

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Excelencia que trasciende

DEL VALLE
GRUPO EDUCATIVO

**DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL
SISTEMA DE CONTROL MICROBIOLÓGICO EN LA
INDUSTRIA AZUCARERA**

Trabajo de graduación presentado por

Edgar Enrique Aldana Wellmann, Diego José Barneond González,
Gabriela Franco Morán y Karla María Ortiz Campos para optar al grado
académico de Licenciados en Ingeniería Industrial; y por
Anaité Aguirre Muralles, Javier Emilio Castellanos Rodríguez y Crista
Pricila Villatoro Delgado para optar al grado académico de Licenciados en
Ingeniería Química.

Guatemala,
2013

**DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL
SISTEMA DE CONTROL MICROBIOLÓGICO EN LA
INDUSTRIA AZUCARERA**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Excelencia que trasciende

DEL VALLE
GRUPO EDUCATIVO

Título general del megaproyecto

**DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE
CONTROL MICROBIOLÓGICO EN LA INDUSTRIA AZUCARERA**

Trabajo de graduación presentado por

Edgar Enrique Aldana Wellmann, Diego José Barneond González, Gabriela Franco Morán y Karla María Ortiz Campos para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Industrial; y por Anaitté Aguirre Muralles, Javier Emilio Castellanos Rodríguez y Crista Pricila Villatoro Delgado para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Química.

Guatemala,
2013

Vo. Bo. :

(f)



Lic. Osbel Nuñez

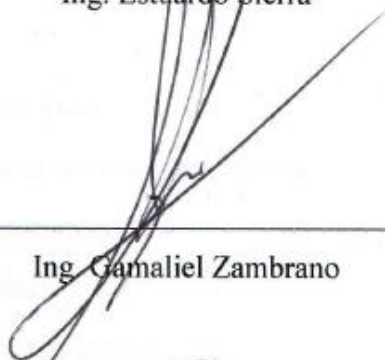
Tribunal Examinador

(f)



Ing. Estuardo Sierra

(f)



Ing. Gamaliel Zambrano

(f)



Lic. Osbel Nuñez

Fecha de aprobación: Guatemala, 07 de Febrero de 2013.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	vi
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	xx
LISTA DE TABLAS	xxvi
LISTA GRÁFICA.....	xxxí
RESUMEN	xxxv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	2
A. El origen de la caña de azúcar.....	2
B. Historia de la industria azucarera guatemalteca	2
C. Sector azucarero guatemalteco	7
D. Historia Ingenio Pantaleón	8
E. Proceso de producción del azúcar	12
1. Corte, Alce y Transporte (CAT)	12
2. Recepción de caña de azúcar	13
3. Molienda	14
4. Sulfitación y clarificación.....	14
5. Filtros de cachaza.....	16
6. Evaporación	16
7. Cristalización.....	17
8. Separación centrifuga.....	18
9. Secado y enfriado del azúcar	18
10. Empaque.....	19

11. Refinado.....	19
F. Generalidades de los sistemas de corte según el Ingenio Pantaleón	19
1. Corte manual	20
2. Corte mecanizado.....	21
G. Actividad Torre de Control.....	22
H. Actividades de trabajo de los operarios en el laboratorio de caña	27
I. Área de trabajo de patio	30
1. Importancia de la caña en el patio.....	32
a. Flujo constante.....	32
J. Microorganismos para el proceso	33
1. Pérdidas de sacarosa	33
2. Características físico-químicas de los jugos	34
3. Pérdidas indeterminadas	34
4. Contaminación microbiológica.....	35
5. Control de la actividad microbiológica	35
K. Fundamentos analíticos	36
1. Test de la Resazurina	36
2. Fermentación espontánea	37
3. Capacidad buffer.....	38
4. Elongación de cristales.....	38
5. Agentes biocidas.....	38
L. Aplicación de la Ingeniería Industrial.....	39
1. Control de las operaciones	40
2. Técnicas para medir el trabajo	40
3. Diagramas de flujo del proceso	41
4. Método de observación	42

5.	Ingeniería de valor	43
6.	Capacitación	44
7.	Registros diarios	45
8.	Métodos, estándares y diseño del trabajo	45
9.	Ingeniería de métodos	46
10.	Estudio de tiempos	46
11.	Método de observación	46
12.	Seguridad industrial	46
13.	Gestión de calidad y métodos de manufactura esbelta (Kanban)	47
14.	Análisis FODA:.....	47
15.	Realización de un DERCAS:	48
16.	Análisis de costos:	49
17.	Evaluación de metas:	49
M.	Antecedentes inmediatos	50
III.	JUSTIFICACIÓN	54
IV.	OBJETIVOS.....	56
V.	METODOLOGÍA.....	57
A.	Análisis de los datos generales obtenidos de los resultados del control microbiológico de la caña en la zafra analizada (2011-2012)	57
B.	Observación y análisis de actividades de campo.....	57
C.	Implementación de lazos operativos con las áreas involucradas	57
D.	Establecimiento de registros adicionales para el soporte de la actividad.	57
E.	Evaluación general del resultado del trabajo y proyección futura	57
F.	Aspectos generales	58
G.	Aspectos específicos	59
1.	Evaluación de procedimientos actuales del manejo de la caña en el patio	59

H.	Propuesta de nueva metodología para el manejo de caña en el patio	60
I.	Implementación y evaluación preliminar de la metodología propuesta	60
J.	Evaluación de mejoras establecidas en zafra 2011-2012.....	61
1.	Estudio de la documentación con propuestas y procedimientos de la zafra anterior.....	61
2.	Observación de campo sobre el cumplimiento, viabilidad y oportunidades de mejora en el sistema anterior.	61
3.	Selección de los elementos sujetos a mejoras en el procedimiento de limpieza.....	61
4.	Redacción del instructivo mejorado del procedimiento de limpieza del tándem. (Procedimiento, Seguridad Industrial, Riesgos)	62
a.	Redacción y presentación del instructivo preliminar a la dirección del departamento de extracción de jugo.	62
b.	Acuerdo sobre los aspectos definitivos del instructivo.	62
c.	Redacción y presentación del instructivo final.....	62
5.	Monitoreo y evaluación de la implementación del instructivo mejorado del procedimiento de limpieza en el tándem.	63
a.	Observación y toma de tiempos del procedimiento de limpieza.	63
b.	Elaboración de hojas de registro para toma de tiempos y calidad de limpieza.	64
c.	Elaboración de material audiovisual para capacitación de operarios.	64
6.	Implementación de métodos de comunicación entre el control operativo microbiológico y los operarios del tándem.	64
a.	Determinación de aspectos a mejorar en la comunicación de ambas áreas operativas.	64
7.	Desarrollo y presentación de métodos de comunicación en el tándem. (Técnicas de manufactura esbelta y Gestión de Calidad).....	65
8.	Evaluación de los costos asociados al uso de desinfectantes como complemento de la limpieza en el tándem.	66

a.	Cotización de los distintos tipos de desinfectantes disponibles en el mercado para la agroindustria.	66
9.	Comparación de los distintos desinfectantes según cantidades de aplicación requeridas por análisis realizado por Ingenieros Químicos. (Análisis de Costos).....	66
K.	Determinación de la dosis óptima de aplicación de bactericida a escala de laboratorio.....	66
L.	Evaluación de la representatividad del jugo primario como indicador de la calidad de la caña que entra a los molinos.	67
M.	Evaluación de la actividad microbiológica del tanque de jugo diluido.	69
N.	Evaluación de la influencia de diferentes dosis de bactericida en varios puntos, sobre la disminución de la actividad microbiológica en el jugo diluido.	71
O.	Evaluar preliminarmente la utilización de dispositivo para aplicar bactericida en puntos de difícil acceso.	72
P.	Levantamiento del área de tratamiento de lodos.	74
Q.	Estudio de las temperaturas del área del tratamiento de lodos.	74
R.	Estudio de las características microbiológicas de los lodos de los filtros de vacío. .	75
S.	Desarrollo de un modelo a escala laboratorio del proceso de clarificación y evaporación para medir efectos de la actividad microbiológica.....	80
T.	Evaluación de la relación entre la velocidad de sedimentación, proporción de lodos y la actividad microbiológica en jugo sulfitado y estimar pérdidas asociadas.....	82
U.	Evaluar la relación entre actividad microbiológica en jugo sulfitado, la necesidad de cal para ajustar pH y el aumento de incrustaciones en evaporadores.....	83
V.	Seleccionar el número óptimo de campos a observar en la determinación del coeficiente de la elongación de cristales de masas cocidas.	84
W.	Observación de campo.....	84

X.	Análisis de la base de datos actual	84
Y.	Determinación de aspectos a mejorar de la base de datos actual	85
Z.	Implementación de las mejoras en los aspectos seleccionados de la base de datos actual.	85
AA.	Redacción de DERCAS para sustituir el sistema actual por uno más acorde a las necesidades de información y decisiones operativas	86
BB.	Estimación de consumo adicional de productos y problemas operativos en el área de tratamiento de jugo provocados por la actividad microbiana	86
CC.	Estimación de costos adicionales en el área de tratamiento de jugo provocado por la actividad	87
DD.	Diseño de un método para evaluar el cumplimiento de las metas de los integrantes del proyecto	89
EE.	Implementación del método para evaluar la participación de los integrantes del proyecto	89
FF.	Evaluación del cumplimiento de metas con el método implementado	90
VI.	RESULTADOS	91
A.	Análisis de los datos generales obtenidos de los resultados del control microbiológico de la caña en la zafra analizada (2011-2012)	91
1.	Resultados general del Coeficiente Microbiológico	91
2.	Resultados de CM por sistemas de corte	91
3.	Resultados del sistema de base de datos	92
4.	Resultados de CM por fincas	93
B.	MANEJO DE CAÑA EN EL PATIO	96
C.	TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS	97
	Resultado de caña verde	100
D.	OBSERVACIONES	101
E.	FORMULACIÓN DE NUEVA METODOLOGÍA	103

	Principios para el manejo de la caña en el patio.....	103
	1. Manejo de caña según escenarios	104
	2. Controles operativos.....	107
F.	PRESENTACIÓN A PERSONAL INVOLUCRADO DEL MANEJO DE CAÑA EN EL PATIO.....	109
G.	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	110
	1. Capacitación	111
	2. Área de patio.....	111
H.	EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA IMPLEMENTADA	111
	1. Cumplimiento de la metodología	112
I.	Evaluación de mejoras establecidas en zafra 2011-2012.....	112
J.	Redacción del instructivo mejorado del procedimiento de limpieza del tándem. (Procedimiento, Seguridad Industrial, Riesgos).....	113
K.	Monitoreo y evaluación de la implementación del instructivo mejorado del procedimiento de limpieza en el tándem.	113
L.	Implementación de métodos de comunicación entre el control operativo microbiológico y los operarios del tándem.	117
M.	Evaluación de los costos asociados al uso de desinfectantes como complemento de la limpieza en el tándem.	117
N.	Análisis de dosis óptima de aplicación de bactericida a escala de laboratorio.....	118
O.	Representatividad del jugo primario como indicador de la calidad de la caña que entra a los molinos.	120
P.	Análisis de la actividad microbiológica del tanque de jugo diluido.....	122
Q.	Influencia de diferentes dosis de bactericida en varios puntos, sobre la disminución de la actividad microbiológica en el jugo diluido.	126
R.	Evaluar preliminarmente la utilización de dispositivo para aplicar bactericida en puntos de difícil acceso.	128

S.	Levantamiento del área de tratamiento de lodos.	132
T.	Temperaturas del área del tratamiento de lodos.....	133
U.	Características microbiológicas de los lodos de los filtros de vacío.	134
	1. Fermentación espontánea	134
	2. Fermentación espontánea a diferentes concentraciones de bactericida	136
	3. Cálculo de las pérdidas de sacarosa asociadas a la actividad microbiológica a partir de la Fermentación espontánea	139
	4. Test de resazurina	140
	5. Conteo de microorganismos.....	141
	6. Consideraciones generales	141
V.	Desarrollo de un modelo a escala laboratorio del proceso de clarificación y evaporación para medir efectos de la actividad microbiológica.....	143
W.	Evaluación de la relación entre la velocidad de deposición, proporción de lodos y la actividad microbiológica en jugo sulfitado. Estimación de pérdidas asociadas.....	144
	1. Relación entre CM promedio y velocidad de deposición.....	144
X.	Evaluación de la relación entre actividad microbiológica en jugo sulfitado, la necesidad de cal para ajustar pH y el aumento de incrustaciones en evaporadores.....	145
	2. Relación entre necesidad de cal para ajustar pH y coeficiente microbiológico.....	145
	3. Incrustaciones asociadas a incremento de actividad microbiológica	146
	4. Resultado de la fermentación espontánea en relación al test de resazurina..	148
Y.	Selección el número óptimo de campos a observar en la determinación del coeficiente de la elongación de cristales de masas cocidas.	148
Z.	Análisis de la base de datos actual	151
	1. FODA Excel	151

2.	FODA Sistema Web.....	152
AA.	Determinación e implementación de aspectos a mejorar de la base de datos actual.....	153
BB.	Redacción de DERCAS para sustituir el sistema actual por uno más acorde a las necesidades de información y decisiones operativas	154
CC.	Estimación de consumo adicional de productos y problemas operativos en el área de tratamiento de jugo provocados por la actividad microbiana.....	154
1.	Consumo adicional de productos debido a un incremento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado	154
a.	Cantidad de sacarato por aumento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado.....	154
b.	Cantidad de cal por aumento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado	156
c.	Cantidad de agua por aumento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado	156
d.	Cantidad de jugo clarificado por aumento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado	157
e.	Cantidad de meladura por aumento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado	158
2.	Consumo adicional de productos debido a un incremento de 0.933 en el CM del jugo diluido	159
a.	Cantidad de sacarato por aumento de 0.933 en el CM del jugo diluido.....	161
b.	Cantidad de cal por aumento de 0.933 en el CM del jugo diluido.....	161
DD.	Estimación de costos adicionales en el área de tratamiento de jugo provocado por la actividad microbiológica	162
1.	Estimación de costos adicionales causados por el incremento en el CM del jugo diluido	162
2.	Estimación de costos debido a la pérdida de azúcar por el incremento de lodos.....	163
EE.	Diseño e implementación de un método para evaluar el cumplimiento de las metas y la participación de los integrantes del proyecto y evaluación del cumplimiento de metas con el método implementado	170

VII. DISCUSIÓN.....	174
A. Análisis de los datos generales obtenidos de los resultados del control microbiológico de la caña en la zafra analizada (2011-2012).....	174
1. Análisis de resultados zafra 2011- 2012	174
2. Resultados general del Coeficiente Microbiológico.....	174
3. Resultados de CM por sistemas de corte.....	175
4. Resultados del sistema de base de datos.....	175
5. Resultados de CM por fincas.....	177
B. Observación y análisis de la Implementación de lazos operativos con las áreas involucradas.....	179
1. Observación, análisis de control microbiológico y establecimiento de lazo operativo con área de tándem	179
2. Observación de actividad y establecimiento de lazo operativo con jefe de turno de fábrica	181
3. Observación, análisis y establecimiento de lazo operativo con área de ARTV, dirección de cosecha (planificación de corte).....	181
C. Establecimiento de registros adicionales para el soporte de la actividad	186
D. Evaluación general del resultado del trabajo y proyección futura	187
1. Presentación a gerencia agrícola e industrial.....	187
E. MANEJO DE CAÑA EN EL PATIO	187
F. TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS.....	188
G. OBSERVACIONES	190
H. FORMULACIÓN DE NUEVA METODOLOGÍA.....	192
1. Principios para el manejo de la caña en el patio	192
2. Que la caña en el patio no permanezca más de seis horas almacenada	193
3. Reducir la cantidad de caña maltratada en el patio	193

4.	Mantener volúmenes de caña adecuados en el patio	193
5.	El manejo de dos áreas en el patio	194
6.	Control Operativo de patio	195
7.	Control Operativo Microbiológico de Laboratorio de Caña	196
8.	Manejo de la caña según escenarios	198
a.	Caña maleteada.....	198
b.	Demanda inmediata por emergencia.....	199
c.	Trabajo Estándar I	199
d.	Trabajo Estándar II	199
I.	PRESENTACIÓN A PERSONAL INVOLUCRADO DEL MANEJO DE CAÑA EN EL PATIO.....	200
1.	Comentarios y Sugerencias realizados por el personal encargado del manejo de cana en el patio.....	200
J.	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	201
I.	Capacitación	201
II.	Área de patio.....	201
K.	EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA IMPLEMENTADA	202
1.	Cumplimiento de la metodología	202
a.	Área de patio.....	202
b.	Laboratorio de caña	202
L.	Evaluación de mejoras establecidas en zafra 2011-2012.....	202
M.	Redacción del instructivo mejorado del procedimiento de limpieza del tándem. (Procedimiento, Seguridad Industrial, Riesgos)	203
N.	Monitoreo y evaluación de la implementación del instructivo mejorado del procedimiento de limpieza en el tándem.	203
O.	Implementación de métodos de comunicación entre el control operativo microbiológico y los operarios del tándem.	205

