:11:00	0:02:45
4	03/03/2011	A	9G9	4	11:29	11:46	11:56	0:17:00	0:10:00	0:02:30
5	03/03/2011	B	94H	2	11:37	11:55	11:59	0:18:00	0:04:00	0:02:00
6	03/03/2011	A	P68	2	11:40	11:59	12:01	0:19:00	0:02:00	0:01:00
7	03/03/2011	B	S06	2	11:51	12:07	12:12	0:16:00	0:05:00	0:02:30
8	03/03/2011	B	97D	3	11:53	12:15	12:24	0:22:00	0:09:00	0:03:00
9	03/08/2011	A	9FG	4	8:59	9:22	9:31	0:23:00	0:09:00	0:02:15
10	03/08/2011	A	9EE	4	9:20	9:34	9:40	0:14:00	0:06:00	0:01:30
11	03/08/2011	A	9E4	4	9:28	9:42	9:50	0:14:00	0:08:00	0:02:00
12	03/08/2011	A	TJ9	2	9:37	9:55	9:57	0:18:00	0:02:00	0:01:00
13	03/08/2011	A	P71	1	9:40	9:59	10:00	0:19:00	0:01:00	0:01:00
14	03/08/2011	A	P40	2	9:49	10:03	10:05	0:14:00	0:02:00	0:01:00
15	03/08/2011	A	QO5	2	9:54	10:08	10:11	0:14:00	0:03:00	0:01:30
16	03/08/2011	A	95M	2	9:57	10:13	10:16	0:16:00	0:03:00	0:01:30
17	03/08/2011	A	P19	2	10:11	10:18	10:22	0:07:00	0:04:00	0:02:00
18	03/08/2011	A	96B	3	10:13	10:24	10:30	0:11:00	0:06:00	0:02:00
19	03/08/2011	A	S05	2	10:17	10:32	10:36	0:15:00	0:04:00	0:02:00
20	03/08/2011	A	9EM	2	12:01	12:11	12:15	0:10:00	0:04:00	0:02:00
21	14/03/2011	B	9D1	3	8:56	9:14	9:27	0:18:00	0:13:00	0:04:20
22	14/03/2011	B	Q54	2	9:08	9:25	9:27	0:17:00	0:02:00	0:01:00
23	14/03/2011	B	9H5	4	11:30	11:45	12:02	0:15:00	0:17:00	0:04:15
24	14/03/2011	B	9EM	4	11:39	12:04	12:14	0:25:00	0:10:00	0:02:30
25	14/03/2011	B	95M	3	11:43	12:17	12:25	0:34:00	0:08:00	0:02:40
26	14/03/2011	B	S08	2	11:52	12:26	12:30	0:34:00	0:04:00	0:02:00
27	14/03/2011	B	D73	2	12:12	12:45	12:49	0:33:00	0:04:00	0:02:00
28	14/03/2011	B	9G6	4	12:31	12:50	12:58	0:19:00	0:08:00	0:02:00
29	14/03/2011	B	94F	3	12:45	13:00	13:06	0:15:00	0:06:00	0:02:00
30	24/03/2011	B	9EX	4	9:22	9:43	9:52	0:21:00	0:09:00	0:02:15
31	24/03/2011	B	S06	2	9:25	9:54	9:57	0:29:00	0:03:00	0:01:30
32	24/03/2011	B	9E2	4	9:34	10:00	10:09	0:26:00	0:09:00	0:02:15
33	24/03/2011	B	96L	4	9:51	10:12	10:20	0:21:00	0:08:00	0:02:00
34	24/03/2011	B	9J2	4	11:45	12:05	12:14	0:20:00	0:09:00	0:02:15
35	24/03/2011	B	9F2	4	11:49	12:17	12:22	0:28:00	0:05:00	0:01:15
36	24/03/2011	B	9EB	4	12:00	12:32	12:41	0:32:00	0:09:00	0:02:15
37	24/03/2011	B	1TJ10	2	12:04	12:42	12:44	0:38:00	0:02:00	0:01:00
38	24/03/2011	B	Q50	2	12:09	12:52	12:55	0:43:00	0:03:00	0:01:30
<b>Tiempo medio:</b>								<b>0:21:16</b>	<b>0:06:03</b>	<b>0:02:02</b>

ILUSTRACIÓN No. 60 DIAGRAMA DEL PROCESO DE BÁSCULA, LABORATORIO DE CAÑA Y PATIO DE CAÑA

Elaborado por:		Israel Alfredo Gil Gutiérrez		
Actividad:		Proceso general desde báscula hasta mesa receptora de caña		
Comentarios:		Este diagrama de proceso describe las etapas que se llevan a cabo desde que la caña llega a báscula hasta que se procesa en las mesas receptoras.		
		Tabla de resumen		
		Evento:	Número	
		Operación	26	
		Transporte	6	
		Retrasos	3	
		Inspección	2	
		Almacenamiento	2	
		Decisión	2	
Lugar event	No	Descripción de los eventos	Símbolo	Observaciones
Báscula	1	Camión hacia báscula	○ →	Caña que proviene de los frentes de cosecha.
	2	Pesar el contenido de caña en cada jaula cañera	○ → □	Se realiza con básculas con grandes capacidades.
	3	Piloto entrega boleta de envío que se emite en campo con handheld a	○ → □	En campo se le dio al jefe de frente, los números correlativos para las boletas u
	4	Registro de datos en el sistema	○ → □	Registro de datos en el sistema, con el número correlativo o código de barras.
	5	Sistema de báscula mediante un algoritmo decide aleatoriamente de que lotes se deben tomar muestras.	○ → □	El algoritmo funciona en base a los lotes que han ingresado en el sistema.
	6	Si el camión debe ser muestreado, se emite boleta de muestreo	○ → □	Esta boleta servirá para presentarla en el laboratorio de caña.
Laboratorio de caña	8	Camión hacia Laboratorio de Caña	○ →	
	9	Coresampler toma muestra del camión	○ → □	Sonda hidráulica, se introduce en las jaulas
	10	Piloto entrega boleta de muestreo a operario de laboratorio de caña	○ → □	Esta posee un número correlativo para se ingresar los resultados de las pruebas en el
	11	Se almacena la muestra en el laboratorio	○ → □	Del coresampler pasa a bolsas en el laboratorio.
	12	Se verifica que la boleta de muestreo siga con la muestra, hasta su registro	○ → □	Para no cruzar las boletas con otras muestras y perder la trazabilidad de las mismas.
	13	Muestra hacia maquina extractora de jugo	○ → □	
	14	Extracción de jugo	○ → □	Maquina hidráulica extractora de jugo marca
	15	Jugo hacia escritorio de pruebas	○ → □	
	16	Verter jugo en tres frascos	○ → □	Para las tres pruebas, brix, Lpol y rezasurina.
	17	Preparación de refractometro para prueba de brix	○ → □	Calibrar y limpiar el refractometro.
	18	Verter jugo en el orificio del refractometro	○ → □	
	19	Registro de resultados de brix en boleta de la muestra	○ → □	Para el ingreso posterior en el sistema.
	20	Preparación de prueba de Lpol	○ → □	Se prepara el octopol y la mezcladora.
	21	Mezclar jugo con octopol	○ → □	
22	Filtrar mezcla	○ → □		
23	Verter jugo de mezcla en el orificio del polarimetro	○ → □		
24	Registro de resultados del Lpol en boleta de la muestra	○ → □	Para el ingreso posterior en el sistema.	
25	Calculo de pol y pureza	○ → □	Se realiza con datos de brix y Lpol.	
26	Registro de resultados de pol y pureza en boleta de la muestra	○ → □	Para el ingreso posterior en el sistema.	
27	Preparación de prueba de rezasurina	○ → □	El jugo en el frasco se vierte en un vial.	
28	Mezclar jugo con rezasurina en un vial	○ → □		
29	Colocar vial en el baño de maría	○ → □	El baño debe estar a 37°C.	
30	Verificar tiempo para cambio de coloración a color rojo	○ → □	Representa una inspección porque hay que examinar el vial.	
31	Registro de resultados del CM en boleta de la muestra	○ → □	Para el ingreso posterior en el sistema.	
32	Almacenar resultados en el sistema con datos de boleta	○ → □	Los resultados de la prueba de Brix, Pol y pureza deben registrarse en Sistema de Pantaleón, los resultados de la prueba de rezasurina en el sistema de base de datos.	
Patio de caña	33	Camión hacia patio de caña	○ →	Debe dirigirse a donde se le haya indicado
	34	Se le indica al piloto si debe dirigirse a la mesa receptora A,B o a descarga en patio	○ → □	Supervisor de patio indica que destino debe seguir el camión.
	35	Material en camión espera a ser descargado	○ → □	Recorrido de laboratorio de caña a área de descarga o mesas receptoras. Tiempo medio de espera de 21 min.
	36	Grúa descarga el material	○ → □	Grúa lo descarga en mesas receptoras o en área de descarga para patio.
	37	Procesamiento de material	○ → □	
	38	Camión hacia campo	○ →	La unidad se dirige hacia el frente de donde

ILUSTRACIÓN No. 61 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LOS LAZOS OPERATIVOS

Elaborado		Israel Alfredo Gil Gutiérrez		Tabla de resumen						
Actividad:		Inicio de lazos operativos		Evento:	lazo 1	lazo 2	lazo 3			
Comentarios:		Este diagrama de flujo de proceso contempla la toma de tres muestras del mismo lote de caña. Cada lazo es acorde al número de muestra. Las áreas involucradas en el lazo son área de sanitización de tándem de molinos, CAT y báscula.		Operación	○	6	6	10		
				Transporte	⇒	0	0	0		
				Retrasos	⊐	0	0	1		
				Inspección	□	2	2	0		
				Almacenamiento	◇	0	0	0		
				Decisión	▽	3	3	3		

Lugar event	No.	Descripción de los eventos	Símbolo							Observaciones	
Primer lazo Laboratorio de caña	Báscula	1	¿CM esta entre rangos de malo, crítico y muy crítico? Si está en estos rangos inicia primer lazo operativo.	○	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Cuando el CM no está en el rango, no existe ningún lazo operativo. El muestreo sigue siendo aleatorio.
		2	Clasificación de CM: Muestra mala, lazo con báscula. Muestra crítica, lazo con tándem y báscula.	○	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Las muestras malas, no inician lazo con tándem porque no requieren desinfección inmediata. Se espera a que haya una segunda mala para que exista desinfección (segundo lazo).
	Tándem	3	Iniciar lazo con báscula	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Laboratorio de caña llama a operario de báscula.
		4	Se proporcionan los datos de la muestra (No. Correlativo).	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Se le da el número de correlativo y con eso ellos pueden rastrear la procedencia de la caña.
	Tándem	5	Se establece el paso obligado a coresampler de 2 camiones más del mismo lote que se muestreo.	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	El 2do y 3er camión que vengan de ese lote que previamente se muestreo deben extenderse boleto de muestreo.
		6	Iniciar lazo con área de sanitización de tándem de molinos	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Laboratorio de caña llama a operario de tándem de molinos
		7	Proporcionar rango de la muestra	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	
		8	Operarios desinfectan molinos según el rango de muestra	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Desinfección en molinos para eliminación de actividad microbiana.
Segundo lazo Laboratorio de caña	Tándem	1	¿CM esta entre rangos de malo, crítico y muy crítico? Si está en estos rangos inicia segundo lazo operativo	○	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Cuando el segundo camión no presenta CM en los rangos, se debe muestrear un tercer camión.
		2	Clasificación de CM: Muestra buena o alerta, espera un 3er camión. Muestra mala para arriba, lazo con tándem y CAT.	○	⇒	⊐	□	▽	◇	●	
	Tándem	3	Iniciar lazo con área de sanitización de tándem de molinos	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Laboratorio de caña llama a operario de tándem de molinos.
		4	Proporcionar rango de la muestra	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	
	CAT	5	Operarios desinfectan molinos según el rango de muestra	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Desinfección en molinos para eliminación de actividad microbiana.
		6	Iniciar lazo con CAT	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Laboratorio de caña llama al área agrícola CAT.
		7	Proporcionar los datos de la muestra (lote, frente)	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	
		8	Desarrolla logística de CAT para el lote y el frente de cosecha	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Priorizar el frente de cosecha
Tercer lazo Laboratorio de caña	Tándem	1	¿CM esta entre rangos de malo, crítico y muy crítico? Si está en estos rangos, inicia tercer lazo operativo	○	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Se debe de tener un control operativo microbiológico con molinos, para estar al tanto con báscula y que tomen
		2	Clasificación de CM: 2 muestras buena o alerta, se espera. 2 de 3 muestras malas, lazo con tándem, báscula y CAT. 3 muestras malas, lazo con tándem, báscula y CAT.	○	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Si da resultados de bueno o alerta y ya existía una clasificación igual, se espera no se inicia lazo, se descarta la finca.
		3	Iniciar lazo con área de sanitización de tándem de molinos	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Laboratorio de caña llama a operario de tándem de molinos.
	Báscula	4	Proporcionar rango de la muestra	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	
		5	Operarios desinfectan molinos según el rango de muestra	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	
		6	Inicia comunicación con báscula.	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Inicia comunicación con báscula para tomar las medidas
	CAT	7	Inicia lazo con báscula	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	
		8	Proporcionar los datos de la muestra por medio de número correlativo	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Para que área agrícola ubique el frente de cosecha y el lote de caña que posee actividad microbiana.
		9	Inicia la comunicación con tándem	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	
		10	Iniciar lazo con CAT	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Laboratorio de caña llama al área agrícola CAT.
		11	Proporcionar registro de los datos de la muestra por medio de número correlativo	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Para que área agrícola ubique el frente de cosecha y el lote de caña que posee actividad microbiana.
		12	Desarrolla logística de CAT para el lote y el frente de cosecha	●	⇒	⊐	□	▽	◇	●	Se le avisa a CAT, para que tomen medidas. Priorizar los frentes de cosecha. Sacar precosechas de lotes vecinos.

**D. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema del tándem y desarrollo de mejoras para el control**

ILUSTRACIÓN No. 62 FORMATO DE CONTROL SISTEMÁTICO DE TIEMPOS

Ubicación:								
Actividad:								
Fecha:								
Día de Zafra:								
Operario:								
Observaciones:								
Áreas de Almacenamiento de Montículos								
	#	Descarga	Espacio 1	Espacio 2	Espacio 3	Espacio 4	Espacio 5	Espacio 6
Tiempos de Llegada	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
	24							
	25							
	26							
	27							
	28							
	29							

ILUSTRACIÓN No. 63 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PARA PROPUESTA DEL MANEJO DE CAÑA EN PATIO

Diagrama de Flujo de Proceso  
 Tipo de fabricación: Propuesta de Manejo de Caña en el Patio.  
 Método Actual  
 Dibujado por: Stephen Woc Huang  
 Fecha: 25 de septiembre, 2011