P.	Evaluación de los costos asociados al uso de desinfectantes como complemento de la limpieza en el tándem.	206
Q.	Análisis de dosis óptima de aplicación de bactericida a escala de laboratorio.	207
R.	Representatividad del jugo primario como indicador de la calidad de la caña que entra a los molinos.	208
S.	Análisis de la actividad microbiológica del tanque de jugo diluido.	210
T.	Influencia de diferentes dosis de bactericida en varios puntos, sobre la disminución de la actividad microbiológica en el jugo diluido.	212
U.	Evaluar preliminarmente la utilización de dispositivo para aplicar bactericida en puntos de difícil acceso	214
V.	Levantamiento del área de tratamiento de lodos.	215
W.	Temperaturas del área del tratamiento de lodos.	217
X.	Características microbiológicas de los lodos de los filtros de vacío.	217
	1. Fermentación espontánea	217
	2. Fermentación espontánea a diferentes concentraciones de bactericida	218
	3. Cálculo de las pérdidas de sacarosa asociadas a la actividad microbiológica a partir de la Fermentación Espontánea	218
	4. Test de resazurina	219
	5. Conteo de microorganismos	219
	6. Consideraciones generales	220
Y.	Desarrollo de un modelo a escala laboratorio del proceso de clarificación y evaporación para medir efectos de la actividad microbiológica	221
Z.	Evaluación de la relación entre la velocidad de deposición, proporción de lodos y la actividad microbiológica en jugo sulfitado. Estimación de pérdidas asociadas.	221
	1. Relación entre CM promedio y velocidad de deposición.	221
	2. Estimación de pérdidas de lodos debido a actividad microbiana	223

AA.	Evaluación de la relación entre actividad microbiológica en jugo sulfitado, la necesidad de cal para ajustar pH y el aumento de incrustaciones en evaporadores.....	224
1.	Relación entre necesidad de cal para ajustar pH y coeficiente microbiológico	224
2.	Incrustaciones asociadas a incremento de actividad microbiológica	225
3.	Resultado de la fermentación espontánea en relación al test de resazurina..	226
BB.	Selección el número óptimo de campos a observar en la determinación del coeficiente de la elongación de cristales de masas cocidas.	226
1.	Comentario final.....	229
CC.	Análisis de la base de datos actual	229
DD.	Determinación e implementación de aspectos a mejorar de la base de datos actual	230
EE.	Redacción de DERCAS para sustituir el sistema actual por uno más acorde a las necesidades de información y decisiones operativas	234
FF.	Estimación de consumo adicional de productos y problemas operativos en el área de tratamiento de jugo provocados por la actividad microbiana	236
GG.	Estimación de costos adicionales en el área de tratamiento de jugo provocado por la actividad microbiológica	237
HH.	Diseño e implementación de un método para evaluar el cumplimiento de las metas y la participación de los integrantes del proyecto y evaluación de cumplimiento de metas con el método implementado	238
VIII.	CONCLUSIONES	240
IX.	RECOMENDACIONES	242
X.	BIBLIOGRAFÍA	244
XI.	ANEXOS	254
A.	Apéndice 1	254
B.	Apéndice 2.....	259

C.	Apéndice 3.....	261
D.	Apéndice 4.....	262
E.	Apéndice 5.....	281
F.	Apéndice 6.....	297
G.	Apéndice 7.....	305
XII.	GLOSARIO.....	360
XIII.	ABREVIATURAS.....	367

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración No. 1	– Fotografía panorámica del Ingenio Pantaleón en 2011	10
Ilustración No. 2	– Mapa de ubicación, Pantaleón Guatemala	10
Ilustración No. 3	– Capacidad instalada, Pantaleón	12
Ilustración No. 4	– Recepción de caña.....	13
Ilustración No. 5	– Molienda de caña	14
Ilustración No. 6	– Clarificadores de jugo	15
Ilustración No. 7	– Filtros de cachaza.....	16
Ilustración No. 8	– Evaporadores de jugos	17
Ilustración No. 9	– Batería de tachos	17
Ilustración No. 10	– Bombas centrífugas.....	18
Ilustración No. 11	– Secadora de azúcar.....	18
Ilustración No. 12	– Empaque y almacenamiento de azúcar	19
Ilustración No. 13	– Torre de control e ingreso de camiones al ingenio.....	22
Ilustración No. 14	– Báscula de Ingenio Pantaleón	23
Ilustración No. 15	– Carriles de espera, salida y entrada	24
Ilustración No. 16	– Carril de acceso rápido para entrar a la fábrica	25
Ilustración No. 17	– Área de descarga en mesa receptora	26
Ilustración No. 18	– Borde de descarga en patio	26
Ilustración No. 19	– Laboratorio de caña y área <i>Core Sampler</i>	27
Ilustración No. 20	– Baños térmicos para test de resazurina	29
Ilustración No. 21	– Cambio de color que sufre el jugo de caña en el test de resazurina	30
Ilustración No. 22	– Toma de muestra en <i>Core Sampler</i>	31
Ilustración No. 23	– Mesas de descarga de caña.....	31
Ilustración No. 24	– Conductor.....	32
Ilustración No. 25	– Áreas en las que se divide un molino del ingenio	63
Ilustración No. 26	– Descripción del proceso a seguir para llevar a cabo el análisis de la dosis óptima de bactericida a escala laboratorio.....	67
Ilustración No. 27	– Prensa de fibra ubicada en el laboratorio de caña del Ingenio Pantaleón.....	68
Ilustración No. 28	– Descripción del proceso a seguir para llevar a cabo el análisis del jugo primario como indicador de la calidad de la caña que entra a los molinos.	69

Ilustración No. 29 – Puntos a evaluar en el tanque de jugo diluido del tándem A, para determinar la influencia microbiológica en los mismos	70
Ilustración No. 30 – Puntos a evaluar en el tanque de jugo diluido del tándem B, para determinar la influencia microbiológica en los mismos	70
Ilustración No. 31 – Descripción del proceso a seguir para llevar a cabo el análisis de la actividad microbiológica del tanque de jugo diluido	71
Ilustración No. 32 – Descripción del proceso a seguir para llevar a cabo la instalación del embudo en los tanques de jugo diluido de ambos tándemes	72
Ilustración No. 33 – Descripción del proceso a seguir para llevar a cabo la evaluación de la aplicación de bactericidas en los puntos ubicados en el fondo del tanque.....	73
Ilustración No. 34 – Ubicación de dispositivo auxiliar colocado en el tanque de jugo diluido del tándem A.	73
Ilustración No. 35 – Ubicación de dispositivo auxiliar colocado en el tanque de jugo diluido del tándem B.	74
Ilustración No. 36 – Toma de temperatura del filtro 3 y 6.....	75
Ilustración No. 37 – Diagrama de flujo del desarrollo de la prueba de fermentación espontánea.	76
Ilustración No. 38 – Toma de muestras de lodo del filtro 5 y el tanque de distribución.....	77
Ilustración No. 39 – Sistema utilizado para la incubación de las muestras a 55°C.....	77
Ilustración No. 40 – Forma de incubación de las muestras de las 2 corridas.....	78
Ilustración No. 41 – Método para la medición del PH inicial, a las tres y cuatro horas de incubación	78
Ilustración No. 42 – Test de resazurina para las muestras de lodo, en incubación.	79
Ilustración No. 43 – Recolección de muestras en fábrica para elaboración de método a escala laboratorio del proceso de clarificación y evaporación	81
Ilustración No. 44 – Simulación a escala laboratorio del proceso de clarificación.....	81
Ilustración No. 45 – Simulación a escala laboratorio del proceso de evaporación	82
Ilustración No. 46 – Jugo clarificado y proporción de lodos en método a escala laboratorio.....	83
Ilustración No. 47 – Coeficiente microbiológico promedio por día.....	91
Ilustración No. 48 – Diagrama de operaciones del manejo de caña en patio	96
Ilustración No. 49 – Promedio de CM para caña de granel	97
Ilustración No. 50 – Promedio de CM para caña verde	98
Ilustración No. 51 – Hoja de cálculo “muestreo de caña de granel”	99
Ilustración No. 52 – Hoja de cálculo “muestreo de caña verde”	100
Ilustración No. 53 – Diagrama de causa y efecto.....	101

Ilustración No. 54	– Diagrama de flujo para caña maleteada	104
Ilustración No. 55	– Diagrama de flujo para demanda inmediata por emergencia	105
Ilustración No. 56	– Diagrama de flujo para trabajo estándar I	105
Ilustración No. 57	– Diagrama de flujo para trabajo estándar II	107
Ilustración No. 58	– Diagrama de flujo para el control operativo de patio	107
Ilustración No. 59	– Diagrama de flujo para control operativo microbiológico de laboratorio	108
Ilustración No. 60	– Presentación a grupo técnico de Pantaleón	110
Ilustración No. 61	– Capacitación a personal.....	111
Ilustración No. 62	– Nuevo manejo de patio de caña	111
Ilustración No. 63	– Cumplimiento de la metodología propuesta.....	112
Ilustración No. 64	– Entrada del jugo al colador ubicado en la parte superior de los tanques de jugo diluido	122
Ilustración No. 65	– Puntos críticos respecto a la alta actividad microbiológica en el tanque de jugo diluido del tándem A.	123
Ilustración No. 66	– Puntos críticos respecto a la actividad microbiológica en el tanque de jugo diluido del tándem B.	123
Ilustración No. 67	– Polisacárido encontrado en el fondo de la entrada de jugo, en el tanque de jugo diluido del tándem B	124
Ilustración No. 68	– Polisacáridos encontrados en el colador del tanque de jugo diluido del tándem B.	125
Ilustración No. 69	– Ranuras del colador ubicado en la parte superior de los tanques de jugo diluido del tándem A y B.....	125
Ilustración No. 70	– Ubicación de dispositivos auxiliares en el tanque de jugo diluido del tándem A. (ver medidas en anexo).....	129
Ilustración No. 71	– Ubicación de dispositivos auxiliares en el tanque de jugo diluido del tándem B....	130
Ilustración No. 72	– Rediseño de algunas áreas del tanque de jugo diluido del tándem A.....	130
Ilustración No. 73	– Rediseño de algunas áreas del tanque de jugo diluido del tándem B	131
Ilustración No. 74	– Rediseño total del tanque de jugo diluido del tándem A y B.	131
Ilustración No. 75	– Diagrama general del área de tratamiento de lodos.....	132
Ilustración No. 76	– Área de descarga lateral	188
Ilustración No. 77	– Suciedad en el área de descarga lateral	191
Ilustración No. 78	– Montículos de caña	192
Ilustración No. 79	– Área I y II.....	194

Ilustración No. 80 – Presentación de semáforo microbiológico a jefe de área de molinos, Ingenio Pantaleón.....	205
Ilustración No. 81 – Presentación de semáforo microbiológico a personal de área de molinos, Ingenio Pantaleón.....	206
Ilustración No. 82 – Tipos de suelos para la región Costa Sur de Guatemala	256
Ilustración No. 83 – Semáforo microbiológico.....	7
Ilustración No. 84 – Trabajo en equipo entre estudiante de la Universidad del Valle de Guatemala y operario de Asepsia	8
Ilustración No. 85 – Recolectando muestra del primer molino del tándem A	9
Ilustración No. 86 – Recolectando muestra del tanque de jugo diluido del tándem	9
Ilustración No. 87 – Pasos a seguir para llevar a cabo el test de resazurina	278
Ilustración No. 88 – Secuencia de proceso de producto de azúcar	279
Ilustración No. 89 – Medidas en cms del tanque de jugo diluido del tándem A.....	279
Ilustración No. 90 – Medidas en cms del tanque de jugo diluido del tándem B.	280
Ilustración No. 91 – Filtro vacío tipo 1	281
Ilustración No. 92 – Filtro de vacío tipo 2.	281
Ilustración No. 93 – Sistema que succiona el jugo del lodo	282
Ilustración No. 94 – Aspa para desprender la torda de lodo seca	282
Ilustración No. 95 – Visa aérea del tanque de distribución que alimenta a los filtros.	283
Ilustración No. 96 – Vista lateral del tanque distribuidor que alimenta a los filtros.	283
Ilustración No. 97 – Canal dónde se mezcla los lodos de los 5 clarificadores, el bagazo, el lodo recirculado y lechada de cal.	284
Ilustración No. 98 – Tanque de recirculación	284
Ilustración No. 99 – Tanque de jugo filtrado	285
Ilustración No. 100 – Diagrama de flujo del desarrollo del test de resazurina.	286
Ilustración No. 101 – Menú principal	305
Ilustración No. 102 – Ingreso de datos área de tándem	306
Ilustración No. 103 – ID para promedio de CM cada 3 horas	307
Ilustración No. 104 – ID para promedio de CM cada 3 horas	308
Ilustración No. 105 – Tabla de análisis de datos CM promedio cada 3 horas	309
Ilustración No. 106 – Tabla de análisis de datos CM promedio de cada 3 horas, despliegue.....	309
Ilustración No. 107 – Tabla de análisis de datos CM promedio por día	310
Ilustración No. 108 – Tabla de análisis de datos CM promedio por día, despliegue.	310

Ilustración No. 109	– Pestañas para direccionar a gráficas	311
Ilustración No. 110	– Reporte CM promedio por día/fecha	313
Ilustración No. 111	– Tabla de clasificación de muestras	313
Ilustración No. 112	– Reporte diario área de tándem.....	315
Ilustración No. 113	– Generación del resumen diario (área de tándem)	316
Ilustración No. 114	– Resumen diario del tándem A	317
Ilustración No. 115	– Resumen diario del tándem B	318
Ilustración No. 116	– Resumen diario del tándem A y tándem B	318
Ilustración No. 117	– Reporte diario gráfico de área de tándem.....	319
Ilustración No. 118	– Generación del resumen diario gráfico área de tándem	319
Ilustración No. 119	– Aceptabilidad o inaceptabilidad	322
Ilustración No. 120	– Ubicación de la pestaña “CONFIG_TANDEM”	323
Ilustración No. 121	– Límites del CM promedio primario	324
Ilustración No. 122	– Límites de aceptabilidad e inaceptabilidad	325
Ilustración No. 123	– Botones con hipervínculo en ingreso de datos área de caña.....	328
Ilustración No. 124	– Botón hipervínculo en hojas de excel	329
Ilustración No. 125	– Tabla “CM por día, finca y tipo de corte”	329
Ilustración No. 126	– Tabla “CM por día, finca y tipo de corte”, despliegue	330
Ilustración No. 127	– Tabla “Promedio CM por finca”	331
Ilustración No. 128	– Tabla “Promedio CM por finca”, despliegue	331
Ilustración No. 129	– Tabla “Promedio CM por día”, despliegue	331
Ilustración No. 130	– Tabla “Conteo CM por día”	335
Ilustración No. 131	– Tabla “Promedio CM por día”, despliegue	335
Ilustración No. 132	– Reporte diario área de caña	336
Ilustración No. 133	– Generación del resumen diario (área de caña)	337
Ilustración No. 134	– CM promedio tándem A y tándem B	338
Ilustración No. 135	– Cantidad de muestras en cada tándem.....	338
Ilustración No. 136	– Reporte según el tipo y corte.....	339
Ilustración No. 137	– Reporte según finca, frente y lote.....	339
Ilustración No. 138	– Reporte diario gráfico de área de caña.....	340
Ilustración No. 139	– Plantilla de project	356
Ilustración No. 140	– Hoja de seguimiento.....	357
Ilustración No. 141	– Hoja de valor ganado	358