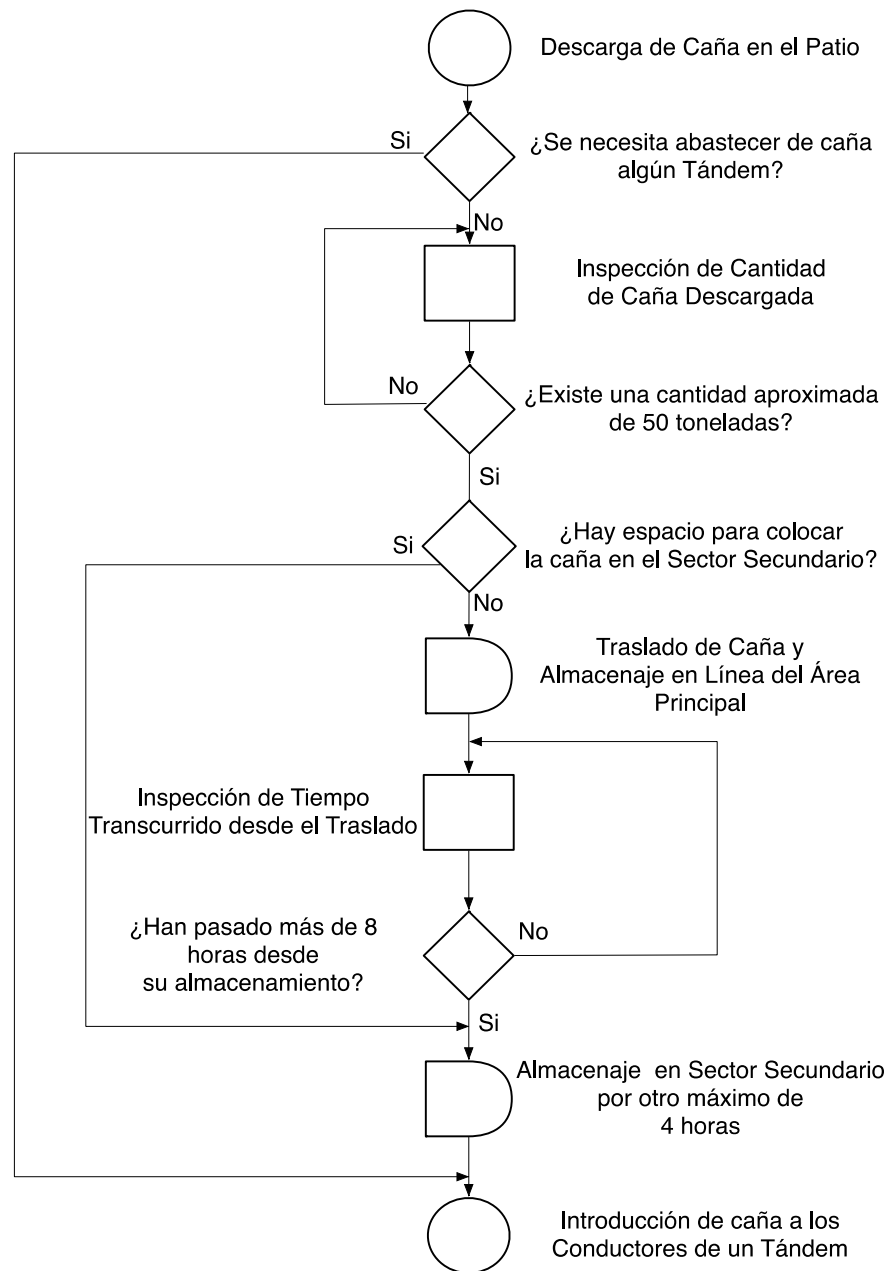


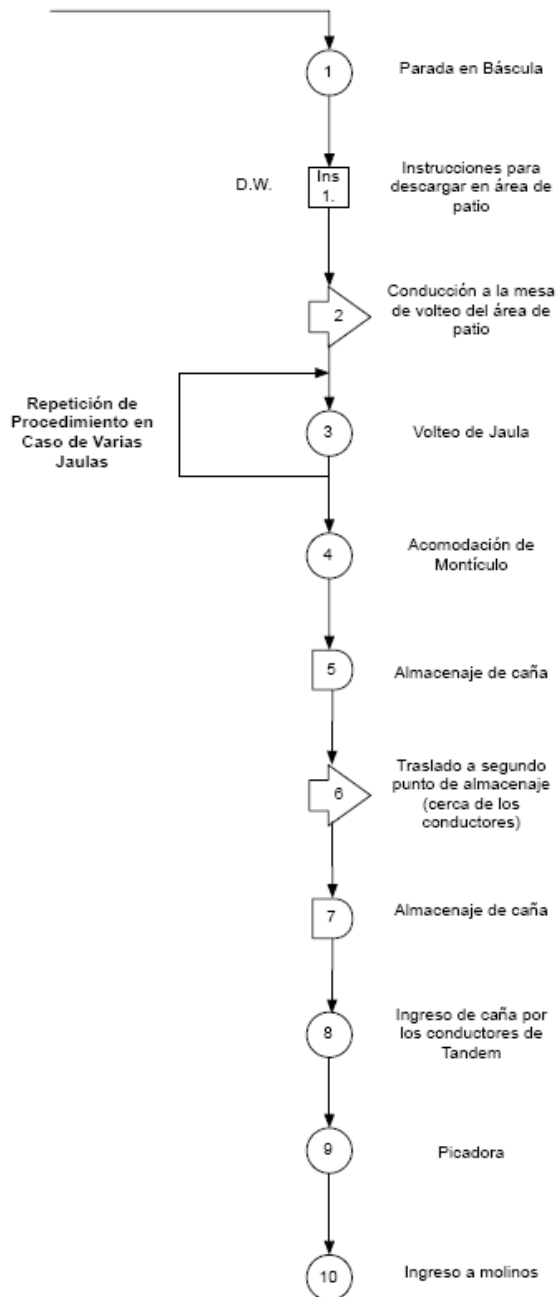
ILUSTRACIÓN No. 64 TABLA DE FLUJO DE PROCESOS PARA PROPUESTA DEL  
MANEJO DE CAÑA EN EL PATIO

Ubicación: Ingenio Pantaleón		Tabla de Resumen						
Actividad: Propuesta de Manejo de Caña en el Patio		Evento	Presente	Propuesto				
Fecha: 25 de septiembre, 2011		Operación	2					
Analista: Stephen Woc Huang		Trasporte	-					
Método: Propuesto		Retrasos	2					
Tipo: Material		Insp. & Decisión	6					
Comentarios: Propuesta preliminar de manejo de caña en el patio. Se elaboró en base de observaciones de 2 meses, por 1 día cada semana.		Almacenamiento	-					
		Tiempo						
		Distancia						
		Costos						
Descripción de los eventos	Símbolo					Tiempo	Distancia	Recomendaciones
Descarga de caña en el patio	●	➡	D	□	▽	◇		
¿Se necesita abastecer de caña algún Tándem?	○	➡	D	□	▽	◆		
Inspección de cantidad de caña descargada	○	➡	D	■	▽	◇		
¿Existe una cantidad aproximada de 50 toneladas?	○	➡	D	□	▽	◆		
¿Hay espacio para colocar la caña en el Sector Secundario?	○	➡	D	□	▽	◆		
Traslado de caña y almacenaje en línea del área principal	○	➡	■	□	▽	◇		
Inspección de tiempo transcurrido desde el traslado	○	➡	D	■	▽	◇		
¿Han pasado más de 8 horas desde su almacenamiento?	○	➡	D	□	▽	◆		
Almacenaje por otro máximo de 4 horas en el área secundario	○	➡	■	□	▽	◇		
Introducción de caña a los conductores de un tándem	●	➡	D	□	▽	◇		

ILUSTRACIÓN No. 65 DIAGRAMA DE OPERACIONES DE CAÑA EN EL PATIO

**Diagrama de Operaciones de Caña en el Patio**


Diagrama de Proceso Operativo  
 Tipo de fabricación: Caña en el Patio. Método Actual  
 Dibujado por: Stephen Woc Huang  
 Fecha: 18 de abril, 2011




**Tabla de Resumen:**


Evento	Cantidad
Operación	6
Transporte	2
Demora	2
Inspección	1
<b>Total</b>	<b>11</b>

**E. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema del tándem y desarrollo de mejoras para el control**

 <p>Pantaleon</p>	<p><b>INSTRUCTIVO PARA DESARROLLAR LA LIMPIEZA EN EL ÁREA DE TÁNDEM</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>OBJETIVO</b></p> <p>Permitir la documentación del procedimiento de limpieza en el tándem, facilitar la capacitación e inducción a nuevos operarios, orientar al operario a través de rutinas adecuadas de limpieza de forma detallada, clara y precisa.</p> <p style="text-align: center;"><b>SEGURIDAD INDUSTRIAL</b></p> <p>El ingenio Pantaleón posee certificación con las normas OHSAS 18,000, la cual se encargan de velar por la salud y seguridad laboral del trabajador. Por medio de la implementación del Sistema de Salud Laboral y Manejo de Seguridad se procede a identificar los peligros y evaluación de riesgos en el puesto de trabajo.</p> <p>En la realización de la limpieza en los molinos existen diversos riesgos intrínsecos a la operación ya que se trabaja con agua a temperaturas elevadas aproximadamente a 90°C lo cual existe riesgo de alguna quemadura, el ambiente de trabajo es ruidoso y caluroso lo cual produce fatiga en el operario, el operario transita cerca de maquinaria en movimiento lo cual existe riesgo de atrapamiento en zonas convergentes o caída en el interior de los molinos, el riesgo de caída es alto debido al piso resbaloso y la exposición a sustancias químicas peligrosas para la salud como los desinfectantes. El operario debe tener conocimiento de los peligros y la obligación de utilizar equipo de protección personal para minimizarlos.</p> <p>Según las OSHAS, el uso del equipo de protección personal suele ser esencial, pero es generalmente la última alternativa luego de los controles de ingeniería, de las prácticas laborales y de los controles administrativos. El equipo de protección personal está diseñado para proteger a los empleados en el lugar de trabajo de lesiones o enfermedades serias que puedan resultar del contacto con peligros físicos, químicos, eléctricos, mecánicos u otros.</p> <p style="text-align: center;">-1-</p>		

 <p>Pantaleon</p>	<b>INSTRUCTIVO PARA DESARROLLAR LA LIMPIEZA EN EL ÁREA DE TÁNDEM</b>	
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<b>General</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anunciar al encargado para realizar el trabajo de limpieza.</li> <li>2. Colocarse el equipo de protección personal</li> <li>3. Verificar que las herramientas de trabajo estén en buen estado y apropiadamente colocadas.</li> <li>4. Abrir la llave de paso de agua.</li> <li>5. Sujetar la manguera en el extremo donde se expulsa el agua.</li> <li>6. Verificar que el área esté despejada de personas y herramientas.</li> <li>7. Dirigirse al molino correspondiente sujetando la manguera.</li> <li>8. Abrir el mecanismo para que el agua salga por la manguera.</li> <li>9. Dirigir el chorro hacia áreas donde se acumula el bagazo entre las mazas y áreas dentro del molino.</li> <li>10. Limpiar de arriba para abajo y derecha e izquierda.</li> <li>11. Concentrar la limpieza en áreas dentro del molino.</li> <li>12. Continuar al siguiente molino.</li> <li>13. Procurar que la manguera no se enrede en ningún lugar.</li> <li>14. Atender si existen personas transitando por los molinos.</li> <li>15. Al finalizar cerrar el mecanismo para cortar el flujo de agua.</li> <li>16. Colocar la manguera en la llave de paso de agua.</li> <li>17. Cerrar la llave de paso de agua.</li> <li>18. Quitarse el Equipo de Protección Personal</li> <li>19. Anunciar al encargado que ya finalizo limpieza.</li> <li>20. Proceder a la verificación de una limpieza adecuada por parte del encargado.</li> </ol>		
<p>-2-</p>		

 <p>Pantaleon</p>	<b>INSTRUCTIVO PARA DESARROLLAR LA LIMPIEZA EN EL ÁREA DE TÁNDEM</b>	
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<b>Específico</b>		
<b>Área</b> Molino interno	<b>Recomendación</b> Concentrarse en las bandejas, entre las mazas y áreas donde se acumula bagazo y retención de líquidos.	<b>Ilustración</b> 
Molino externo	Limpiar de izquierda a derecha enfocándose en los ejes rotativos de las mazas. El azúcar a ser corrosivo para el metal eliminar salpicaduras que posean las columnas metálicas del molino.	
Piso	Limpiar de adentro hacia afuera, esto con el objetivo de no verter en el molino lo que se encuentra en el piso. Siguiendo la dirección de las flechas en la ilustración.	
-3-		

	<b>INSTRUCTIVO PARA DESARROLLAR LA LIMPIEZA EN EL ÁREA DE TÁNDEM</b>	
<b>MEJORAS PROPUESTAS</b>		
<p>Coordinación entre operarios de limpieza de arriba y abajo</p>		
<p>Se propone que la sincronización de limpieza entre el operario de arriba y abajo sea de la siguiente forma: limpiar cada molino, primero arriba y después abajo. Entre dos hombres, el de arriba comienza por el sexto molino y al pasar al quinto molino comienza el de abajo por el sexto molino. Avanzando ambos hacia el primer molino limpiando arriba y de inmediato abajo. Se comienza por el sexto molino debido a la recirculación del jugo de caña.</p>		
<p>Paros programados y no programados</p>		
<p>Esto permite alcanzar áreas dentro del molino que son inaccesibles cuando el tándem se encuentra en funcionamiento. Debe comunicarse con el encargado de limpieza para saber las áreas que puede limpiar sin ocasionar accidentes.</p>		
<p>Mejorar comunicación con los operarios del Control Operativo Microbiológico</p>		
<p>El operario de Control Operativo Microbiológico está familiarizado con los puntos críticos del tándem lo cual permite que se realice una limpieza eficiente del tándem. Además de conocer a través de la prueba de resazurina el coeficiente microbiológico en determinado momento. Los puntos críticos varían entre el tándem A y B. El operario de limpieza y encargados deben al comienzo del turno determinar la forma que se va a realizar la limpieza, en qué momento y con qué frecuencia en conjunto con el operario del Control Operativo Microbiológico.</p>		
<p>-4-</p>		

## F. Evaluación de los resultados de la implementación del sistema del tándem y desarrollo de mejoras para el control

### 1. Manual de uso de base de datos

a. **Menú de inicio.** Seleccionar la opción que el usuario desee para registrar y analizar datos. El sistema ofrece dos opciones:

1) Ingreso de datos al área de tándem opción utilizada para ingresar datos del laboratorio e caña, cuando se toman las muestras antes de la molienda de la caña.

2) Ingreso de datos al área de caña, opción utilizada para ingresar datos del laboratorio de caña, cuando se toman las muestras antes de la molienda de la caña.

Para ingresar a la hoja de ingreso de datos que se quiere, se debe darle un click con el apuntador, y se redirecciona a la tabla.

ILUSTRACIÓN NO.66 MENÚ PRINCIPAL



## 2. Área de tándem

### a. Ingreso de datos área de tándem

ILUSTRACIÓN No. 67 INGRESO DE DATOS ÁREA DE TÁNDEM

5	Interpretación	Intervalo	Color	Tipo de Jugo	Tandem		
6	Bueno	0	verde	PRIMARIO	A		
7	Alerta	1	amarillo	DILUIDO	B		
8	Malo	2.5	naranja				
9	Crítico	3.00	rojo				
10	Fecha	Hora Inicial	Hora Final	Tipo de Jugo	Tándem	CM	Color
11	9-dic-10	08:15:00 a.m.	11:55:00 a.m.	PRIMARIO	A	1.364	
12	9-dic-10	08:15:00 a.m.	01:40:00 p.m.	PRIMARIO	B	0.923	
13	9-dic-10	08:15:00 a.m.	11:45:00 a.m.	DILUIDO	A	1.429	
14	9-dic-10	08:15:00 a.m.	01:10:00 p.m.	DILUIDO	B	1.017	
15	9-dic-10	09:15:00 a.m.	01:40:00 p.m.	PRIMARIO	A	1.132	
16	9-dic-10	09:15:00 a.m.	01:10:00 p.m.	PRIMARIO	B	1.277	

Seleccionando el ingreso de datos del área de tándem en el menú principal, el usuario se encontrará en la hoja de Excel mostrada en la ilustración No. 67.

**b. Ingreso de datos del usuario.** El usuario deberá ingresar cinco datos cada vez que quiere ingresar una muestra al sistema.

**1) Fecha (columna A).** Se debe de ingresar la fecha y el día que se realizó la toma de la muestra en el siguiente formato: dd/mm/aa, separando los días, meses y años por una diagonal (/) cada uno. Los días se ingresan con dos dígitos al igual que los meses, si es un número del uno al nueve, se agrega un número cero antes del día o mes que es. En cuanto al año se ingresan los cuatro dígitos.

**2) Hora inicial y hora final (columna B y C).** Para ingresar la hora inicial y hora final, se utiliza un formato de 24 horas, donde el programa se encarga de transformarlo a un formato de 12 horas agregando el (am) o (pm) dependiendo de la hora de la muestra. Si el usuario desea ingresar una hora inicial o final de las 7 pm, debe de ingresar a la celda 19:00 y el programa lo convierte a 7:00:00 pm.

En lo que respecta a la hora final, si una muestra fue tomada a las 11:30 pm y su hora final de viraje fue a las 02:00 am, el usuario debe de continuar con el formato de las 24 horas. Para que el programa entienda que es el del día siguiente debe de ingresar 26:00 equivalente a las 2:00 am, en caso de que hubiese sido 1:00 am se tiene que ingresar 25:00.

**3) Tipo de jugo (columna D).** El sistema está programado para que en esta columna el usuario pueda ingresar solamente dos opciones, si el jugo es primario o diluido.

**4) Tándem (columna E).** El sistema está programado para que en esta columna el usuario pueda ingresar solamente dos opciones, tándem A o B, dependiendo de donde fue tomada la muestra.

**c. Para análisis del usuario.** Las columnas N y O, respectivamente CM y color son para interpretación del usuario, al haber ingresado los datos anteriores, el sistema proporciona los resultados de ambas columnas. Para ser interpretados con una mayor facilidad se proporcionó una tabla hasta arriba de la hoja de Excel como se observa en la Ilustración No. 67.

En la hoja de ingreso de datos del área de tándem, también se observa en la parte superior, arriba de la tabla de ingreso de datos la siguiente tabla.

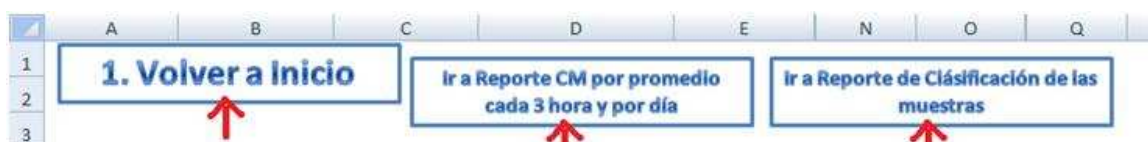
ILUSTRACIÓN No. 68 ID PARA PROMEDIO DE CM CADA 3 HORAS

ID	Hora Inicio	Hora Final
1.1	12:00:00 a.m.	03:00:00 a.m.
1.2	03:00:00 a.m.	06:00:00 a.m.
1.3	06:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.
1.4	09:00:00 a.m.	12:00:00 p.m.
1.5	12:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.
1.6	03:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.
1.7	06:00:00 p.m.	09:00:00 p.m.
1.8	09:00:00 p.m.	12:00:00 a.m.