Ilustración No. 142 – Hoja de gráfica de avance359

LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1 – Valoraciones para CM	37
Tabla No. 2 – Puntos críticos del tándem A durante zafra 2011/2012.	65
Tabla No. 3 – Puntos críticos del tándem B durante zafra 2011/2012.....	65
Tabla No. 4 – Resultados de pureza para cada tipo de caña	97
Tabla No. 5 – Causas del deterioro de la caña en patio.....	102
Tabla No. 6 – Principios para el manejo de caña en el patio	103
Tabla No. 7 – Cumplimiento de mejoras propuestas a procedimiento de limpieza, zafra 2011/2012.	112
Tabla No. 8 – Cumplimiento de mejoras propuestas a procedimiento de limpieza, zafra 2011/2012	112
Tabla No. 9 – Proporción de tiempos ocupado en la limpieza por áreas y molinos tomados al inicio de la zafra 2011/2012 (sin hoja de registro)	114
Tabla No. 10 – Proporción de tiempos ocupado en la limpieza por áreas y molinos tomados al inicio de la zafra 2011/ 2012 (con hoja de registro)	115
Tabla No. 11 – Precios de bactericidas utilizados por Ingenio Pantaleón	117
Tabla No. 12 – Aprox. total de costos por tipo de bactericida.....	117
Tabla No. 13 – Aprox. total de costos de control operativo microbiológico por zafra en US\$	118
Tabla No. 14 – Aprox. total de costos de control operativo microbiológico por zafra en Q	118
Tabla No. 15 – Temperatura promedio de cada filtro.....	133
Tabla No. 16 - Temperatura promedio de cada sección del tanque de distribución.	133
Tabla No. 17 – Caída promedio de pH de la corrida 1	134
Tabla No. 18 – Caída promedio de pH de la corrida 1.	134
Tabla No. 19 – Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 900 PPM de los filtros 1 y 2	136
Tabla No. 20 – Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 800, 600 y 400 PPM de los filtros 1 y 2.	136
Tabla No. 21 – Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 200 y 100 PPM de los filtros 1 y 2.....	137
Tabla No. 22 – Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 50, 30 y 10 PPM de los filtros 1 y 2.....	138
Tabla No. 23 – Estimación de las pérdidas de sacarosa (%) en cada filtro, según prueba de fermentación espontánea, para diferentes tiempos de residencia supuestos.....	139

Tabla No. 24 – Promedio de los coeficientes microbiológicos de las muestras de la corrida 1	140
Tabla No. 25 – Conteo de microorganismos, mesófilos y termófilos.....	141
Tabla No. 26 – Orden de contribución teórica al desarrollo microbiano.....	141
Tabla No. 27 – Orden de nivel de contaminación por indicador utilizado	142
Tabla No. 28 – Puntuación acumulada por cada filtro	142
Tabla No. 29 – Retos y soluciones al elaborar modelos a escala laboratorio del proceso de clarificación y evaporación para medir efectos de la actividad microbiológica	143
Tabla No. 30 – Flujo de lodos en M ³ /S en clarificadores SRI respecto al incremento en porcentaje en lodos y CM.....	145
Tabla No. 31 – Kilogramos de incrustación de evaporadores de tercer efecto (C1-C2-C3-C4) del Ingenio, respecto al CM de jugo sulfitado.....	147
Tabla No. 32 – Análisis FODA del sistema actual	151
Tabla No. 33 – Análisis FODA del sistema web.....	152
Tabla No. 34 – Mejoras implementadas al sistema en Excel	153
Tabla No. 35 – Consumo de productos adicionales por un incremento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado.....	155
Tabla No. 36 – Relación entre CM del jugo sulfitado y CM del jugo diluido.....	160
Tabla No. 37 – Consumo de productos adicionales por un incremento de 0.933 en el CM del jugo diluido	160
Tabla No. 38 – Datos generales, zafra (2011-2012) (Alvarado 2012).....	162
Tabla No. 39 – Relación entre jugo sulfitado y jugo diluido.....	162
Tabla No. 40 – Cantidad de cal ahorrada por tonelada de caña.....	162
Tabla No. 41 – Cantidad de cal ahorrada en la zafra 2011-2012.....	163
Tabla No. 42 – Ahorro monetario	163
Tabla No. 43 – Precio promedio mensual azúcar crudo, Nueva York contrato 11(FOB) US\$ CENTS/LB	164
Tabla No. 44 – Precio promedio por tonelada de azúcar y pérdida (Q.)	165
Tabla No. 45 – Pronóstico del precio para el mes de octubre, noviembre y diciembre y posible pérdida por un incremento en el CM.....	168
Tabla No. 46 – Pérdidas debido al incremento de lodos	168
Tabla No. 47 – Datos generales de CM.....	254
Tabla No. 48 – Datos de corte manual quemado.....	254
Tabla No. 49 – Distribución general por tipo de caña para ingenio pantaleón, zafra 11-12.....	254

Tabla No. 50 – Porcentaje de muestras por sistema de corte.....	255
Tabla No. 51 – Comparación tipos de corte	255
Tabla No. 52 – Ilustración de tipos de corte.....	255
Tabla No. 53 – Registro diario de control microbiológico	258
Tabla No. 54 – Hoja de resumen diario del resultado de la caña.....	258
Tabla No. 55 – Hoja de registro para técnico de laboratorio de caña	259
Tabla No. 56 – Hoja de registro para supervisor de patio	260
Tabla No. 57 – Hoja de control de limpieza en el tándem.....	8
Tabla No. 58 – Coeficiente de actividad microbiológica promedio obtenido en los análisis para determinar la dosis óptima de bactericida a escala laboratorio.	262
Tabla No. 59 – Porcentaje de inhibición respecto a la muestra testigo 1, de bactericida LABS SMB® y BETASTAB® 10A a diferentes concentraciones.	263
Tabla No. 60 – Coeficiente de actividad biológica promedio obtenido en los análisis para determinar cuál es la dosis óptima, entre 600, 800 y 1000 PPM de bactericida a escala laboratorio	264
Tabla No. 61 – Porcentaje de inhibición respecto a la muestra testigo 1, de bactericida LABS SMB® y BETASTAB® 10A a diferentes concentraciones	265
Tabla No. 62 – Porcentaje de inhibición de los bactericidas (LABS SMB® y BETASTAB® 10A) respecto al coeficiente microbiológico obtenido	266
Tabla No. 63 – Coeficiente de actividad microbiológica promedio obtenido en los análisis para determinar la representatividad del jugo primario como indicador de la calidad de la caña que entra a los molinos, en el tándem A.....	267
Tabla No. 64 - Coeficiente de actividad microbiológica promedio obtenido en los análisis para determinar la representatividad del jugo primario como indicador de la calidad de la caña que entra a los molinos, en el tándem B.....	267
Tabla No. 65 – Porcentaje de disminución promedio del coeficiente microbiológico respecto a la fibra entrante al primer molino, antes y después de lavado	268
Tabla No. 66 – Porcentaje de disminución promedio del coeficiente microbiológico respecto a la fibra entrante al primer molino, 5, 10 y 15 minutos antes y después del lavado	268
Tabla No. 67 – Coeficiente de actividad microbiológica obtenido en los análisis de prueba para verificar la representatividad de los puntos de análisis elegidos, para analizar el tanque de jugo diluido del tándem A y B.....	269
Tabla No. 68 – Coeficiente de actividad microbiológica obtenido en los análisis de aplicación de 15 lts. (928±30.93 ppm, mg/dm ³ , anexo 3) de bactericida en el rebozo del segundo molino del tándem A.	270

Tabla No. 69 - Coeficiente de actividad microbiológica obtenido en los análisis de aplicación de 15 lts. (875±29.18 ppm, mg/dm ³ , anexo 3) de bactericida en el rebozo del segundo molino del tándem B.....	271
Tabla No. 70 – Coeficiente de actividad microbiológica obtenido en los análisis de aplicación de 20 lts. (1,167±29.18 ppm, mg/dm ³ , anexo 3) de bactericida en el rebozo del segundo molino del tándem B.....	272
Tabla No. 71 – Coeficiente de actividad microbiológica obtenido en los análisis de aplicación de 15 litros (928±30.93 ppm, mg/dm ³ , anexo 3) de bactericida en el embudo del tanque de jugo diluido del tándem A.	273
Tabla No. 72 – Coeficiente de actividad microbiológica obtenido en los análisis de aplicación de 15 lts. (875 ±29.18 ppm, mg/dm ³ , anexo 3) de bactericida en el embudo del tanque de jugo diluido del tándem B.....	273
Tabla No. 73 – Temperatura de los puntos, frontal y trasera de cada filtro, 8 corridas	287
Tabla No. 74 – Temperatura de cada sección del tanque de distribución, 6 corridas	287
Tabla No. 75 – PH 1, PH 2 y PH 3 para las corridas 1, 2 Y 3 de la prueba de fermentación espontánea...	288
Tabla No. 76 – PH1, PH2 y PH3 para las corridas 4, 5 y 6, prueba de fermentación espontánea	288
Tabla No. 77 – PH1, PH2 Y PH3 para las corridas 7, 8 Y 9, prueba de fermentación espontánea	289
Tabla No. 78 – Caída de PH para las corridas 1, 2 y 3	289
Tabla No. 79 – Caída de PH para las corridas 4, 5 y 6.	290
Tabla No. 80 – Caída de PH para las corridas 7, 8 y 9.	290
Tabla No. 81 – PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración de 900 PPM, filtro 1.....	291
Tabla No. 82 – PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración de 900 PPM, filtro 2.....	291
Tabla No. 83 – PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración de 800, 600 y 400 PPM, filtro 1.....	291
Tabla No. 84 – PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración de 800, 600 y 400 PPM, filtro 2.....	291
Tabla No. 85 – PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración de 200 y 100 PPM, filtro 1.....	291
Tabla No. 86 – PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración de 200 y 100 PPM, filtro 2.....	292
Tabla No. 87 – PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración 50, 30 y 10 PPM, filtro 1.....	292

Tabla No. 88 – PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración 50, 30 y 10 PPM, filtro 2.....	292
Tabla No. 89 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 900 PPM, filtro1.....	292
Tabla No. 90 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 900 PPM, filtro 2.....	292
Tabla No. 91 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 800, 600 y 400 PPM, filtro 1.....	293
Tabla No. 92 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 800, 600 y 400 PPM, filtro 2.....	293
Tabla No. 93 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 200 y 100 PPM, filtro 1.....	293
Tabla No. 94 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 200 y 100 PPM, filtro 2.....	293
Tabla No. 95 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 50, 30 y 10 PPM, filtro 1.....	294
Tabla No. 96 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 50, 30 y 10 PPM, filtro 2.....	294
Tabla No. 97 – Tiempo inicial y final para cálculo del CM, corrida 1	294
Tabla No. 98 – Tiempo inicial y final para cálculo del CM, corrida 2.....	294
Tabla No. 99 – Tiempo inicial y final para cálculo del CM, corrida 3.....	295
Tabla No. 100 – CM promedio y proporción de lodos por segundo de jugo sulfitado.....	297
Tabla No. 101 – CM promedio y proporción de lodos por segundo en jugo sulfitado.....	298
Tabla No. 102 – Promedio y volumen de sacarato utilizado en simulación de evaporación.....	298
Tabla No. 103 – Promedio y proporción en exceso de sacarato en simulación de evaporación.....	298
Tabla No. 104 – CM promedio e incrustaciones por unidad de área en simulación de evaporación.....	299
Tabla No. 105 – CM promedio y PH en fermentación espontánea	299
Tabla No. 106 – Promedios acumulativos de muestras que se definieron en campos 3 y 4.....	299
Tabla No. 107 – Promedios acumulativos de muestras que se definieron en campo 5	300
Tabla No. 108 – Promedios acumulativos de muestras que se definieron en campo 6, parte I.....	300
Tabla No. 109 – Promedios acumulativos de muestras que se definieron en campo 6, parte II.....	301
Tabla No. 110 – Promedios acumulativos de muestras que se definieron en campo 7 o posterior	301
Tabla No. 111 – Tabla de Rangos	323
Tabla No. 112 – Tabla de datos del área de caña	326
Tabla No. 113 – Tabla “Promedio CM por día”.....	333

LISTA GRÁFICAS

Gráfica No. 1 – Distribución general de las muestras por tipo de corte para Ingenio Pantaleón, zafra 2011-2012.....	91
Gráfica No. 2 – Proporción general del coeficiente microbiológico	92
Gráfica No. 3 – Comparación de tipos de corte analizados.....	92
Gráfica No. 4 – Frentes excepcionales por escasos de muestras	93
Gráfica No. 5 – Dos frentes excepcionales por resultados positivos	93
Gráfica No. 6 – Frentes más malos y más buenos.....	94
Gráfica No. 7 – Mejores fincas excepcionales por escasos de muestras	94
Gráfica No. 8 – Peores fincas excepcionales por escasos de muestras con nivel de CM más alto	95
Gráfica No. 9 – Diez fincas más malas y más buenas de cinco muestras en adelante.....	95
Gráfica No. 10 – Porcentaje de tiempos de limpieza en el tándem A (sin hoja de registro).	114
Gráfica No. 11 – Porcentaje de tiempos de limpieza en el tándem B (sin hoja de registro).....	114
Gráfica No. 12 – Porcentaje de tiempos de limpieza en el tándem A (con hoja de registro).	115
Gráfica No. 13 – Porcentaje de tiempos de limpieza en el tándem B (con hoja de registro).....	116
Gráfica No. 14 – Porcentaje de disminución del coeficiente microbiológico respecto a la muestra testigo 1 para diferentes cantidades de bactericida (LABS SMB® y BETASTAB® 10A) aplicadas.....	118
Gráfica No. 15 – Porcentaje de disminución del coeficiente microbiológico respecto a la muestra testigo 1 para 600, 800 y 1000 PPM (mg/dm ³) de bactericida (LABS SMB® y BETASTAB® 10A) aplicadas.....	119
Gráfica No. 16 – Relación entre el coeficiente microbiológico inicial y el porcentaje de inhibición de bactericidas a diferentes concentraciones	119
Gráfica No. 17 – Valores promedio de coeficientes microbiológicos obtenidos en cada muestra para el jugo primario y la fibra que ingresa al primer molino del tándem A.	120
Gráfica No. 18 – Coeficiente microbiológico obtenido para cada muestra para el jugo primario y la fibra que ingresa al primer molino del tándem B	121
Gráfica No. 19 – Porcentaje de disminución del coeficiente microbiológico respecto a la fibra entrante en el tándem A y B.....	121
Gráfica No. 20 – Porcentaje de disminución del coeficiente microbiológico respecto a la fibra 5, 10 y 15 minutos antes y después del lavado, para ambos tándemes.....	122

Gráfica No. 21 – Resultados promedio de la actividad microbiológica de los puntos elegidos, del tándem A y B.....	124
Gráfica No. 22 – Resultados promedio de los coeficientes microbiológicos del jugo diluido sin bactericida 5, 10, 15 y 20 minutos después de aplicación de 15 litros (928 ± 30.93 PPM, MG/DM ³ , anexo No. 3) de bactericida en el rebozo del segundo molino del tándem A.....	126
Gráfica No. 23 – Resultados promedio de los coeficientes microbiológicos del jugo diluido sin bactericida 5, 10, 15 y 20 minutos después de aplicación de 15 litros (875 ± 29.18 PPM, MG/DM ³ , anexo No. 3) de bactericida en el rebozo del segundo molino del tándem B.	127
Gráfica No. 24 – Resultados promedio de los coeficientes microbiológicos del jugo diluido sin bactericida 5, 10, 15 y 20 minutos después de aplicación de 20 litros ($1,167 \pm 29.18$ PPM, MG/DM ³ , anexo No. 3) de bactericida en el rebozo del segundo molino del tándem B.	128
Gráfica No. 25 – Resultados promedio de los coeficientes microbiológicos del jugo diluido sin bactericida 5, 10 y 15 minutos después de aplicación de 15 litros (928 ± 30.93 PPM, MG/DM ³ , anexo No. No. 3) de bactericida por el embudo del tanque de jugo diluido del tándem A	128
Gráfica No. 26 – Resultados promedio de los coeficientes microbiológicos del jugo diluido sin bactericida 5, 10 y 15 minutos después de aplicación de 15 litros (875 ± 29.18 PPM, MG/DM ³ , anexo No. 3) de bactericida por el embudo del tanque de jugo diluido del tándem B.	129
Gráfica No. 27 – Correlación de la caída 1 con la caída 2 de PH.....	135
Gráfica No. 28 – Caída promedio de pH de cada filtro y el tanque de distribución.....	135
Gráfica No. 29 – Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 900 PPM de los filtros 1 y 2.	136
Gráfica No. 30 – Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 800, 600 y 400 PPM de los filtros 1 y 2.	137
Gráfica No. 31 – Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 200 y 100 PPM de los filtros 1 y 2.....	138
Gráfica No. 32 – Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 50, 30 y 10 PPM de los filtros 1 y 2.....	139
Gráfica No. 33 – Promedio de los coeficientes microbiológicos de las muestras de la corrida 1	140
Gráfica No. 34 – Puntuación acumulada para cada filtro.....	142
Gráfica No. 35 – Movilización de lodos y CM promedio de jugo sulfitado	144
Gráfica No. 36 – Proporción (% V/V) final de lodos y CM promedio de jugo sulfitado.....	144
Gráfica No. 37 – Volumen de sacarato utilizado en simulación y CM promedio de jugo sulfitado	145
Gráfica No. 38 – Proporción de sacarato en exceso y CM promedio de jugo sulfitado	146

Gráfica No. 39 – Incrustaciones por unidad de área vs. CM promedio de jugo sulfitado	146
Gráfica No. 40 – Kilogramos de incrustación en evaporadores de tercer efecto vs. CM promedio de jugo sulfitado.....	147
Gráfica No. 41 – Cambio de PH respecto al CM promedio de jugo sulfitado	148
Gráfica No. 42 – Distribución del promedio de elongación de cristales para muestras definidas en campos 3 y 4.....	148
Gráfica No. 43 – Distribución del promedio de elongación de cristales para muestras definidas en campo 5	149
Gráfica No. 44 – Distribución del promedio de elongación de cristales para muestras definidas en campo 6	149
Gráfica No. 45 – Distribución del promedio de elongación de cristales para muestras definidas en campo 7 y posterior	150
Gráfica No. 46 – Volumen de sacarato utilizado con relación al incremento del CM promedio en el jugo sulfitado.....	155
Gráfica No. 47 – Volumen de cal utilizado con relación al incremento del CM promedio en el jugo sulfitado.....	156
Gráfica No. 48 – Volumen de agua utilizada con relación al incremento del CM promedio en el jugo sulfitado.....	157
Gráfica No. 49 – Volumen de jugo clarificado utilizado con relación al incremento del CM promedio ..	158
Gráfica No. 50 – Volumen de meladura utilizada con relación al incremento del CM promedio en el jugo sulfitado.....	159
Gráfica No. 51 – Volumen de sacarato utilizado con relación al incremento del CM promedio en el jugo diluido.....	161
Gráfica No. 52 – Volumen de cal utilizado con relación al incremento del CM promedio en el jugo diluido	161
Gráfica No. 53 – Movilización de lodos y CM promedio de jugo sulfitado	163
Gráfica No. 54 – Porcentaje final de lodos y CM promedio de jugo sulfitado.....	164
Gráfica No. 55 – Precio promedio del azúcar cruda vs. año	166
Gráfica No. 56 – Pérdidas (Q.) por un incremento en el CM vs. año.....	166
Gráfica No. 57 – Precio promedio de azúcar cruda durante la zafra 2011-2012.....	167
Gráfica No. 58 – Tendencia de precios (zafra 2011-2012)	167
Gráfica No. 59 – Pronóstico de precios para el mes de octubre, noviembre y diciembre de 2012.....	169
Gráfica No. 60 – Pérdida para los meses pronosticados.....	169

Gráfica No. 61 – Avance de Anaitté Aguirre	170
Gráfica No. 62 – Avance de Javier Castellanos	171
Gráfica No. 63 – Avance de Crista Villatoro	171
Gráfica No. 64 – Avance de Edgar Aldana	172
Gráfica No. 65 – Avance de Diego Barneond
Gráfica No. 66 – Avance de Gabriela Franco
Gráfica No. 67 – Avance de Karla Ortiz
Gráfica No. 68 – Valores promedio de coeficientes microbiológicos obtenidos para cada muestra con diferentes dosis de bactericida, para el bactericida tipo BETESTAB® 10A y LABS SMB®.	274
Gráfica No. 69 – Coeficiente microbiológico obtenido para cada muestra con diferentes dosis de bactericida, para el pactericida tipo BETASTAB® 10A y LABS SMB®, para el tándem A	274
Gráfica No. 70 – Coeficiente microbiológico obtenido para cada muestra con diferentes dosis de bactericida, para el bactericida tipo BETASTAB® 10A y LABS SMB®, para el tándem B.	275
Gráfica No. 71 – CM promedio por cada 3 horas	312
Gráfica No. 72 – CM promedio por día / fecha	312
Gráfica No. 73 – Clasificación de muestras	314
Gráfica No. 74 – Gráfica del tándem A	320
Gráfica No. 75 – Gráfica del tándem B	320
Gráfica No. 76 – Gráfica del tándem A y B	321
Gráfica No. 77 – Gráfica de pie, tándem A	321
Gráfica No. 78 – Gráfica de pie, tándem B	322
Gráfica No. 79 – Gráfica “CM por día, finca y tipo de corte”	330
Gráfica No. 80 – Gráfica “Promedio CM por finca”	332
Gráfica No. 81 – Gráfica “Promedio CM por día”	334
Gráfica No. 82 – “Promedio CM por día”	336
Gráfica No. 83 – Generación del resumen diario gráfico, área de caña	340
Gráfica No. 84 – Gráfica que relaciona el CM del tándem A, tándem B y el total	341
Gráfica No. 85 – Gráfica de pie, tándem A	341
Gráfica No. 86 – Gráfica de pie, tándem B	342
Gráfica No. 87 – Gráfica de barras para tándem A	342
Gráfica No. 88 – Gráfica valor ganado	359

RESUMEN

Se continuó el establecimiento del sistema de control microbiológico a partir de lo inicialmente alcanzado en el Ingenio Pantaleón, con la evaluación de procedimientos en marcha o propuestos anteriormente, como los de manejo de caña en cosecha, transporte y estadía en el patio, limpieza de los molinos y comunicación entre operarios de sanitización y de control operativo microbiológico del tándem.

Así mismo, se evaluó la influencia del diseño de equipos, y a veces la temperatura, sobre el incremento de la actividad microbiológica en el tanque del jugo diluido y filtros de cachaza, y del material retenido dentro de la estructura del molino, en el primero de ellos. Igualmente se evaluó la influencia de la actividad microbiológica de etapas anteriores, sobre el incremento del consumo de cal en la alcalización, de la proporción de lodos resultantes de la clarificación y de la masa de incrustaciones en la evaporación, estimándose que en las condiciones de la zafra y precios de este año el ingenio ganaría Q 580,483.80 al lograr bajar el Coeficiente Microbiológico del jugo diluido en cerca de una unidad, solamente por la recuperación del azúcar de lodos de clarificación y el ahorro en cal para el sacarato usado en la alcalización.

Con el conocimiento de estos resultados y evaluaciones, por parte de las direcciones agrícolas e industrial del ingenio, se tomaron las siguientes decisiones por parte de ellos: establecer una política para la cosecha-transporte de la caña según los niveles establecidos a partir del proyecto, continuar con los procedimientos implementados y evaluados para la caña cosechada, manejo en el patio y limpieza del tándem; rediseño de inmediato de los filtros 2, 3 y 6 de lodos de clarificación y a mediano plazo del sistema de colador-tanque de jugo diluido, manteniendo el monitoreo sobre ambas áreas y sanitización especial con desinfectantes según dispositivo diseñado para puntos críticos dentro del tanque del diluido, así como mantener a más de 60°C la temperatura de todos los filtros de lodos.

Con la puesta a punto del procedimiento para medir la elongación de cristales, el proceso de mejoras a la base de datos en Excel, la elaboración del DERCAS para una nueva base de datos concebida como un sitio web y la implementación del sistema de evaluación de los participantes en el proyecto a partir de metas alcanzadas, se completó el objetivo general del mismo de desarrollar el control microbiológico mediante la evaluación del alcance en las etapas anteriores, el análisis y determinación de áreas con actividad microbiológica o sus efectos y la implementación de nuevos procedimientos.

I. INTRODUCCIÓN

La industria azucarera es hoy la primera fuente de ingresos por exportación de Guatemala, la que más ha crecido en los últimos años y la que más empleos genera para el país, donde operan 12 ingenios.

Uno de los principales problemas que afectan la eficiencia en dicha industria es la actividad microbiológica y sus efectos que se manifiestan desde la caña en pie hasta el producto terminado.

A pesar de que este problema es conocido desde hace más de un siglo, no se ha desarrollado un sistema integral de control para reducirlo, aun cuando factores ambientales y sociales han incrementado su incidencia en las últimas décadas.

Desde la Universidad del Valle de Guatemala se ha desarrollado un proyecto para el establecimiento de un sistema de control microbiológico en la industria azucarera con la cooperación del Ingenio Pantaleón que paulatinamente ha ido implantándose en esta y otras empresas.

El presente proyecto es la continuación de los anteriores, caracterizándose especialmente por la implementación y evaluación de procedimientos que ya forman parte de la actividad habitual del ingenio, la determinación de las causas de problemas concretos asociados a la actividad microbiológica y propuestas de solución para las mismas a través de decisiones estratégicas y operativas.

En general, en esta etapa del proyecto se ha alcanzado la consolidación de los resultados, la implementación de procedimientos y dispositivos, y la concreción de una base para la expansión del sistema, según se muestra en el presente documento.

II. ANTECEDENTES

A. El origen de la caña de azúcar

No se conoce con exactitud el origen de la caña de azúcar; se han propuesto muchas teorías al respecto, sin embargo se cree que el origen de la especie *Saccharum* es la región que comprende parte de la India, China, Nueva Guinea y zonas aledañas por encontrarse ahí el mayor número de especies. (Subirós, 2000)

La especie *Saccharum officinarum* fue importante en la dieta de las civilizaciones primitivas, alrededor de 300 años a.C., y era empleada para ser mascada y para ingerir su jugo. La referencia más antigua que existe del azúcar es del siglo IV a.C. en Persia, donde se usaba con fines medicinales; además se le valoraba como un artículo de lujo, por lo que era vendido a elevados precios. (Subirós, 2000)

La India es considerada como el primer centro de explotación comercial de la caña, donde se hizo azúcar. Cristóbal Colón, en el segundo viaje realizado a América, en 1493, introdujo la caña en la isla La Española, que es hoy República Dominicana y Haití. El clon introducido fue el Creola, presumiblemente un híbrido entre *S. barberi* y *S. officinarum*. De esta isla se difundió hacia Cuba, Puerto Rico, México, Colombia, Perú y a otros países del Continente. Los portugueses introdujeron la planta en Brasil en el año 1500. (Subirós, 2000)

B. Historia de la industria azucarera guatemalteca

La introducción de tecnología para producir azúcar fue uno de los avances de los primeros años de la conquista de Guatemala. En este sentido, las órdenes religiosas se situaron en la vanguardia, debido a que disponían de mayores capitales para tal fin. En el siglo XVII creció el número de trapiches, los más importantes estaban en manos de las órdenes religiosas. Fue hasta mediados del siglo XIX que Guatemala comenzó a exportar azúcar en cantidades menores. (CENGICAÑA, 2012)

Durante la mayor parte de la época colonial y aún en las primeras épocas de la República, la producción azucarera se orientó hacia el consumo interno. Sin embargo, no es sino hasta la década de 1880, ya en plena era republicana, que la producción de azúcar adquiere mayor importancia, dado que es entonces cuando se empieza a orientar hacia el exterior. (Flores, 1976)

Hacia el año 1900 varios ingenios existentes en la costa del Pacífico de Guatemala instalan máquinas centrífugas para producir azúcar refinada. Es en esta área, y especialmente en la del actual Departamento de Escuintla, donde se producen las tres cuartas partes del azúcar de carácter industrial, pues la siembra de caña tenía lugar en casi todo el territorio nacional. (Kirk, 1962)

La Primera Guerra Mundial (1914-18) trajo consigo una mayor demanda de azúcar refinada guatemalteca. Para entonces, el mejor mercado lo constituía Alemania, pero el conflicto hizo que Francia, por ejemplo, ofreciera altos precios por el dulce. Pese a restricciones locales impuestas por el gobierno del dictador Manuel Estrada Cabrera (1898-1920), como el control de precios y límites a las exportaciones, la mayor parte de las existencias locales de azúcar se desviaron hacia el extranjero debido a que registraban mayores precios. (Kirk, 1962)

La producción azucarera guatemalteca también tuvo un impulso notable gracias a la Revolución Mexicana (1910-17), luego que la Primera Guerra Mundial dejó a Guatemala sin el mercado alemán, el mejor de aquella época para los azucareros guatemaltecos. El principal efecto que produjo el conflicto en el vecino país fue que algunas inversiones extranjeras se desviaron hacia Guatemala, en busca de seguridad y garantías. Fue así como a partir de la década de los veinte se introdujeron variedades de caña procedentes de Barbados, Islas Vírgenes, Hawái y Java. (Kirk, 1962)

En 1920 la producción de azúcar blanca registró un total de 300,000 quintales. Durante el resto de la década osciló entre 500,000 y un millón de quintales anuales. En la década de 1930, la producción azucarera media bajó a un mínimo de 600,000 quintales, y un máximo de 750,000. (Flores, 1976)

El primer consorcio azucarero guatemalteco se estableció en 1932. Lo formaban los ingenios Pantaleón, Concepción, El Baúl, El Salto, Mirandilla, San Diego, Santa Teresa, Los Cerritos, Santa Cecilia, Mauricio, Palo Gordo y Tululá. Para esos años, dicho consorcio llegó a

producir una media de 500,000 quintales anuales de azúcar. Además se efectuaban exportaciones de panela y azúcar amarillo a mercados en Estados Unidos y Europa. En ese entonces, el precio de la libra de azúcar refinado era de US\$0.22. (Flores, 1976)

En 1945, luego de la caída del gobierno del dictador Jorge Ubico (1931-44) y del triunfo de la Revolución de Octubre, existían en el país doce ingenios, casi todos en la costa del Pacífico. Las áreas de producción se localizaban en la región que cubría desde el municipio de Villa Canales, en el Departamento de Guatemala, hasta los de Santa Rosa, Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu, donde la altura media es de 150 metros sobre el nivel del mar. (Flores, 1976)

En 1957 se fundó la Asociación de Azucareros de Guatemala, ASAZGUA y en 1960 Guatemala recibió su primera cuota de Estados Unidos, en ese tiempo la producción total de azúcar de Guatemala fue de 68,000 toneladas métricas. Para la historia moderna de la caña de azúcar se toma como punto de partida el año de 1960, en el mundo la era industrial estaba muy desarrollada y se avizoraban cambios en la dinámica mundial, fue entonces que los ingenios azucareros definieron su estrategia de modernización y crecimiento. La industria se transformó de una industria local a una industria de exportación, convirtiéndose en una de las actividades agroindustriales más importantes del país. (CENGICANA, 2012)

Fue en esta época, en la primera mitad de la década de los años 60, cuando como consecuencia de la Revolución Cubana, los Estados Unidos reasignó la cuota preferencial para importar azúcar, le quitó su cuota a Cuba y le dio una cuota global a todos los países centroamericanos. Este hecho introdujo a la industria guatemalteca a la exportación formal de azúcar haciendo los primeros embarques en 1963. Por haber tenido una cuota global, los ingenios formaron un grupo, o “pool”, para efectuar sus embarques. Anterior a este suceso, toda la producción de Guatemala era consumida localmente. (Mirón, 1998) (Flores, 1976)

Finalmente fundaron cuatro ingenios adicionales de 1975 a 1981: El Pilar en 1975, Magdalena, que fue modificado en 1975 para producir azúcar, Tierra Buena en 1977 y Guadalupe en 1981. Fue a principios de este período cuando los ingenios principiaron a exportar su azúcar en forma independiente. Las exportaciones estuvieron restringidas por escasez de azúcar en el mercado local o por limitaciones de cuota. Una década después, en 1990, Ingenio Trinidad principió sus operaciones. Inicialmente los ingenios tenían períodos largos de zafra, trabajando durante el invierno e interrumpiendo sus labores durante los días de lluvia, debido a la

imposibilidad de llevar caña al ingenio. Los altos costos de este tipo de trabajo intermitente los llevó a pasar la zafra de enero a mayo, los meses de verano, donde no había paros por lluvias. Además con el tiempo unieron fuerzas para reunirse en una asamblea anual todos los ingenios para comparar datos de operación para tomar medidas para corregir problemas. (Mirón, 1998)

Debido a sucesos de gran magnitud como el terremoto de 1976 y la volatilidad extrema en los mercados, el gobierno intervino para garantizar el abastecimiento local. Por ley cada ingenio previo a exportar debía tener su cuota local hasta la próxima zafra en bodega y vender a un precio estipulado por el gobierno. (Mirón, 1998)

Al expandirse las exportaciones de azúcar de Guatemala, la Asociación de Azucareros de Guatemala comenzó a desarrollar una serie de proyectos y estrategias, que fueron los impulsores de la Agroindustria Azucarera nacional. Para incrementar la producción, los ingenios introdujeron mejoras en el cultivo, la cosecha, la fábrica, la distribución y comercialización del producto, así como mejores condiciones de vida para los trabajadores de la agroindustria azucarera. (CENGICAÑA, 2012)