La tabla anterior sirve para que el usuario sepa que ID se encuentra relacionada a cada intervalo de tiempo para un análisis posterior. Se le proporcionó al sistema botones con hipervínculos, donde al terminar de ingresar los datos correspondientes, el usuario puede seleccionar la opción que desee, retornar al menú principal o ir al reporte por CM por promedio cada tres horas o por día, o al reporte

de clasificación de las muestras, solo se le debe hacer un click con el apuntador a donde quiere que se redireccione.

ILUSTRACIÓN No. 69 ID PARA PROMEDIO CADA 3 HORAS Y POR DÍA



1) **Reporte CM por promedio cada 3 horas y por día.** En una misma hoja de Excel el sistema tiene desplegadas ambas opciones para analizar el CM promedio por promedio de cada tres horas o por día. Se muestra primero en el sistema el reporte por promedio de cada tres horas y en la parte inferior de la pantalla se muestra el reporte por día/fecha, ambos se encuentran debidamente señalados.

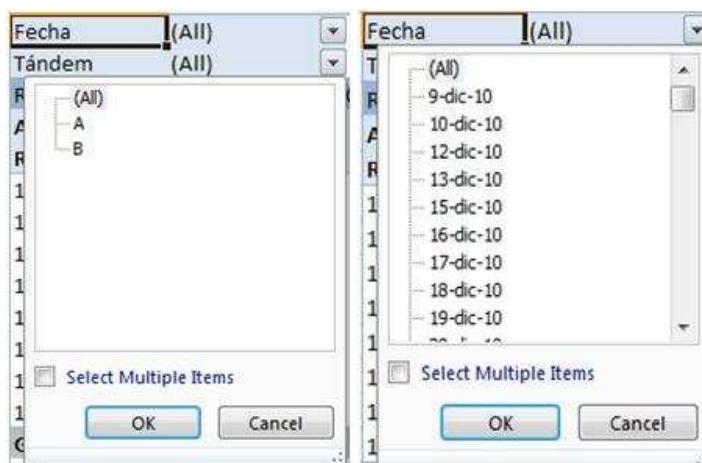
2) **Reporte CM por promedio cada 3 horas.** Con esa tabla el usuario puede obtener un promedio del CM cada tres horas, se relaciona el ID con la tabla debidamente mostrada anteriormente para saber que intervalo de tiempo es. El sistema despliega el CM promedio dependiendo el tipo de juego y el total, todo en promedio. En la parte final de la tabla se obtiene un promedio total.

El usuario debe seleccionar como se muestra en la Ilustración No. 70 la fecha y el tándem que quiere analizar, al seleccionar con el apuntador se desplegaran todas las opciones disponibles como se observa en la Ilustración No. 71.

ILUSTRACIÓN No. 70 TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS CM PROMEDIO CADA 3 HORAS

	A	B	C	D
1	Fecha	(All)		
2	Tándem	(All)		
3	REPORTE CM POR INTERVALOS DE CADA 3 HORAS			
4	Average of CM	Column Labels		
5	Row Labels	DILUIDO	PRIMARIO	Grand Total
6	1.1	2.11	1.92	2.01
7	1.2	1.94	1.78	1.86
8	1.3	1.90	1.74	1.82
9	1.4	1.87	1.75	1.81
10	1.5	2.01	1.83	1.92
11	1.6	2.12	1.86	1.99
12	1.7	2.15	2.00	2.08
13	1.8	2.21	2.00	2.10
14	Grand Total	2.04	1.86	1.95

ILUSTRACIÓN No. 71 TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS CM PROMEDIO CADA 3 HORAS, DESPLIEGUE



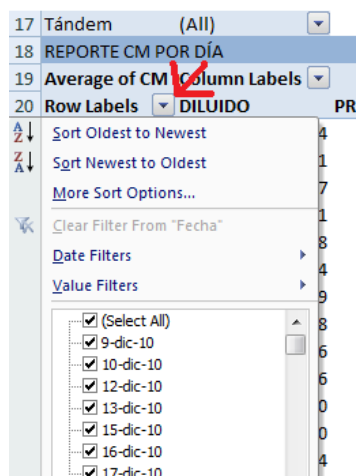
**3) Reporte CM promedio por día.** Con esta tabla el usuario puede obtener un promedio del CM por día. El sistema despliega el CM promedio dependiendo el tipo de jugo y el total, todo en promedio. En la parte final de la tabla se obtiene un promedio total.

El usuario debe de seleccionar como se muestra en la ILUSTRACIÓN No. 72 el tándem que quiere analizar, al seleccionar con el apuntador donde se muestra la flecha roja, se despliegan las opciones disponibles y luego se selecciona la fecha que se quiere analizar como se muestra en la ILUSTRACIÓN No. 73

ILUSTRACIÓN No. 72 TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS CM PROMEDIO POR DÍA

17	Tándem	(All)			
18	REPORTE CM POR DÍA				
19	Average of CM	Column Labels			
20	Row Labels	DILUIDO	PRIMARIO	Grand Total	
21	9-dic-10	2.04	1.93	1.98	
22	10-dic-10	1.21	1.05	1.13	
23	12-dic-10	1.37	1.35	1.36	
24	13-dic-10	1.51	1.44	1.47	
25	15-dic-10	1.68	1.68	1.68	

ILUSTRACIÓN No. 73 TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS CM PROMEDIO POR DÍA,  
DESPLIEGUE

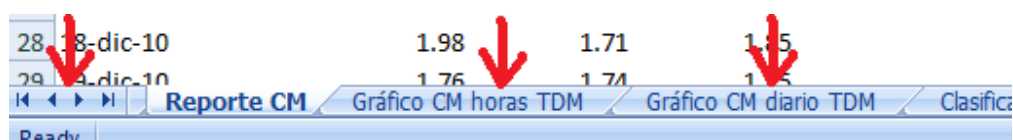


**4) Gráficas de ambos reportes.** El sistema le despliega gráficas de los reportes de CM promedio por cada 3 horas y por día, donde la gráfica se actualiza dependiendo de los datos seleccionados por parte del usuario.

Para poder visualizar las gráficas, el usuario debe de seleccionar con el apuntador la pestaña de la gráfica que quiera observar.

Si no se encuentran disponibles las pestañas mencionadas, la primera flecha roja de izquierda a derecha en la Imagen No. 74 indica donde se debe presionar hasta que sean visibles las pestañas de “Gráfico de CM horas TDM” y “Gráfico CM diario TDM”. Respectiva mente al presionar “Gráfica de CM horas TDM” el sistema lo re direcciona hacia la gráfica lineal de CM promedio de cada 3 horas, al seleccionar “Gráfico de CM diario TDM” el sistema muestra la gráfica de CM promedio por día/fecha.

ILUSTRACIÓN No. 74 PESTAÑAS PARA DIRECCIONAR A GRÁFICAS



Las gráficas que despliega para el análisis correspondiente de CM promedio por cada tres horas y por día/fecha son las siguientes Donde se muestra una relación entre el CM promedio día u horas dependiendo de lo seleccionado por el usuario.

ILUSTRACIÓN No. 75 GRÁFICA CM PROMEDIO POR CADA 3 HORAS

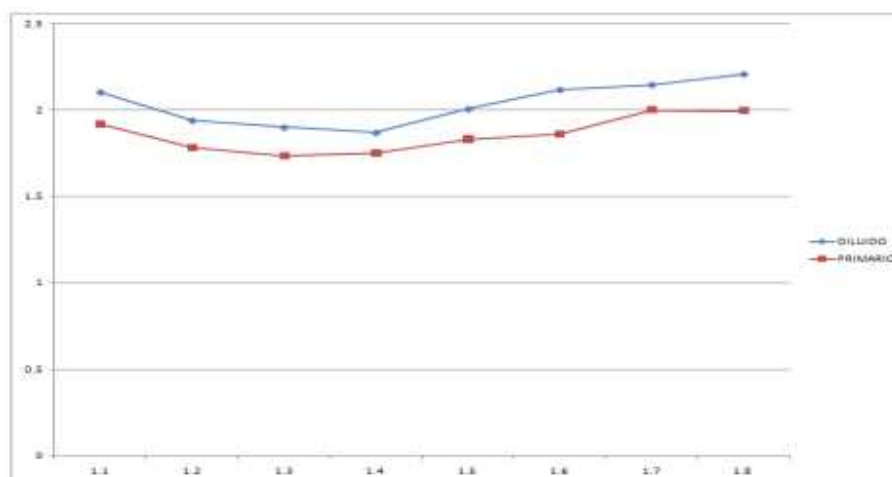


ILUSTRACIÓN No. 76 GRÁFICA CM PROMEDIO POR DÍA/FECHA



Posteriormente de haber analizado las gráficas, se selecciona la pestaña “Reporte CM” se retorna a la hoja donde se encuentran los reportes, en la parte superior de la hoja se tiene un botón para re direccionar al usuario nuevamente a la hoja de Ingreso de datos del área de Tándem.