En 1971 se fundó la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala (ATAGUA) con el fin de fomentar el intercambio de experiencias y tecnología y la difusión de conocimientos técnicos para impulsar el desarrollo de la Agroindustria Azucarera. Esto propició la transferencia de tecnología en congresos y simposios con otras Asociaciones de Técnicos Azucareros de Centroamérica y Latinoamérica. (CENGICAÑA, 2012)

A partir de entonces, tanto la producción como la exportación han mantenido un ritmo ascendente, con excepción de los años comprendidos entre 1978 y 1981, que fue un período de bajos precios en el mercado internacional. El incremento constante en esos indicadores tiene varias causas, entre estas figuran el aumento en la productividad de los ingenios, la incorporación de avances tecnológicos, el aumento del consumo interno y el consecuente desplazamiento de la panela, incluso en las áreas rurales más apartadas. (Flores, 1976)

A partir de 1980 la agroindustria azucarera se ha transformado en una de las principales fuentes de empleo y divisas para la economía guatemalteca. También se ha convertido en uno de los exportadores más importantes de Latinoamérica. La producción de la agroindustria azucarera ha aumentado considerablemente en los últimos veinte años. Debido a su alta rentabilidad y

expansión, la industria ha ganado terreno a tal punto que los ingenios busquen alquilar tierras, pagando por adelantado y con una garantía mínima de dos años, para poder sembrar y cultivar la caña. En Guatemala, la actividad azucarera ha sido privada y no ha contado con apoyos externos del estado. Guatemala es autosuficiente en producción de azúcar y básicamente se ha concentrado en desarrollar su capacidad de exportación. (Balsells, *et. al*, 2009)

A partir de 1990 la Agroindustria Azucarera comienza a posicionarse a nivel mundial, se ubica entre los diez países más importantes en volúmenes de exportación, según la International Sugar Organization (ISO) y en productividad según la LMC, donde Guatemala ocupa el tercer lugar a nivel mundial. (CENGICANÑA, 2012)

En 2001 en Brisbane, Australia, Guatemala obtuvo la sede del más importante evento tecnológico de Caña de azúcar a nivel mundial. El XXV congreso de Sociedad Internacional de Tecnólogos de Caña de Azúcar (ISSCT), que se realizó exitosamente en enero del 2005 en Guatemala. (CENGICANÑA, 2012)

Los principales factores que han incidido en el desarrollo de la Agroindustria Azucarera Guatemalteca son: ECOLÓGICO: las condiciones agroecológicas han sido favorables. ORGANIZACIONAL GERENCIAL: industria privada, organización gremial, terminal de exportación, diversificación (cogeneración y etanol). TECNOLÓGICO: operaciones en el campo, operaciones en fábrica, investigación, capacitación, transferencia de tecnología, benchmarking. SOCIAL: responsabilidad social empresarial. (CENGICANÑA, 2012)

<<La industria azucarera se ha diversificado en los últimos años y ha logrado la elaboración de productos alternos que contribuyen con la economía guatemalteca. Los ingenios a través de la capacidad de generación eléctrica han aportado a la red eléctrica nacional una capacidad adicional para suplir la demanda energética del país (cogeneración). Este excedente de producción eléctrica se aporta al sistema nacional solo durante los meses del verano o zafra que coinciden con la baja en la capacidad de las centrales hidroeléctricas>> (Balsells, *et. al*, 2009)

La Agroindustria Azucarera Guatemalteca ha venido creciendo permanentemente desde 1960 hasta llegar a ubicar a Guatemala como el quinto país exportador de azúcar a nivel mundial, el segundo en Latinoamérica y el tercer lugar en productividad (toneladas métricas de azúcar/ha) a nivel mundial. El azúcar es el segundo producto agrícola en Guatemala en generación de

divisas, constituyéndose en una importante contribución a la economía nacional. (CENGICAÑA, 2012)

C. Sector azucarero Guatemalteco

La Agroindustria Azucarera de Guatemala está conformada por 13 ingenios azucareros, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

Diez de ellos se ubican en la planicie costera del océano pacífico o costa sur de Guatemala y ocupan casi la totalidad del área sembrada con caña (99%). Estos ingenios son: Tululá, Palo Gordo, Madre Tierra, La Unión, Pantaleón, Concepción, Magdalena, Santa Ana, Trinidad y El Pilar. Los otros tres ingenios se localizan en diferentes lugares de la república y ocupa áreas relativamente pequeñas. En el municipio de Villa Canales del Departamento de Guatemala se encuentra Santa Teresa, y en el Departamento de Santo Rosa se encuentra el ingenio La Sonrisa. El Ingenio Chabil Utzaj que está en fase de establecimiento se localiza en la parte norte del país, en el Departamento de Alta Verapáz.

La zona cañera de la costa sur de Guatemala se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas $91^{\circ}50'00''$ - $90^{\circ}10'00''$ Longitud Oeste y $14^{\circ}33'00''$ - $13^{\circ}50'00''$ Latitud Norte. Geopolíticamente está localizada en los Departamentos de Retalhuleu, Suchitépquez, Escuintla, Santa Rosa y actualmente se está expandiendo hacia el Departamento de Jutiapa.

En Guatemala la cosecha de la caña de azúcar representa cerca del 33 por ciento de los costos de producción del cultivo; por lo que cualquier variación en esta labor afectará significativamente la rentabilidad del cultivo en comparación con otras labores.

En la zafra 2010-2011 en la costa sur de Guatemala se cosecharon 231,000 hectáreas de caña de azúcar, donde se produjeron 19, 219,653 toneladas (19219653000 kilogramos). Actualmente operan 12 Ingenios azucareros que administran el 82 por ciento de las tierras cultivadas, con una capacidad de molienda de 135,000 toneladas (135000000 kilogramos) de caña por día.

La caña de azúcar en Guatemala se cosecha en la época seca (verano), de noviembre a abril, aunque en algunos casos dependiendo de los volúmenes de producción puede extenderse hasta mediados de mayo.

La cosecha o zafra está dividida en tercios, debido a las diferencias en productividad de azúcar en el transcurso de la zafra. El primer tercio comprende los dos primeros meses (Noviembre y diciembre), el segundo tercio es en enero y febrero, y el último tercio comprende los meses de Marzo y Abril (ocasionalmente puede llegar a mediados de mayo).

El primer tercio (Noviembre a Diciembre) se caracteriza por ser el de mayor productividad en toneladas de azúcar por hectárea “TAH”, dado principalmente por un rendimiento superior de las toneladas de caña de azúcar por hectárea “TCH” de un 9 por ciento en relación con el promedio (período 2007/2008 a 2010/2011) y un buen contenido de azúcar.

El segundo tercio (enero y febrero) en el período 2007/2008 a 2010/2011, se caracteriza por ser el de mayor concentración de azúcar, aunque su productividad en TAH es 4 por ciento inferior al promedio de ese período, y con un rendimiento de TCH 12 por ciento menor al primer tercio.

El tercer tercio (marzo y abril) se caracteriza por ser el de menor productividad en TAH; con un 28 por ciento menos TAH en relación con el promedio y un 44 por ciento respecto al primer tercio, para el período 2007/2008 a 2010/2011, esto dado por su rendimiento en TCH y contenidos de azúcar bajos.

En general, el porcentaje de caña molida en cada tercio varía; en promedio para las últimas cinco zafras ha sido de 29 por ciento para el primer tercio; 39 por ciento en el segundo y 32 por ciento para el tercer tercio. (Melgar, 2012)

D. Historia Ingenio Pantaleón

En 1849, don Manuel María Herrera adquirió la finca Pantaleón. A base de grandes esfuerzos y una gran visión, Pantaleón se diversificó, transformándose en una finca de caña y finca de panela la cual después se convertiría en un ingenio azucarero. A raíz de la muerte de don

Manuel en 1883, sus herederos fundan Herrera y Compañía, la cual en el año de 1973 es cambiado al nombre de Pantaleón, Sociedad Anónima (Pantaleón S.A., 2012)

El Ingenio Pantaleón alcanzó el liderazgo de la industria azucarera de Guatemala en 1976, convirtiéndose en el ingenio de mayor volumen de producción del área centroamericana. En 1984 asumió la administración y el control de las operaciones del Ingenio Concepción, ocupando un importante lugar en cuanto al volumen de producción en el país. En el mes de junio de 1998, continuando con la estrategia de crecimiento y diversificación geográfica, la organización adquirió el Ingenio Monte Rosa, localizado en la zona occidental de la República de Nicaragua. A finales del año 2000 se integran los tres ingenios y deciden participar como subsidiarias de la organización conocida como “Pantaleón”. (Pantaleón S.A., 2012)

En el año 2006 se asume otro gran reto en la estrategia de crecimiento al incursionar en Brasil, en una alianza estratégica con el grupo brasileño UNIALCO y el grupo MANUELITA de Colombia, para la construcción y operación del ingenio sucro-alcoholero Vale do Paraná, localizado en Suzanápolis Oeste del estado de São Paulo, Brasil. (Pantaleón S.A., 2012)

En el mes de agosto de 2008, Pantaleón obtiene la administración del Ingenio La Grecia, ubicado en Choluteca, Honduras. Esta nueva alianza contribuirá a afianzar el liderazgo en la industria azucarera en América Latina, cumplir con la visión a largo plazo de la organización y permitir combinar fortalezas y cooperar con el desarrollo sustentable de la industria en Honduras. (Pantaleón S.A., 2012)

En los últimos 36 años, Pantaleón ha mantenido un desarrollo acelerado, construyendo modernas plantas y realizando inversiones productivas en el agro y la industria, con tecnología de punta y procesos innovadores que le han permitido ser reconocido como uno de los principales productores eficientes de bajo costo en el mundo. (Pantaleón S.A., 2012)

Ilustración No. 1 Fotografía panorámica del Ingenio Pantaleón en 2011.



Ilustración No. 2 – Mapa de ubicación de Pantaleón Guatemala.



En las áreas industriales se han efectuado mejoras en equipos y procesos, adquirido e implementado tecnologías modernas y además, se han realizado importantes inversiones en sistemas de control automático en los procesos y operaciones clave, así como en los de soporte a la gestión. Estos avances contribuyen a incrementar la efectividad en toda la operación, desde la extracción de jugo de la caña hasta el envasado de los productos finales. (Pantaleón S.A., 2012)

Los ingenios utilizan para su operación controles estrictos de calidad, apoyados en un sistema de gestión ISO 9001, certificado desde hace tres años y en laboratorios equipados con tecnología avanzada que les permiten mantener condiciones adecuadas en sus productos. Para la zafra 2008-2009 se operó con una capacidad de molienda para Ingenio Pantaleón de 25,000 toneladas, Ingenio Concepción 8,500 toneladas, Ingenio Monte Rosa 13,000 toneladas e Ingenio La Grecia 7,800 toneladas métricas de caña por día para el procesamiento diario de 54,300 toneladas de caña durante un promedio de 150 días de zafra. (Pantaleón S.A., 2012)

En Guatemala, los Ingenios Pantaleón y Concepción, cuentan cada uno, con su propia refinería de azúcar, lo cual permite ofrecer a sus clientes otros tipos de azúcares especiales, generando con ello mayor valor agregado en sus productos. Además, se cuenta con la destilería de Bioetanol, que produce 150,000 litros por día de diferentes tipos de alcoholes para uso industrial a partir de la melaza de caña. En Brasil, el Ingenio sucro-alcoholero Vale do Paraná cuenta con una capacidad de molienda de 8,000 toneladas de caña para producir 750,000 litros de alcohol por día. Actualmente existen proyectos para incrementar la capacidad de producción de alcohol, tales como: la ampliación de la destilería de Bioetanol en Guatemala al agregar 450,000 litros de alcohol por día y la instalación de una destilería en el Ingenio Monte Rosa, en Nicaragua, con capacidad de 300,000 litros de alcohol diarios. (Pantaleón S.A., 2012)

Todos los ingenios que conforman la organización son pioneros en el área de cogeneración eléctrica. En 1990 se iniciaron proyectos en esta área y ahora cuentan con una infraestructura completa para generar electricidad principalmente a base del bagazo de caña en época de zafra y con otros combustibles como fuente energética en tiempo de no-zafra. Los ingenios Pantaleón, Concepción, Monte Rosa y La Grecia generan para la venta de las distintas redes eléctricas nacionales, un total de 414,383 MWH durante la época de zafra. (Pantaleón S.A., 2012)

Ilustración No. 3 – Capacidad instalada, Pantaleón 2012.

Capacidad

Descripción	Pantaleón	Concepción	Monte Rosa	La Grecia	Bioetanol	Vale do Parana
Molienda anual(t)	4.328,036.17	1.427,373.76	1.885,347.46	1.038,871.80		1.600,951.35
Razón de molienda (t/día)	25,752.00	8,584.56	12,667.20	7,747.08		6,802.80
Azúcar producida (t/zafra)	445,116.73	136,635.06	195,303.86	101,373.20		0.00
Alcohol producido (m3)	0	0	0	0	23,510	123,102,689
Energía generada (MWh/zafra)	315,245.50	124,452.20	175,681.23	108,560.43		43,770.26
Energía vendida (MWh/zafra)	186,725.49	186,725.49	120,306.46	71,218.16		0.00

Pantaleón se especializa en la producción de diferentes tipos de azúcar, mieles y alcoholes, así como en la generación de energía eléctrica. Los ingenios han sido auditados por diversos clientes que buscan productos que se adhieran a los más altos estándares de calidad, lo cual ha permitido a la organización acreditarse como proveedor Premium Mundial y por ende competir en el mercado global. (Pantaleón S.A., 2012)

E. Proceso de producción del azúcar

1. Corte, Alce y Transporte (CAT). El proceso para la obtención de azúcar inicia en el campo, dando buen cuidado al cultivo desde los primeros meses de crecimiento, de esta forma se determina la calidad de la caña en una edad madura, sin embargo en esta etapa, el riesgo climatológico tiene mayor incidencia en el cultivo.

Cuando la caña llega a una etapa de madurez suficiente inicia el proceso de cosecha y alce del cultivo. Existen dos tipos de corte para la caña, manual o mecánico dependiendo de la ubicación geográfica de la finca. Por lo general las áreas de cultivo de caña son fincas, que se encuentran a cierta distancia del ingenio. Para poder transportar la caña de un lugar a otro, es necesario que existan caminos en buenas condiciones y rutas cortas, evitando complicaciones en el camino. (Melgar, 2012)

Con años de experiencia el ingenio ha logrado crear operaciones de logística y organización con el fin de ser más eficiente en las operaciones de la fábrica, debido a que una vez

encendida la planta, esta deberá estar en funcionamiento los 6 meses de tiempo de zafra. Tener la planta fuera de servicio incurre en costos muy elevados causando pérdidas millonarias, y uno de los principales factores para que esta no se detenga es mantener caña en proceso todo el tiempo. Debido a esto, el encargado del patio es responsable de mantener caña de “reserva” en caso de no contar con caña suficiente para la fábrica.

Los camiones ingresan al ingenio para descargar la caña, esta descarga se realiza a través de grúas tipo malacate, luego la caña es movilizada por bandas transportadoras para ser procesada en los molinos, de esta manera se obtiene el bagazo y se extrae el jugo de la fibra de caña. Todo el proceso de la planta es generado por vapor mediante calderas y electricidad.

2. Recepción de caña de azúcar. La caña que llega a la fábrica se pesa en las básculas y luego se descarga sobre las mesas de alimentación por medio de viradores de caña con capacidad de 50 toneladas. En las mesas de caña se aplica agua a 120°F para lavado eliminando así sólidos que no son azúcar como la tierra y poder tener un proceso más limpio, luego la caña es sometida a un proceso de preparación que consiste en romper o desfibrar las celdas de los tallos por medio de cuchillas con machetes fijos y oscilantes con el objetivo de poder pasar al proceso de extracción de jugo. (Ver Ilustración No. 2) (Hugot, 1963) (Rein, 1979)

Ilustración No. 4 – Recepción de caña.



3. Molienda. Por medio de bandas transportadoras se conduce la caña preparada a los molinos, donde se realiza el proceso de extracción del jugo que contiene sacarosa. Para hacer eficiente este proceso se utiliza los procesos de maceración e imbibición, el primero consiste en retornar el jugo al molino anterior y el segundo proceso consiste en agregar agua entre 160-170°F al último molino alrededor del 25% para aumentar extracción. (Ver Ilustración No. 3) (Hugot, 1963) (Rein, 1979)

El bagazo que sale del último molino es entre el 26 al 28% caña, este se va hacia calderas, para usarlo como combustible, el sobrante se va al depósito de bagazo, donde se despacha para su transformación a bagazo hidrolizado, venta de energía y paros de emergencia. (Hugot, 1963) (Rein, 1979)

Ilustración No. 5 – Molienda de caña.



4. Sulfitación y clarificación. El jugo procede entonces a ser blanqueado al agregársele óxido sulfuroso. Posteriormente, en esta parte del proceso el jugo de caña presenta una reacción ácida y se ha observado que su pH desciende al avanzar la madurez; este pH varía de 4.97 a 5.7, para cañas sanas, pues para cañas cortadas y abandonadas en los campos, o cañas heladas o quemadas, se obtienen valores de pH más bajos que los citados. (Wagner, 2005; Porta, 1955; Meade, 1985)

El calor actúa sobre el jugo, deshidratando y coagulando parcialmente algunas sustancias como las proteínas y la sílice; a veces, según el pH, la coagulación puede ser completa. A temperaturas bajas, el calor facilita la hidrólisis de la sacarosa; a temperaturas altas, la acción prolongada del calor produce la caramelización, con la consiguiente coloración de los jugos; la

presencia de nitratos y sulfatos alcalinos o alcalinotérreos, aumenta la velocidad de descomposición de la sacarosa, y la presencia de sales de ácidos débiles la retarda. (Porta, 1955)

La adición de cal al jugo neutraliza los ácidos libres, impidiendo la inversión de la sacarosa; su acción sobre los azúcares reductores depende de la concentración y de la temperatura. La cal en soluciones diluidas no descompone los azúcares reductores, sino que los transforma en una mezcla de glucosa, fructosa, manosa y glutosa; pero a concentraciones mayores, a baja temperatura, los transforma en ácidos sacáridos y lácticos. La cal se combina con la albúmina que precipita en coágulos; con muchas sales inorgánicas como los fosfatos, formando compuestos insolubles; los iones de hierro, aluminio y silicatos presentes en los jugos precipitan con la cal, formando un precipitado gelatinoso, con gran cantidad de materia orgánica; muchas materias difíciles de eliminar, como pectinas, y materias colorantes son arrastradas por los precipitados de la cal. (Porta, 1955)

En este proceso la cantidad de cal empleada, la forma de añadirla y la temperatura varían según las regiones y las fábricas, aunque siempre se añade la cal suficiente para neutralizar los ácidos orgánicos presentes en el jugo y se calienta después a 95 °C o a mayor temperatura. (Porta, 1955)

Se acostumbra a emplear la cal en forma de lechada de 15 a 20 °C y puede ser continua o intermitente. Es de máxima importancia añadir la cal con la mayor exactitud posible; si la lechada añadida es insuficiente, la precipitación de la albúmina y el ácido fosfórico es incompleta, y la decantación, lenta y dificultosa, dando jugos turbios y originándose pérdidas por inversión; si la cal que se añade es excesiva, el jugo decanta pronto y la cal actúa sobre los azúcares reductores a temperaturas elevadas, formando sales de coloración oscura y ácidos que invierten el azúcar; estas sales de cal retrasan la evaporación y la cristalización. (Porta, 1955)

Ilustración No. 6 – Clarificadores de jugo.



5. Filtros de cachaza. Es el proceso más necesario que se encuentra dado que sin él la pérdida de sacarosa en la cachaza sería significativa. Se lleva a cabo en filtros rotativos al vacío que separan el jugo del lodo, el jugo retorna a la fábrica al tanque de alcalizado (12% del total) y el lodo se manda a los campos como abono (3-4 % caña). (Ver Ilustración No. 5) (Hugot, 1963) (Rein, 1979)

Ilustración No. 7 – Filtros de cachaza.



6. Evaporación. La evaporación se regula de forma que el jarabe salga de la evaporación con un Brix de 60° a 70°, cuando se fabrica azúcar amarillo, o de 50° a 60°, si se fabrica azúcar blanco. Las pérdidas por arrastre pueden ser elevadas si no se dispone de una buena instalación de recuperadores. Las pérdidas por inversión son tanto mayores cuanto más elevada es la temperatura y mayor su acidez; la inversión comienza a ser peligrosa a 115°C, y nunca debe pasarse de temperatura de 125°C a 130°C. (Porta, 1955)

Durante la evaporación, las sales disueltas en el jugo se precipitan y quedan en parte en suspensión en el jugo, enturbiándolo; otra parte se deposita en el interior de los tubos de haz, incrustándolos, o se adhiere a las mallas tubulares, formando costras que disminuyen el coeficiente de transmisión de calor; las materias coloidales se adhieren también a los tubos del haz, formando así incrustaciones.

La naturaleza de las incrustaciones depende del procedimiento de depuración que se siga, de la concentración del jugo y del número de cuerpos (evaporadores) que componen el múltiple efecto. (Porta, 1955)

Las incrustaciones se componen de sales cálcicas de ácidos orgánicos, entre las cuales se encuentran sulfato, fosfato, carbonato, silicato y oxalato cálcico, sílice, óxido de hierro, entre otras; las materias orgánicas contenidas en las incrustaciones se componen de ácido oxálico, gomas y albuminoides, materias que se depositan en los tubos, junto con la fibra, azúcar y glucosa carbonizadas, a esto se debe el cambio en la coloración de las incrustaciones a lo largo de los efectos. (Porta, 1955)

Ilustración No. 8 – Evaporadores de jugos.



7. Cristalización. La cristalización o cocimiento de la sacarosa que contiene la meladura se lleva a cabo en tachos al vacío. Estos cocimientos, según su pureza, producirán azúcar crudo tratado (materia prima para refinería), azúcar crudo en sacos para exportación y azúcar blanco (para consumo local). La cristalización del azúcar es un proceso demorado que industrialmente se acelera introduciendo al tacho unos granos microscópicos de azúcar, denominados semilla. La habilidad y la experiencia de los operarios que deben juzgar el punto exacto del cocimiento, es indispensable para la obtención de un buen producto. Para azúcar crudo se utiliza un proceso de tres masas y doble magma y para azúcar blanca se utiliza proceso de dos masas y una magma. (Ver Ilustración No. 7) (Hugot, 1963) (Rein, 1979)

Ilustración No. 9 – Batería de tachos.



8. Separación centrífuga. Los cristales de azúcar se separan de la miel restante en las centrifugas. Hay de tipo continuo y Batch, las primeras son cilindros que giran a gran velocidad haciendo la separación por medio de fuerza centrífuga produciendo miel y magma (azúcar de alta pureza), que son productos que regresan al proceso, la miel para agotarla y el grano para mejorarlo y darle tamaño adecuado, una de estas mieles es la más agotada o melaza que se utiliza como materia prima para la producción de alcohol en destilerías, luego las centrifugas tipo Batch producen el azúcar de primera para envasarla, luego de ser pasada por el proceso de secador y enfriado. (Ver Ilustración No. 8) (Hugot, 1963) (Rein, 1979)

Ilustración No. 10 – Bombas centrífugas.



9. Secado y enfriado del azúcar. En el proceso de centrifugado se utiliza agua condensada para lavar el azúcar lo cual nos da humedad entre 0.3 -0.7 %, por lo que es necesario pasarla por un proceso de secado, bajando la humedad a valores de 0.025 -0.08 %, luego pasa el proceso de enfriamiento lista para envase. (Ver Ilustración No. 9) (Hugot, 1963) (Rein, 1979)

Ilustración No. 11 – Secadora de azúcar.



10. Empaque. El azúcar crudo de exportación sale directamente de secadora a las bodegas de almacenamiento en sacos de 50 Kg. o a granel. La azúcar blanca se empaqueta en sacos de 50 y 46 kg. para ser comercializado localmente. Es común hacer despachos directos de producción a las comercializadoras locales o bien a la central almacenadora de exportación, conocida como EXPOGRANEL. (Ver Ilustración No. 10) (Hugot, 1963) (Rein, 1979)

Ilustración No. 12 – Empaque y almacenamiento de azúcar.



11. Refinado. El proceso de azúcar refinado utiliza como materia prima, azúcar blanca estándar y azúcar cruda hasta 550 de color Icumsa, la cual se diluye a un brix de 64, el azúcar cruda antes de pasar al proceso de filtración debe pasar el proceso de clarificación para disminuir el color entre un 40 al 50%, para luego mezclarla con la disolución de blanco y hacer una mezcla homogénea de un solo licor, lista para el proceso de tratamiento con carbón y tierra diatomácea. Este licor tratado se hace pasar por doble filtración obteniendo el licor que se utilizara en el proceso de cristalización de granos donde se obtiene una masa consistente, la cual se desaloja del tacho hacia las centrífugas donde se separan los granos de azúcar y jarabe. Una vez obtenidos los granos de azúcar pasan por un proceso de secado, enfriado, empaque en yumbos de 1250 Kg para ser almacenados en bodega donde llevan un proceso de maduración de 1 semana para luego empacarlo en sacos de 50 Kg o yumbos de 1000 Kg. (Hugot, 1963) (Rein, 1979)

F. Generalidades de los sistemas de corte según el Ingenio Pantaleón

Para poder interpretar y comprender de una mejor los resultados a presentar, se hará una breve descripción de las generalidades para la cosecha y para cada sistema de corte.

Al iniciar la zafra cada departamento de la empresa empieza con la planificar para la época de cosecha próxima, así mismo el área agrícola programa todas las actividades en relación a la

cosecha, desde tiempo de quema de las plantaciones, la cantidad de fincas con su producción aproximada, frentes de corte, tipo de corte según región geográfica; así mismo al corte mecanizado se le asigna aquellas fincas con topografía plana, libre de obstáculos (piedras, troncos, etc.); mientras que el corte manual se realiza en áreas con mayor grado de dificultad.

También se planifica la edad promedio de corte de la planta (preferiblemente de 11 ½ a 12 ½ meses para que se pueda explotar todo el potencial genético con rendimiento de azúcar), generalmente, dicha planificación de corte inicio en septiembre de cada año, para tener una programación de corte de caña en la primera quincena de noviembre, finalizando aproximadamente la primer quincena de mayo. (Melgar, 2012)

Como cualquier otra siembra, en la caña también es necesaria la aplicación de fertilizantes. Ingenio Pantaleón cuenta con un paquete tecnológico que incluye químicos para aumentar el contenido de sacarosa en la caña que se va a cosechar, dichos químicos son llamados Madurantes.

1. Corte manual. El corte manual se realiza con machete tipo australiano, con manija de madre y lámina de acero, con un diseño ergonómico que le facilita el proceso al cortador brindando una mejor calidad en a operación de corte. Una de las ventajas de este sistema de corte es que el cortador tiene la capacidad de poder controlar el porcentaje de impurezas, como la tierra, hojas, piedras, etc., que afectan el proceso de la extracción de jugo. Para los cortadores se tienen estimados promedio de eficiencia de corte, para un cortador se estima que puede cortar de 5 a 7 toneladas diarias, siendo esta caña quemada. Una de las políticas que Ingenio Pantaleón maneja respecto al corte manual es la no contratación de mano de obra infantil, y del género femenino. A pesar de parecer un sistema que presenta muchas ventajas, también presenta dificultades, ya que una vez iniciado el proceso de corte se deberá esperar hasta que se termine todo el lote para poder empezar a alzar la caña, por otra parte este proceso es repetitivo con respecto a otros lotes, por lo que cuando se termina de alzar un lote, otro ya está listo para dar inicio al proceso de alce. De esta forma se puede garantizar un flujo continuo de caña para el proceso industrial. (Melgar, 2012)

La actividad de corte se realiza durante el día, lo que obliga a tener un proceso acelerado para poder contar con suficiente caña para el resto de actividades, como lo son alce y transporte, el objetivo de la planificación es mantener dicho ritmo durante las 24 horas del día, este tiempo indica las horas de permanencia de la caña en el campo, dando un total de 24 a 28 horas. La

permanencia de la caña en el campo es uno de los factores que más impacta el desarrollo de la actividad microbiana en la caña. (Melgar, 2012)

Una de las etapas más importantes en esta operación, es el alce de la caña, ya que los cortadores son encargados de organizar las maletas de caña en los surcos que fueron cortados, de esta manera facilitan la operación de la alzadora, sin embargo la eficiencia del transporte con respecto al peso por viaje, no tiene comparación con la del sistema mecanizado. Por ende, se puede decir que el tiempo de permanencia de la caña que ha sido cortado manualmente, es mayor al de un frente de cosecha con corte mecanizado.

Generalmente, en la industria azucarera se manejan varios tipos de corte, y existe la tendencia de relacionar la quema con el corte manual, así mismo también puede realizarse el corte con caña verde. El objetivo principal por el cual se quema la caña, es para facilitarle el proceso al cortador, ya que de esta manera se puede proporcionar un mejor acceso a los cañaverales, además ahuyenta, o elimina aquellos animales como serpientes o roedores que podría estar dentro del lote. Por otra parte, existen casos cuando la caña es cortada verde manualmente, y estos se refieren a lotes que están debajo de cables de tendido eléctrico o bien en áreas que se encuentran 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. Además, se corta caña verde cuando los lotes son cercanos a viviendas, poblaciones, o plantaciones donde es muy alto del riesgo de quemas. Cuando se presenta este tipo de corte, también se ven elevados los costos, ya que la eficiencia del cortador no es la misma y deben contratar una mayor cantidad de mano de obra. (Molina, 2012)

2. Corte mecanizado. El sistema de corte mecanizado, como su nombre lo indica, es el corte de la caña que se realiza con maquinaria. La ventaja de estas máquinas llamadas cosechadoras, es que permiten realizar la labor eficaz y eficientemente, aunque se cree que el producto como resultado final es de inferior calidad comparado con el sistema de corte manual. Este tipo de corte puede realizarse en verde o quemado, sin embargo, habitualmente, se asocia la cosecha mecanizada, para caña verde.

El tipo de corte mecanizado en caña quemada se da en algunos casos, aunque no se recomienda, se utiliza cuando se desea mejorar la eficiencia de la maquinaria. Por otra parte se

acude a la quema de la caña cuando el corte se realiza en lotes de alta incidencia de plagas, o animales, también la cantidad de materia o basura que se lleva a la fábrica.

En cuanto al rendimiento de una máquina cosechadora, varía de 26 a 28 toneladas por hora (con caña quemada). Otra ventaja que maneja el corte mecanizado es que la operación de corte y alce van incluido en el proceso. La función de la cosechadora es cortar la caña en pequeños trozos, y al mismo tiempo va distribuyendo la caña en las jaulas cañeras, que son jaladas por un tractor que va al lado de la cosechadora mecánica. Esto representa una mayor eficiencia en el transporte de caña al incrementar el peso efectivo por viaje. (Melgar, 2012)

G. Actividad Torre de Control

Torre de Control es parte del departamento de ATRV. Esta área es la encargada de monitorear el recorrido y control del contenido de los camiones que tienen ingreso del campo a la fábrica. Como se muestra en la siguiente ilustración, la torre se encuentra a la entrada del ingenio, donde únicamente tienen ingreso los camiones, de esta manera monitorean cada camión al entrar a Ingenio Pantaleón. Parte de las instalaciones de la torre es que cuentan con una pantalla de más de 42", donde observan el recorrido y ubicación de los camiones, esto les permite un mayor control sobre cada uno.

Ilustración No. 13 – Torre de Control e ingreso de camiones al Ingenio.



Seguidamente, los camiones deben hacer una parada obligatoria en el área de báscula, donde será pesada la caña que ingresa al ingenio. Previamente los pilotos son informados del tándem al cual deberán dirigirse para realizar su primera parada en el ingenio. Como se muestra en la siguiente imagen, el camión ingresa a báscula por el lado del tándem A. Además al piloto se le brinda una boleta de envío donde se indican varios datos como el peso de la caña, el No. de orden, el No. de OT (el código de camión), tándem en el cual deberá descargar, No. de finca, No. de lote, frente de cosecha, tipo de corte, la hora de entrada al ingenio, el nombre del piloto.

Ilustración No. 14 – Báscula de Ingenio Pantaleón.



Otro de los datos que el área de báscula le brinda al piloto es si debe muestrear o no, ya que por medio de un sistema aleatorio se decide si debe pasar al *Core Sampler* para que extraigan la muestra. En el lazo operativo implementado se estableció que cuando un camión no tenía orden de ser muestreado, pero sin embargo la finca debía ser analizada entonces el área de *Core Sampler* debería hacer una parada obligatoria para que se pudiera muestrear el camión.

En el ingreso de los camiones al ingenio existen varios puntos de espera, donde cada camión espera su turno para poder continuar su recorrido hacia el laboratorio de caña, o bien si no es el caso, entonces continuar hacia las mesas receptoras de caña de azúcar. En esta área existe un responsable llamado “periférico”, él es quien autoriza paso “rápido” a los camiones para no detenerse en estas áreas de espera (tanto patio 4, como en el área antes de laboratorio de caña), las razones por la que el autoriza dicho acceso, es cuando el camión tiene desperfectos mecánicos y

tiene necesidad de avanzar con mayor prioridad, sin embargo solamente autoriza camiones con dos jaulas ya que el espacio en el patio es reducido para el retorno de los camiones.