## ILUSTRACIÓN No.77 GRÁFICA CM PROMEDIO POR DÍA/FECHA

1	Fecha	(All)	▼	
2	Tándem	(All)	▼	
3	REPORTE CM POR INTERVALOS DE CADA 3 HORAS			
4	Average of CM	Column Labels	▼	
5	Row Labels	DILUIDO	PRIMARIO	Grand Total
6	1.1	2.11	1.92	2.01
7	1.2	1.94	1.78	1.86
8	1.3	1.90	1.87	1.82
9	1.4	1.87	1.87	1.81
10	1.5	2.01	1.87	1.92
11	1.6	2.12	1.87	1.99
12	1.7	2.15	2.00	2.08

Average of CM  
Value: 1.74  
Row: 1.3  
Column: PRIMARIO

Ir a Ingreso de datos área de Tandem

5) **Clasificación de las muestras.** Con la opción de clasificación de las muestras, el usuario puede obtener información de la cantidad de CM críticos, malos, alerta y bueno existen para tipo de jugo, tándem y fecha. EL sistema le indica la cantidad de cada uno que hubo, no indica el CM que tuvo.

En la hoja de Ingreso de datos el usuario debe de seleccionar con el apuntador la opción de “ir a reporte de clasificación de muestras” allí el usuario puede utilizar la tabla dinámica seleccionando la opción que desee para interpretar los resultados.

El usuario tiene la opción de regresar al menú principal seleccionando la opción “ir a Ingreso de datos del área de Tándem” y luego selecciona “Inicio”

## ILUSTRACIÓN No. 78 TABLA DE CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS

Fecha	(All)	▼
Tándem	(All)	▼
Tipo de Jugo	(All)	▼
Row Labels	Count of ID	
amarillo	1378	
naranja	589	
rojo	381	
verde	3681	
<b>Grand Total</b>	<b>6029</b>	

Ir a Ingreso de Datos área de Tandem

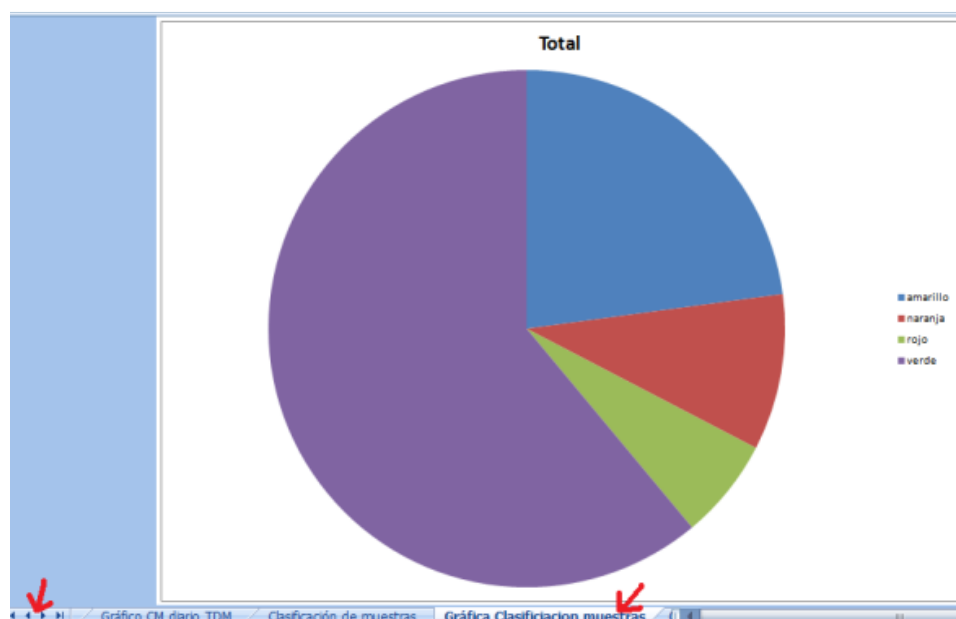
Para poder analizar los datos que el usuario desee, debe de seleccionar con el apuntador las opciones marcadas en la ILUSTRACIÓN NO. 78, el menú desplegara las opciones disponibles.

El usuario tiene la opción de regresar al menú principal seleccionado la opción “ir a Ingreso de datos del área de Tándem” y luego selecciona “Inicio”

**6) Gráfica de clasificación de las muestras.** Para poder visualizar la gráfica el usuario debe seleccionar con el apuntador la pestaña “Gráfica clasificación muestras”

Si no se encuentran disponibles la pestaña mencionada, la primera flecha Roja de izquierda a derecha en la ILUSTRACIÓN No. 79 indica donde se debe presionar hasta que sea visible la pestaña de “Gráfica clasificación muestras”, al presionar la pestaña, el sistema muestra la gráfica relacionada. Para regresar a los reportes se selecciona la pestaña “Clasificación de muestras”.

ILUSTRACIÓN No. 79 CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS



### 3. Área de caña

#### a. Ingreso de datos del área de caña.

ILUSTRACIÓN No. 80 TABLA INGRESO DE DATOS DEL ÁREA DE CAÑA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
	Interpretación	Intervalo	Color	Tipo	Corte				Fecha	Hora Inicial	Hora Final	Tipo	Corte	CM	Color	Código de Finca
	Bueno	0	verde	VERDE	MANUAL				10/03/2011	07:20	10:30		PRE-QUEMA	1.58		648
	Alerta	2	amarillo	QUEMA	MECANIZADO				10/03/2011	07:20	10:00		PRE-QUEMA	1.88		132
	Malo	2.5	naranja	N/A	PRE-COSECHA				10/03/2011	07:25	10:30		PRE-QUEMA	1.622		648
	Critico	3.00	rojo		PRE-COSECHA				10/03/2011	07:25	09:05		PRE-COSECHA	3.000		132

Seleccionado el “ingreso de datos del área de Caña” en el menú principal, el usuario se encontrara en la hoja de Excel mostrada en la ILUSTRACIÓN No. 80. El usuario deberá de ingresar 6 datos cada vez que quiere ingresar una muestra al sistema.

**1) Fecha (columna A).** Se debe de ingresar la fecha el día que se realizó la toma de muestras en el siguiente formato: dd/mm/aa, separando los días, meses y años por una diagonal (/) cada uno. Los días se ingresan con dos dígitos al igual que los meses, si es un número del 1-9, se agrega un número cero (0) antes del número de día o mes que es. En cuanto al año se ingresan los cuatro dígitos.

**2) Hora inicial y hora final (columna B y C).** Para ingresar la hora inicial y hora final, se utiliza un formato de 24 horas, el sistema lo transforma a un formato de 12 horas agregando el (am) o (pm) dependiendo de la hora de la muestra, sin embargo el usuario no observara el cambio en la hoja de Excel. Si el usuario desea ingresar una hora inicial o final de las 7 pm, debe de ingresar a la celda 19:00 y el programa lo convierte a 7:00:00 pm.

En lo que respecta a la Hora final, si una muestra fue tomada a las 11:30 pm y su hora final de viraje fue a las 2:00 am, el usuario debe de continuar con el formato de las 24 horas, para que el programa entienda que es del día siguiente debe de ingresar 26:00 equivalente a las 2:00 am, en caso de que hubiera sido 1:00 am se tiene que ingresar 25:00.

**3) Tipo (columna D).** El sistema no se encuentra programa para aceptar tres opciones como se observa en la tabla de la Imagen No. 80, para facilidad del usuario las opciones que

debe de ingresar son “VERDE”, “QUEMA” y “N/A” todas en mayúscula y sin espacios. Esto facilitara el análisis posterior que se le puede dar a cada muestra.

**4) Corte (columna E).** El sistema no se encuentra programado para aceptar únicamente cinco opciones como se observa en la tabla de la ILUSTRACIÓN No. 80, para facilidad del usuario las opciones que debe de ingresar son “MANUAL”, “MECANIZADO”, “PRE-QUEMA”, “PRE-COSECHA” y “COSECHA”, todas en mayúscula y sin espacios, los que llevan espacios se les agrega (-) en lugar de un espacio. Esto facilitará el análisis posterior que se le puede dar a cada muestra.

**5) Código de finca (columna Q).** En esta columna, el usuario debe de ingresar el número de finca de donde viene la caña, solamente agregando los números que le corresponden a cada finca. Para los números menores a 100 (1-99) el usuario debe de ingresar solamente el número correspondiente, sin agregarle un cero (0) antes.

**b. Para análisis del usuario.** Las columnas N y O, respectivamente CM y color son para interpretación del usuario, al haber ingresado los datos anteriores, el sistema proporciona los resultados de ambas columnas. Para ser interpretadas con una mayor facilidad se proporcionó una tabla hasta arriba de la hoja de Excel como se observa en la Imagen No.15

Se le proporcionó al sistema botones con hipervínculos, donde al terminar de ingresar los datos correspondientes, el usuario puede seleccionar la opción que desee, retornar al menú principal o ir al “CM por día, finca y tipo de corte”, “Promedio CM por finca”, “Promedio CM por día” y “Conteo de CM por día”, solo se le debe de hacer un click con el apuntador a donde quiere que se re-direccione.

ILUSTRACIÓN No. 81 BOTONES CON HIPERVÍNCULO EN INGRESO DE DATOS ÁREA DE CAÑA



Para retornar al menú de inicio, se debe seleccionar “Volver a Inicio”. En todos los reportes que el usuario puede ingresar, se colocó un botón de hipervínculo para que el usuario pueda regresar al sistema de ingreso de datos del área de caña, el usuario debe presionar el botón “Ir a ingreso de datos de Caña”.

ILUSTRACIÓN No.82 BOTÓN HIPERVÍNCULO EN HOJAS DE EXCEL

[Ir a ingreso de datos de Caña](#) ←

1) **CM por día, finca y tipo de corte, tabla y gráfica.** Al seleccionar la opción “CM por día, finca y tipo de corte” y sistema re direcciona al usuario a la hoja de Excel requerida. El sistema muestra una tabla dinámica, donde el usuario debe de seleccionar los factores que quiere que despliegue el sistema. Se selecciona la fecha, código de finca, tipo y corte. Posteriormente el sistema despliega una tabla de la cantidad de CM por intervalo y un promedio del CM por intervalo.

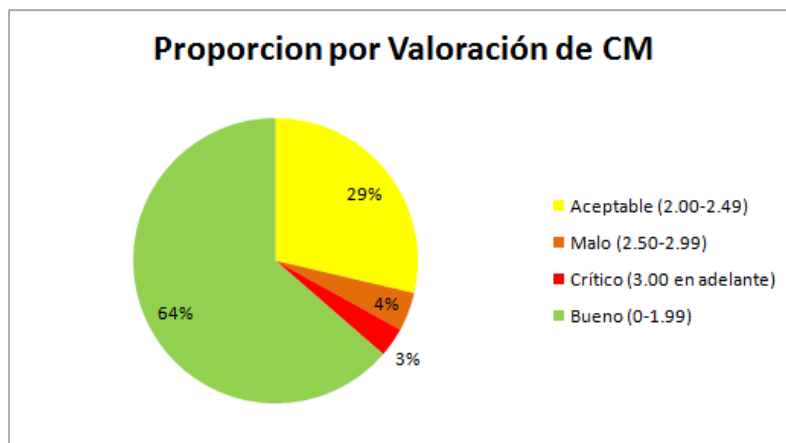
El sistema despliega una gráfica en la misma hoja para facilitar el análisis de los datos al usuario, la gráfica varía dependiendo de los datos seleccionados por el usuario.

ILUSTRACIÓN No.83 TABLA CM POR DÍA, FINCA Y TIPO DE CORTE

	A	B	C
1			
2	Fecha	(All)	←
3	Código de Finca	(All)	←
4	Tipo	(All)	←
5	Corte	(All)	←
6			
7	<b>Valores</b>		
8	<b>Row Labels</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Cuenta de CM</b>	<b>Promedio de CM</b>
9	Aceptable (2.00-2.49)	1206	2.19
10	Malo (2.50-2.99)	184	2.57
11	Crítico (3.00 en adelante)	141	4.64
12	Bueno (0-1.99)	2679	1.53
13	<b>Grand Total</b>	<b>4210</b>	<b>1.87</b>
14			
15			
16			
17			

Al seleccionar un factor, el sistema desplegara todas sus opciones, el usuario debe de seleccionar la opción requerida o marca “All” para seleccionar todas las opciones.

ILUSTRACIÓN No.84 GRÁFICA CM POR DÍA, FINCA Y TIPO DE CORTE



2) **Promedio CM por finca.** Al seleccionar la opción “Promedio CM por finca” y sistema re direcciona al usuario a la hoja de Excel requerida. El sistema muestra una tabla dinámica, donde el usuario debe de seleccionar los factores que quiere que despliegue el sistema. Se selecciona la fecha, tipo y corte. En la parte Inferior de la tabla, el sistema despliega el CM promedio de la finca en los factores seleccionados y en la parte inferior de la tabla despliega el promedio de CM total.

El sistema despliega una gráfica en la misma hoja para facilitar el análisis de los datos al usuario, la gráfica varía dependiendo de los datos seleccionados por el usuario.

ILUSTRACIÓN No. 85 PROMEDIO CM POR FINCA

	A	B	C
1			
2	Fecha	{All}	←
3	Tipo	{All}	←
4	Corte	{All}	←
5			
6	Cófigos de Finca	Promedio de CM	
7	1	#DIV/0!	
8	4	1.97	
9	5	1.63	
10	6	1.95	
11	7	1.81	
12	8	1.87	
13	9	1.61	
14	11	1.83	
15	12	2.09	
16	13	2.40	
17	14	1.88	
18	15	1.87	
19	16	1.76	
20	19	1.95	

Se selecciona el factor que se desee cambiar, luego el sistema desplegara todas las opciones posibles para escoger en cada factor o se selecciona "All" para que el sistema despliegue todas las opciones posibles.

ILUSTRACIÓN No. 86 PROMEDIO CM POR FINCA, DESPLIEGUE

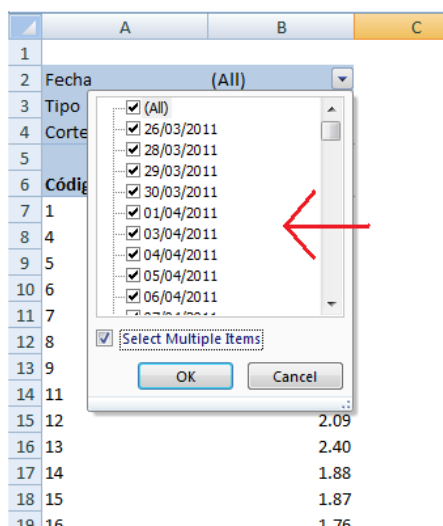
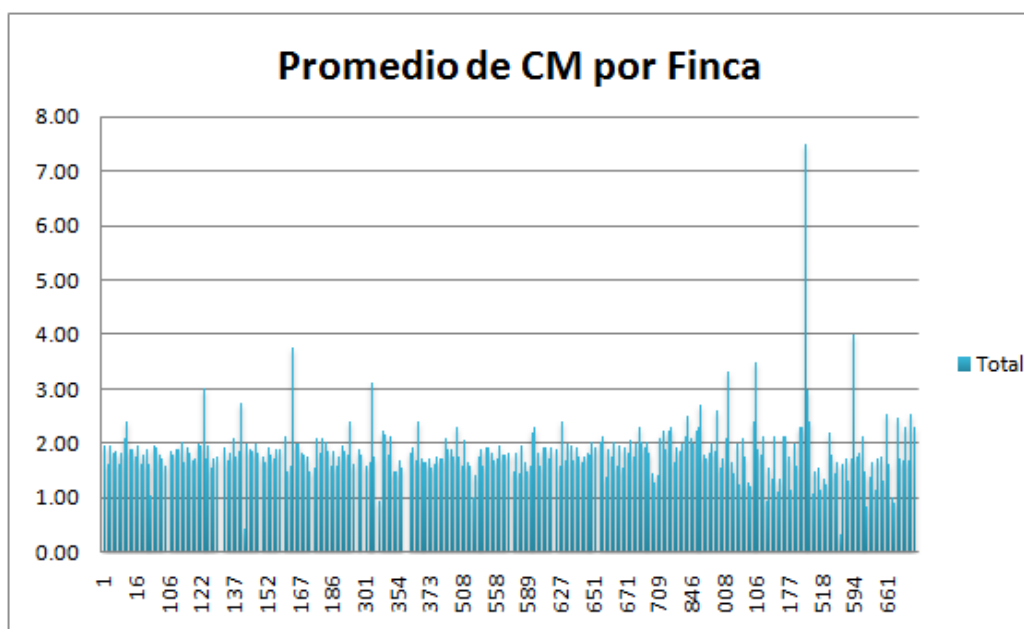