Ilustración 15. – Carriles de espera, salida y entrada.



Como se observa en la siguiente imagen, existe una vía de acceso directo el cual permite que los camiones que entran con prioridad, no deban esperar tanto (cuando sea posible), de lo contrario deberán esperar como el resto de camiones. Sin embargo cuando una finca se encuentra en estado de emergencia, el primer paso que se realizó fue sacar la caña del campo antes del tiempo que se tenía estipulado. Lo que compensa el tiempo que algunas veces el camión debe esperar cuando entra al ingenio.

Ilustración 16 – Carril de acceso rápido para entrar a la fábrica.



Después de este paso, el proceso continúa. Ya que el camión ingresa al patio donde tiene dos posibles opciones, las cuales dependen del jefe de patio. Primero es descargar la caña en las mesas receptoras, tanto del tándem A como del tándem B, así como se muestra en la Ilustración No. 17.

Mientras que la otra opción es descargar la caña en uno de los bordes del patio, como se muestra en la Ilustración No. 18. El supervisor de patio tiene la responsabilidad de mantener caña de reserva para que cuando llegue el momento donde se agote la caña, se utilice esta reserva, sin embargo parte de la labor del jefe de patio es mantener el menor tiempo posible dicha caña en los patios, es decir se le debe dar rotación la caña que va ingresando a esta área. Por otro lado es importante tener en cuenta que la caña de las fincas que han sido declaradas en emergencia no pueden ser parte de la caña que está en reserva en los patios. (Barneond, 2012)

Ilustración No. 17 – Área de descarga en mesa receptora.



Ilustración No. 18 – Borde de descarga en patio.



H. Actividades de trabajo de los operarios en el laboratorio de caña

Ingenio Pantaleón cuenta con un laboratorio de caña, donde se evalúan muestras aleatoriamente de los camiones que son registrados en báscula. El piloto recibe una orden de envío donde se especifican los datos necesarios.

Cuando el camión llega al laboratorio de caña, se extrae la muestra mediante el *Core Sampler*. La función de esta área es facilitar la obtención de las muestras, ya que por medio de un desfibrilador adquieren la fibra de la caña. Posteriormente la fibra es trasladada al primer nivel donde se encuentra el laboratorio de caña, como se muestra en la siguiente ilustración, y el camión continúa su camino hacia el patio

Ilustración No. 19 – Laboratorio de caña y área de *Core Sampler*.



Cuando el camión llega al patio, el supervisor del área debe indicar hacia donde debe dirigirse, ya que puede descargar la caña en las mesas receptoras del tándem A o B (según corresponda) o bien si debe descargar la caña en el patio; dicha descarga se realiza para poder darle un flujo continua a la fábrica, para que esta no tenga necesidad de detenerse por falta de caña, debido a esto se determina tener caña de reserva. La caña que se designa para el patio puede estar entre las 100 o 150 toneladas, ésta tiene capacidad de cubrir un periodo de tiempo de 10 a 15 minutos, al momento que la fábrica carezca de caña. Paralelamente a la secuencia del camión, se inicia el trabajo en el área de laboratorio de caña.

El análisis de las muestras de cada finca en cosecha, es la actividad principal que el técnico de laboratorio debe realizar. El laboratorio de caña cuenta con tres técnicos que analizan el CM, que por sus silgas significa: coeficiente microbiológico, dicho coeficiente se encarga de mediar el nivel de actividad microbiana que posee el jugo de caña. Posteriormente se hará una descripción más detallada de la función del CM.

Los técnicos laboran en turnos rotativas de 8 ó 12 horas, dependiendo el día. La función de estar las 24 horas es poder darle continuidad al proceso y que no se pierdan muestras que podrían ser importantes para el análisis de las fincas.

Al inicio del primer turno 6:00 am, el técnico debe hacer el resumen del día anterior, esto confiere revisar la base de datos, y separar las muestras según horario, ya que el informe debe contar con el promedio de CM de cada 3 horas, empezando desde las cero horas, es decir, de las 0 a 3 de la mañana, segundo, de 3 a 6, y así sucesivamente, con el fin de tener un resumen de todo el día anterior. Dicho informe se realiza para ser presentado a junta directiva y que tengan presente cual ha sido el comportamiento de la caña diariamente. El resumen diario le toma al técnico de una hora y media a dos horas poder realizarlo. Al finalizar el resumen del reporte diario el operario da inicio con el ingreso de datos al sistema, es decir todos aquellos resultados que aún no han sido ingresados del nuevo día de zafra. Aproximadamente a las 8:30-9:00 am, el técnico del laboratorio se dirige hacia el comedor para poder desayunar. Al regresar, continúa con sus labores.

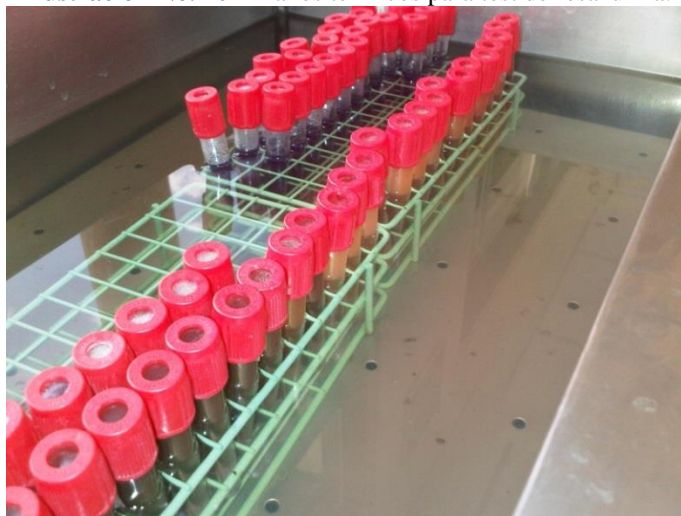
El trabajo del técnico de CM del laboratorio resulta ser monótono, ya que realiza las mismas actividades todos los días, todo el día. Como el nombre lo indica, la labor principal del operario es realizar el análisis de Coeficiente Microbiológico de las muestras seleccionadas. Al ingresar las muestras enviadas desde el *Core Sampler* el técnico de CM realiza las siguientes actividades:

- Algún técnico del laboratorio (sin ser precisamente el técnico de CM) extrae el jugo de la caña desfibrada mediante la prensa hidráulica, separando la fibra de la caña conocida también como bagazo y obteniendo un jugo con desechos orgánicos (bagacillo, tierra), por lo que su aspecto es sucio.
- El técnico de CM anota en el registro de muestras diarias los datos principales de la muestra que vienen acompañados de la nota de envío, como el número de OT, Número

de finca y lote, tipo de corte, y el tándem al cual va dirigido.

- Luego, el técnico toma una pequeña muestra para llevarla al baño térmico (o baño maría) el cual posee una temperatura de 37°C y realizar la prueba de resazurina. Como se muestra en la siguiente imagen.

Ilustración No. 20 – Baños térmicos para test de resazurina.



- Eventualmente el técnico de CM también realiza pruebas de Brix y Lpol.

Para la preparación de la prueba brix, se debe de limpiar el lente del refractómetro digital y a su vez se debe calibrar. Se vierte jugo en el lente del refractómetro y se obtiene el resultado. La obtención de resultados para la prueba Lpol, conlleva más tiempo, ya que se debe filtrar el jugo en otro recipiente, de tal manera que el jugo queda cristalino y sin impurezas. Posteriormente se le aplica octopol al jugo y se mezcla la solución. Se calibra el polarímetro, seguidamente se vierte el jugo en el orificio del mismo para obtener el resultado. (Gil, 2011)

- Al ingresar la muestra al baño térmico, inmediatamente anota en el registro de muestras diarias la hora inicial del test y la posición en el baño.
- Además de ingresar datos y muestras nuevas, debe tener un control constante sobre las muestras ingresadas anteriormente, al menos cada 15, 30 y 45 minutos

El técnico deberá ser un minucioso al momento de revisar las muestras, ya que el viraje de la muestra en algunos casos no es tan notorio y se debe tener amplio criterio para determinar si el

viraje ha sido adecuado y así poder darle una hora final al test de la resazurina, ya que el color de la prueba es lo que determina el resultado, tal y como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración No. 21 – Cambio de color que sufre el jugo de caña en el test de resazurina.



I. Área de Trabajo de patio

El área de trabajo es el patio de caña. El proceso del manejo de la caña en el patio involucra desde el ingreso de la caña al ingenio hasta la descarga de la misma en los conductores. Para ejemplificar mejor este proceso se realizó un diagrama de operación, (Ver Ilustración No. 29), donde se puede conocer la secuencia de las actividades que se realizan para dicho proceso.

Actualmente, la caña que ingresa al ingenio sigue una metodología que se encuentra ya establecida por el ingenio. Primero los camiones que jalan las jaulas que contienen la caña, pasan por la bascula para ser pesada, posteriormente los camiones esperan en los “patios de espera” (son amplios patios donde los camiones se estacionan y esperan las indicaciones de la torre de control). Seguidamente pasan al patio de caña y algunos de ellos se seleccionan para ser monitoreados por un muestreo en el *Core Sampler*, (Ver Ilustración No. 12). Tanto en el Tándem A, como el tándem B, tienen la capacidad de recibir caña mecanizada o caña manualmente cortada. Sin embargo, en esta zafra se trato que el Tándem A únicamente recibiera la caña mecanizada y el tándem B recibiera solamente la caña de corte manual.

La decisión de realizar esta operación se debe a que la mesa del tándem B tiene mayor capacidad de procesar la caña a granel que la mesa del tándem A. Otro factor que se puede

mencionar es que el tándem A se puede obstruir por las largas cañas de granel y esto ocasiona un paro no programado en el flujo del proceso. Un paro no programado significa costos muy elevados para el ingenio.

Ilustración No. 22 – Toma de muestra en *Core Sampler*.



En el área de volteo hay dos grúas de hilo (una en cada mesa), cada grúa de hilo engancha las jaulas del cabezal y la descarga en la mesas, (Ver Ilustración No. 13). Luego la caña pasa por un proceso de lavado y se introducen en los conductores, estos conductores son unas bandas transportadoras que introducen la caña en los tándemes para el proceso de extracción de jugo.

Ilustración No. 23 – Mesas de descarga de caña.



En la actualidad, la caña que se almacena en el patio tiene otro procedimiento, pues es el supervisor de patio quien solicita la caña que se almacena en el mismo. El supervisor se comunica con el “periférico” (persona encargada de coordinar la entrada de los camiones al área de descarga) para que envíe un camión con dos jaulas (cada jaula contiene de 25 – 27 toneladas de caña), este camión pasa directamente a la rampa lateral y descarga la caña en esa área quedando almacenada al intemperie hasta que sea necesitada.

1. Importancia de la caña en el patio. La función principal de la caña en el patio es mantener un flujo constante en los conductores, (Ver Ilustración No. 14), los cuales llevan la caña a los tándemes para el proceso de extracción de jugo. Esta función asegura el constante funcionamiento de la fábrica en tiempo de zafra. Debido a que un paro en la fábrica en temporada de zafra puede representar costos elevados y en consecuencia pérdidas significativas para la empresa.

Ilustración No. 24 – Conductor.



a. Flujo constante. El flujo constante en los conductores es vital para que la producción de azúcar y electricidad se lleven con éxito. Sin embargo, hay ciertas situaciones en las cuales este flujo es suspendido por diversas razones, entre las cuales se encuentran:

- **Mantenimiento semanal de las mesas:** El cual se realiza semanalmente, a principio de la semana. Este mantenimiento se lleva a cabo de manera planificada, por lo cual una mesa recibe mantenimiento primero y luego en otra fecha la segunda mesa. El mantenimiento puede durar hasta ocho horas.
- **Objetos que obstruyen la mesa:** Debido a que a veces dentro de la caña se encuentran troncos de árboles, grandes piedras, etc. Las mesas se obstruye.

- **Algún desperfecto que sucede en la mesa:** En ocasiones sucede algún desperfecto dentro de la mesa que no permite el funcionamiento correcto de la misma.
- **Mala calibración de la mesa:** La mesa se debe calibrar correctamente ya que esta tiene un límite para procesar la caña. Por lo que, cuando está mal calibrada, la mesa introduce una menor cantidad de caña a los conductores de lo que debería ir y en consecuencia hay un faltante de caña en los conductores.
- **Algún desperfecto con las grúas:** Derivado que algunas veces los cables que utiliza las grúas se rompen.

J. Microorganismos para el proceso

Las condiciones favorables para el desarrollo de los microorganismos en las fábricas están limitadas a un área particular: el área de extracción, puesto que las temperaturas altas y el bajo contenido de agua, característicos de la mayor parte del proceso de fabricación, se consideran como las principales condiciones adversas para una actividad microbiológica excesiva. La extracción comprende una operación de molienda en donde obtenemos el jugo de caña, cuyas características físicas y químicas lo convierten en un excelente sustrato para el desarrollo de una gran variedad de microorganismos. (Cerutti de Guglielmo, 2000, Hoing, 1969)

1. Pérdidas de sacarosa. En las fábricas de azúcar se presentan pérdidas que son definidas dependiendo del esquema de operación, realizando balances que incluyen la cuantificación de la sacarosa según las características físico-químicas de los jugos y productos intermedios del proceso. Teniendo en cuenta la sacarosa que ingresa en la caña, la sacarosa presente en el bagazo, en la melaza final, en los efluentes, y el azúcar final obtenido, estos balances muestran un porcentaje de azúcar que se pierde en el proceso y que se conoce como “pérdidas indeterminadas” (Broadfoot, 2001).

2. Características físico-químicas de los jugos. Las poblaciones microbiológicas que degradan la sacarosa y los azúcares reductores presentes en el jugo determinan las características físico-químicas de los mismos e influyen en el desarrollo posterior del proceso de extracción; por esta razón, los subproductos metabólicos son tomados como indicadores indirectos de las pérdidas de sacarosa en el proceso, aunque las pérdidas reales son mayores que las que se pueden calcular con base en estos indicadores debido a que están influenciados por factores ajenos a la actividad microbiana. (Duarte, 1982; Hernández, 1978).

3. Pérdidas indeterminadas. En el lapso en que la caña va desde el campo hasta el ingenio, las pérdidas de sacarosa por inversión de la molécula en sus azúcares reductores se dan por causas físicas, químicas y microbiológicas.

Las causas físicas incluyen pérdidas directas debidas a las pobres técnicas de corte de la caña, almacenamiento y/o transporte, dispersión, pérdidas de sacarosa en aguas, productos residuales y absorbentes (Clarke, 1996). Las pérdidas influenciadas por la descomposición química incluyen la descomposición térmica, la acidez del jugo y la presencia de la enzima invertasa (Clarke, 1996).

El jugo tiene una acidez natural que es neutralizada pocos minutos después de la extracción, disminuyendo la incidencia de este factor en la inversión de la molécula, y por lo general se mantiene a temperatura ambiente durante el proceso de extracción, lo que indica que cuando estos factores se mantienen en valores óptimos que aseguren una inversión mínima, el factor de mayor incidencia está relacionado con la actividad enzimática (Duarte, 1982; Hernández, 1978).

La enzima invertasa (β -D fructofuranósido fructohidrolasa, E.C 3.2.1.26 ó β -fructofuranosidasa) en el jugo de caña tiene 2 orígenes: la caña de azúcar y la actividad microbiológica. La caña de azúcar sintetiza y cataliza la sacarosa mediante esta enzima para obtener la energía necesaria para sus funciones fisiológicas y la producción enzimática varía de acuerdo a los requerimientos nutricionales y el tiempo entre corte (cosecha) y molienda (Pulido, 1977).

El deterioro microbiológico causa entonces la mayoría de las pérdidas por inversión, disminuyendo la producción de azúcar y aumentando la producción de melazas; los

microorganismos encuentran en la sacarosa un buen sustrato para su crecimiento y excretan la enzima invertasa (Hollaus, 1978; Vandel Poel, 1998).

4. Contaminación microbiológica. Desde el momento que se corta la caña hasta que se clarifica el jugo extraído a altas temperaturas, la sacarosa está expuesta a la acción enzimática de una multitud de microorganismos que pueden provenir del suelo que se adhiere a tallos y hojas de la caña o del aire contaminante, y que se ven favorecidos por factores como las operaciones de quema, corte, condiciones de temperatura, humedad alta y tiempos entre corte y molienda (Cerutti de Guglielmo, 2000; Van der Poel, 1998).