ILUSTRACIÓN No. 87 GRÁFICA PROMEDIO CM POR FINCA



**3) Promedio CM por día.** Al seleccionar la opción “Promedio CM por día” y sistema re direcciona al usuario a la hoja de Excel requerida. El sistema muestra una tabla dinámica, donde el usuario debe de seleccionar los factores que quiere que despliegue el sistema. Se selecciona el código de la finca, es importante que en la columna B y D donde se selecciona el factor, que se ingrese o todas las fincas “all” o se seleccione la misma finca, como se observa en la imagen No. 88. En la parte inferior de la tabla, el sistema despliega el CM promedio por día de los factores seleccionados, el conteo de CM por día y en la parte inferior de la tabla despliega el promedio de CM total y la cantidad de CM tomados en cuenta. El sistema despliega una gráfica en la misma hoja para facilitar el análisis de los datos al usuario, la gráfica varía dependiendo de los datos seleccionados por el usuario.

ILUSTRACIÓN No. 88 PROMEDIO CM POR DÍA

	A	B	D
1	Código de Finca	4	4
2			
3	Fechas	Promedio de CM	Cuenta de CM
4	28/12/2010	1.40	1
5	08/02/2011	2.50	1
6	14/02/2011	2.17	1
7	21/02/2011	1.94	2
8	10/03/2011	2.18	1
9	17/03/2011	1.27	17
10	18/03/2011	7.50	2
11	19/03/2011	1.60	1
12	22/03/2011	1.60	11
13	07/04/2011	1.78	2
14	08/04/2011	1.88	5
15	11/04/2011	1.58	1
16	12/04/2011	1.76	1
17	13/04/2011	1.43	3
18	15/04/2011	1.71	1
19	19/01/2011	2.31	4
20	<b>Grand Total</b>	<b>1.97</b>	<b>54</b>

Se selecciona el factor que se desea cambiar, luego el sistema desplegará todas las opciones posibles para escoger en cada factor o se selecciona “All” para que el sistema despliegue todas las opciones posibles.

ILUSTRACIÓN No. 89 PROMEDIO CM POR DÍA DESPLIEGUE

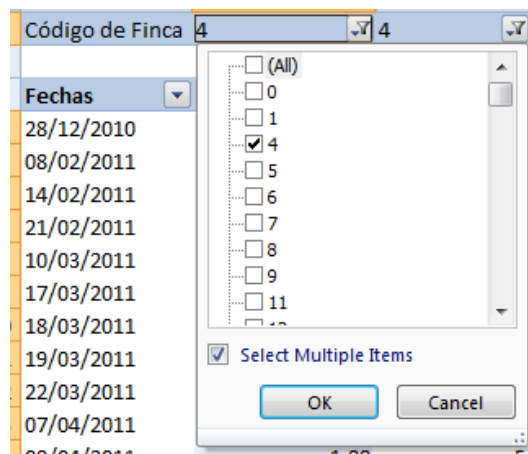
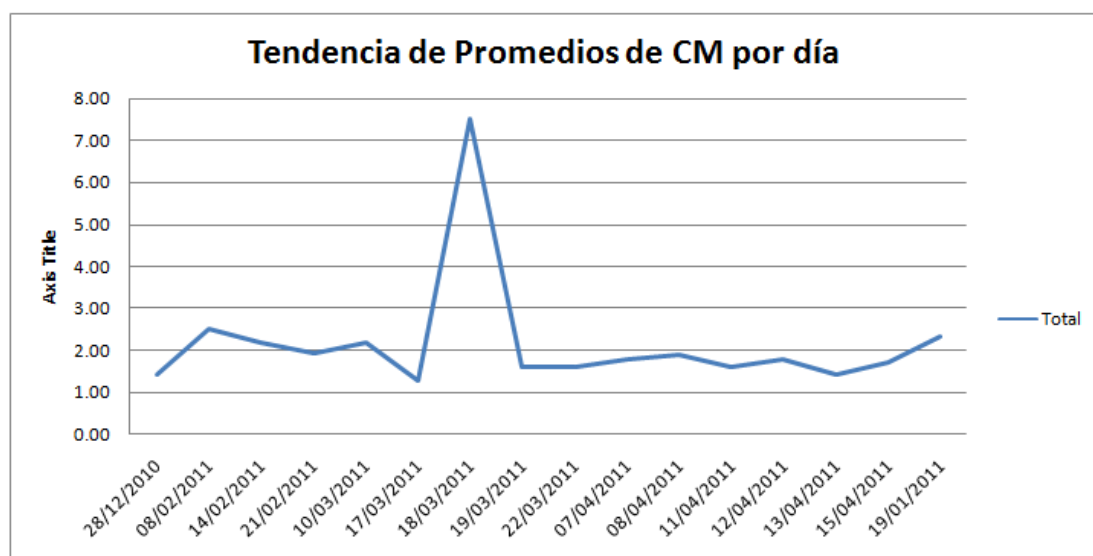


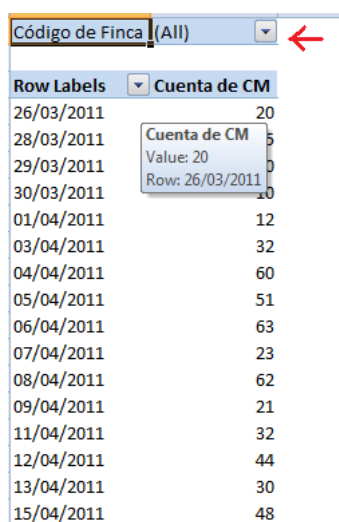
ILUSTRACIÓN No. 90 PROMEDIO CM POR DÍA



**4) Conteo CM por día.** Al seleccionar la opción “Conteo CM por día” y sistema re direcciona al usuario a la hoja de Excel requerida. El sistema muestra una tabla dinámica, donde el usuario debe de seleccionar los factores que quiere que despliegue el sistema. Se selecciona el código de la finca. En la parte Inferior de la tabla, el sistema despliega el conteo de CM por día de los factores seleccionados y al final de la tabla la cantidad de CM tomados en cuenta.

El sistema despliega una gráfica en la misma hoja para facilitar el análisis de los datos al usuario, la gráfica varía dependiendo de los datos seleccionados por el usuario.

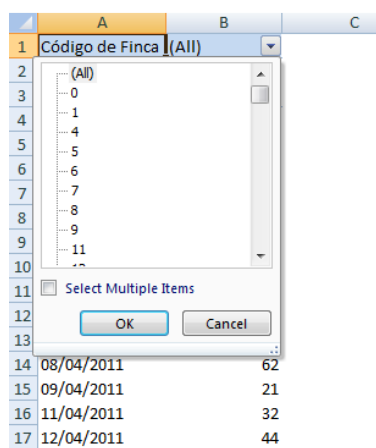
ILUSTRACIÓN No. 91 TABLA CONTEO CM POR DÍA



Row Labels	Cuenta de CM
26/03/2011	20
28/03/2011	5
29/03/2011	0
30/03/2011	10
01/04/2011	12
03/04/2011	32
04/04/2011	60
05/04/2011	51
06/04/2011	63
07/04/2011	23
08/04/2011	62
09/04/2011	21
11/04/2011	32
12/04/2011	44
13/04/2011	30
15/04/2011	48

Se selecciona el factor que se desea cambiar, luego el sistema desplegará todas las opciones posibles para escoger en cada factor o se selecciona "All" para que el sistema despliegue todas las opciones posibles.

ILUSTRACIÓN No. 92 PROMEDIO CM POR DÍA, DESPLIEGUE



	A	B	C
1	Código de Finca (All)		
2	(All)		
3	0		
4	1		
5	4		
6	5		
7	6		
8	7		
9	8		
10	9		
11	11		
12			
13			
14	08/04/2011	62	
15	09/04/2011	21	
16	11/04/2011	32	
17	12/04/2011	44	

ILUSTRACIÓN No. 93 PROMEDIO CM POR DÍA