Cuando la caña entra en el molino, sus jugos circulan a través de los mismos y entran en contacto con los microorganismos que se encuentran adheridos a las superficies de concreto y metal; sin embargo, la presencia de estos en cualquier azúcar particular o producto intermedio de su fabricación, no significa necesariamente que se estén produciendo cambios perjudiciales, ni tendrán significado desde el punto de vista económico, a menos que factores del medio, como temperatura, agua, O₂ y elementos nutritivos sean favorables para el rápido crecimiento (Honig, 1969).

Entre estos microorganismos, que encuentran el medio ideal para su crecimiento en el jugo de caña, se han identificado tres grupos principales de bacterias: productoras de exopolisacáridos, donde se encuentra *Leuconostoc sp.*; aerobios espora-formadores, como *Bacillus sp.*, y aerobios no espora-formadores, como *Escherichia coli*; las levaduras son igualmente importantes, sobre todo las osmofílicas capaces de desarrollarse en medios muy concentrados por su resistencia a elevadas presiones osmóticas, como las mieles y el azúcar; también se encuentran, en menor proporción ciertas especies de mohos (Duarte, 1982; Honig, 1969; Van der Poel, 1998).

5. Control de la actividad microbiológica. La formación de polisacáridos es fácilmente encontrada en molinos de caña donde se da poca atención a la limpieza, pues es este un factor fundamental para controlar las pérdidas de azúcar en los tándem de molinos, que deben lavarse con vapor a intervalos regulares y ser totalmente sanitizados cuando la molienda se detenga para evitar la acumulación de bagazo que permita la proliferación de los microorganismos (Van der Poel, 1998).

La limpieza frecuente y minuciosa del equipo de molienda permite reducir la fuente de inóculo de microorganismos por medio de limpiezas con vapor, que ayuda a controlar las poblaciones mientras está en contacto con ellos; sin embargo, el jugo permanece desprotegido durante el proceso de molienda (Pulido, 1977). Por esta razón, se han llevado a cabo numerosos estudios con el fin de encontrar compuestos que puedan emplearse en ingenios azucareros y que posean actividad bacteriostática o bactericida ante los grupos microbiológicos con mayor incidencia en el proceso de extracción, teniendo en cuenta la relación costo-efectividad.

K. Fundamentos analíticos

1. Test de la resazurina. La resazurina o diazorresorcinol es un compuesto orgánico de color azul, funciona como un colorante con estructuras insaturadas que se reducen al aceptar hidrógenos transportados por las deshidrogenasas, durante los procesos metabólicos de los microorganismos (Alvarez, 2008).

En la primera fase del proceso se forma la resorrufina, que hace variar el color violeta de la solución hasta un color rosado. La formación de la dehidrorresorrufina provoca el cambio incoloro de la solución, siendo esta decoloración la fase final de la prueba (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. (Alvarez, 2008)

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.

$$CM = \frac{5}{t_R} \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

CM es el coeficiente microbiológico

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 (Alvarez, 2008)

Tabla No. 1 – Valoraciones para CM.

		CM
BUENO		0 – 1.75
ALERTA		1.75 - 2
MALO		2 -3
CRÍTICO		3 en adelante

(Alvarez, 2008)

2. Fermentación espontánea. La fermentación espontánea se basa en el incremento de la concentración de ácidos causada por la actividad de los microorganismos en los jugos. Esta prueba fue utilizada por Hernández y otros para estimar las pérdidas de sacarosa ocurridas entre el corte y la molida de la caña, el valor que se obtiene es bastante aproximado si la prueba se aplica constantemente. (Hernández, 1986)

Las pérdidas de sacarosa se calculan de la siguiente manera:

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

Donde:

S_1 y S_2 representa la degradación de la sacarosa en un tiempo de incubación determinado

ΔpH la caída del pH del jugo analizado.

Hernández y colaboradores adaptaron el método de la fermentación espontánea, desarrollada en jugo para detectar y estimar las pérdidas de sacarosa en productos intermedios de

la refinera. Para ello incubaron las muestras a diferente temperatura que la original, con su pH inicial y durante las 4 horas de incubación. (Hernández, 1986)

Pruebas en varios ingenios determinó que a mayor temperatura existe una mayor conservación del producto. (Hernández, 1986)

3. 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 (Hernández, 1986).

4. Elongación de cristales. El método de elongación de cristales es una manera directa de evaluar los efectos de la actividad microbiológica en el área de tachos. A razón que aumenta esta actividad los cristales incrementan su largo y disminuyen su ancho, lo que provoca que aumente la pureza de la miel final, incrementando pérdidas de azúcar.

5. Agentes biocidas. Los agentes biocidas aplicados en ingenios azucareros en el mundo deben cumplir con tres especificaciones:

- Estar aprobados por la normatividad vigente de regulación en alimentos.
- Ser relativamente económicos y de fácil aplicación.
- No deben ser volátiles y funcionar a las temperaturas que se presenten en el proceso (Ravnö, 2001).

La aplicación debe ser adaptada a las condiciones de la fábrica, para que tenga impacto sobre los grupos de microorganismos que muestren tendencia a desarrollarse en lugares específicos del proceso; para la aplicación de un agente biocida económicamente viable es necesario determinar el punto más apropiado de aplicación y la dosis más apropiada con el fin de optimizar la actividad (Antier, 1996; Hollaus, 1978), así como tener en cuenta la forma de aplicación, temperaturas del proceso y diseño de la planta de extracción (Vander Poel, 1998).

Los bactericidas utilizados en el Ingenio Pantaleón son Labs SMB® y Betastab® 10A. Labs SMB es un bactericida especialmente formulado para prevenir la conversión de sacarosa a fructosa en jugo de caña durante la molienda. También inhibe el crecimiento de algas, hongos y bacterias. Su apariencia es líquida de color amarillo, con un olor característico a azufre, y posee una gravedad específica de 1.22 g/cm^3 a temperatura ambiente. El producto activo de dicho bactericida es de origen químico, y posee un 30% del mismo (Labs Enterprise Corp., 2012).

Los ácidos beta que se encuentran en forma natural en el lúpulo, han demostrado ser efectivos para el control del crecimiento de las bacterias presentes en la producción de azúcar. Betastab® 10A, es una solución acuosa de ácido beta del lúpulo, utilizados para el control de las bacterias más comunes en la producción de azúcar. Algunos de sus beneficios son: fácil manejo, seguridad, buenos resultados en relación costo-beneficio, además de tener un producto activo de origen biológico. Posee una gravedad específica de 1.19 g/cm^3 a temperatura ambiente (BetaTec, 2012).

L. Aplicación de la Ingeniería Industrial

La Ingeniería Industrial en Guatemala ha surgido para generar estructuras organizacionales que se adapten a las necesidades y requerimientos de las empresas guatemaltecas. El Ingeniero Industrial debe ser capaz de convencer a los directivos y ejecutivos de la importancia que conlleva esta aplicación para una inversión en el área.

Adicionalmente, un factor que agrega valor al trabajo, es tener las herramientas necesarias para poder comunicarse de tal forma que las personas sean capaces de entender la labor de la Ingeniería Industrial, algunas de ellas son: la calidad, el mantenimiento productivo de la maquinaria, equipos, herramientas y utensilios, además la seguridad industrial, logística, la administración operativa, etc. (Romero, 2006)

La importancia de la Ingeniería Industrial es optimizar los procesos básicos, intermedios y terminales tanto de manufactura como de servicios para lograr la excelencia de la producción terminal. Utilizando instrumentos técnicos para la investigación y capacitación del personal, que faciliten la resolución de problemas en cualquier ámbito.

La Ingeniería Industrial se encarga de brindar información, con conocimientos y herramientas actualizadas, para que el desempeño sea eficiente en la solución de problemas de gestión de operaciones y de la productividad que se da en las empresas. Además se ocupa del diseño, mejora e instalación de sistemas integrales compuestos de hombres materiales y equipos. (Romero, 2006)

1. Control de las operaciones. Aparentemente en empresas grandes el control en las operaciones no representa ningún problema, sin embargo a pesar de una buena planeación las organizaciones no funcionan a la perfección. Como resultado de esto, quienes supervisan las operaciones deben cerciorarse de algún modo que la desviación de los planes no esté tan alejada realidad y de esta forma asegurarse que la empresa este funcionando como se pretende. Estos métodos de supervisión y corrección son parte del monitoreo de los procesos y sirven para mantener a la empresa en el camino correcto.

Inicialmente se establecen normas, para vincular la planeación con el control, ya que por medio de la planeación y determinación de objetivos es que se establecen los estándares de control. Quien realiza los planes, traducen las metas en normas para que éstas puedan ser medibles. (Longenecker, 2010).

2. Técnicas para medir el trabajo. La medida del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador cualificado en llevar a cabo una tarea definida, efectuándola según una norma de ejecución preestablecida. (Caso, 2006)

La medida del trabajo sirve para investigar, reducir y eliminar, si es posible, el tiempo improductivo, que es aquel tiempo en el que no se realiza trabajo productivo alguno, sea cual sea la causa. Una vez conocido este tiempo improductivo, se puede tomar medidas para eliminarlo o al menos minimizarlo. Además se pueden agregar tarea en los tiempos que se consideren nuestros. (Caso, 2006)

La medida del tiempo se ha utilizado generalmente para reducir el tiempo improductivo imputable al trabajador, mientras que el tiempo improductivo imputable a la dirección, que es mucho más dilatado (falta de normalización, diseños mal concebidos, falta de planificación, herramientas inadecuadas, mantenimiento de maquinaria y equipo escaso y mal concebido, no

obligar al cumplimiento de las normas de seguridad e higiene, políticas, etc.) se pasa por alto. (Caso, 2006)

La medida del trabajo, además de revelar los tiempos improductivos, sirve para fijar los tiempos estándares de ejecución de una determinada tarea, que podrán ser utilizados en:

- Evaluar el desempeño del trabajador comprando la producción real durante un periodo de tiempo dado con la producción estándar calcular por aplicación de la medida del tiempo.
- Planificar las necesidades de mano de obra para cualquier producción futura.
- Calcula la capacidad disponible.
- Determinar costos de un producto. Los estándares obtenidos mediante la media del trabajo son uno de los datos necesarios para el cálculo de los costes de producción.
- Evaluar los distintos procedimientos de trabajo; al considerar diferentes métodos para un trabajo, la medida del mismo puede proporcionar la base para la comparación.
- Realizar diagramas de operaciones; uno de los datos de partida para la realización de diagramas de sistemas, es el tiempo.
- Establecer incentivos.

El buen funcionamiento de la empresa va depender, en muchas ocasiones, de que las diversas actividades enunciadas estén correctamente resultas, y esto dependerá de la bondad de los tiempos calculados. (Caso, 2006)

3. Diagramas de flujo del proceso. El flujograma constituye la representación diagramática de la secuencia lógica de pasos de las operaciones y actividades desarrolladas por las diferentes unidades organizativas. Representa el flujo de trabajo involucrado en la realización de las funciones de sección, oficina y departamentos. (Hernández, 2007)

La importación de su uso radica en que es una herramienta efectiva en el análisis administrativo, ya que facilita la apreciación y valoración del seguimiento del flujo de trabajo a través de actividades y facilita su simplificación. (Hernández, 2007)

Esa importancia radica básicamente en cuatros aspectos de uso:

- En la planeación de sistemas: Elaborar un flujograma obliga a un previo ordenamiento de la información disponible, así como un análisis sistemático y detallado de los diferentes procesos.
- El flujograma permite racionalizar los procedimientos establecidos, introduciendo cambios para lograr procedimientos de mayor eficacia y simplificación de tareas.
- En la actualización de sistemas: Los cambios en los procedimientos son fácilmente representables a través de variaciones incluidas en el flujograma, lo cual permite visualizar y analizar las nuevas operaciones o flujos de trabajo incluido en el sistema.
- Simplicidad en los sistemas: El empleo de diagramas de flujo otorga la simplicidad a las operaciones desarrolladas, facilita el análisis de flujo de trabajo y del desempeño de las unidades involucradas.
- Ahorro de tiempo y costo: El empleo del diagrama de flujo hace más accesible el análisis de los procedimientos de la organización y apunta a la localización de puntos problemáticos, sin necesidad de construir todo el sistema. (Hernández, 2007)

4. Método de observación. La observación es la primera forma de contacto o de relación con la realidad o con los objetos que van a ser estudiados. El método de observación también se define como la inspección y estudio realizado por el investigador, mediante el empleo de sus propios sentidos, con o sin ayuda de aparatos técnicos, de las cosas o hechos de interés social, tal como son o tienen lugar espontáneamente. (Hurtado y Toro, 2007)

Por otra parte, también se considera que la observación juega un papel muy importante en toda la investigación porque le proporciona uno de sus elementos fundamentales, los hechos. El investigador observa utilizando sus sentidos, acumula hechos que lo ayuda a identificar un problema. Mediante la observación cuidadosa y hábil, descubre pautas que lo capacitan para elaborar una solución teórica de su problema. Desde que comienza su trabajo hasta el momento en que es posible aceptar o rechazar la solución propuesta. El investigador confía en la observación. (Hurtado y Toro, 2007)

En este caso, particularmente el investigador juega un papel muy importante en cuando a la observación ya que son varios los procesos y personas, que debe evaluar mediante este método.

Para poder analizar alguna situación es necesario observar como se comportan los entes evaluados para poder medir su desempeño.

5. Ingeniería de valor. La Ingeniería de valor se refiere a la mejora del diseño y especificaciones en las etapas de investigación y desarrollo, diseño y productividad del producto. Además de la inmediata y evidente reducción del costo, el diseño para la Ingeniería de valor puede producir otros beneficios, entre ellos:

1. Reducción de la complejidad del producto.
2. Estandarización adicional de componentes.
3. Mejora de aspectos funcionales del producto.
4. Mejor diseño del trabajo y de la seguridad en el trabajo.
5. Mejor mantenimiento (posibilidad de dar servicio) de un producto.
6. Diseño robusto. (Heizer y Render, 2004)

Las actividades de Ingeniería de valor son quizá la mejor técnica disponible de la administración de operaciones para evitar costos. Proporcionan mejoras en el valor al enfocarse en alcanzar las especificaciones funcionales necesarias para satisfacer los requerimientos del cliente de manera óptima. Los programas de Ingeniería de valor, cuando su manejo es efectivo, suelen reducir entre 15 y 70% el costo sin reducir la calidad. (Heizer y Render, 2004)

El diseño del producto afecta prácticamente todos los aspectos del gasto de operación. En consecuencia, el proceso de desarrollo necesita asegurar la evaluación exhaustiva del diseño antes de comprometerse a producirlo. (Heizer y Render, 2004)

El objetivo de la Ingeniería de valores es obtener desempeño máximo por unidad de costo. En general, el análisis de valores consiste en seis fases siguientes:

- a. La fase de información, para reunir datos y determinar costos.
- b. La fase de análisis, para definir las funciones e identificar las áreas problemáticas y las oportunidades.
- c. La fase de creatividad, para buscar ideas a desarrollar, y para identificar los costos incurridos.
- d. La fase de evaluación, para seleccionar las ideas a desarrollar, y para identificar los

costos incurridos.

- e. La fase de implementación, para presentar hechos, costos y valores a la administración de la empresa.
- f. La revisión de todo el proceso de valores y de los ajustes que se pueden necesitar. (Kalpakjian y Schmid, 2002)

La Ingeniería de valor no juega un papel directamente aplicado en el proyecto, sin embargo es el objetivo principal de Ingenio Pantaleón, reducir sus costos sin interferir en su calidad. La labor de cada integrante es aportar intrínsecamente la Ingeniería de valor en cada una de las áreas.

6. Capacitación. La capacitación es la adquisición de conocimientos técnicos, teóricos y prácticos que van a contribuir al desarrollo del individuos en el desempeño de una actividad. Se puede señalar, entonces, que el concepto capacitación es mucho más abarcador.

La capacitación en la actualidad representa para las unidades productivas uno de los medios más efectivos para asegurar la formación permanente de sus recursos humanos respecto a las funciones laborales que y deben desempeñar en el puesto de trabajo que ocupan.

Si bien es cierto que la capacitación no es el único camino por medio del cual se garantiza el correcto cumplimiento de tareas y actividades, si se manifiesta como un instrumento que enseña, desarrolla sistemáticamente y coloca en circunstancias de competencia a cualquier persona. Bajo este marco, la capacitación busca básicamente:

- Promover el desarrollo integral del personal, y como consecuencia el desarrollo de la organización.
- Propiciar y fortalecer el conocimiento técnico necesario para el mejor desempeño de las actividades laborales.

Con la finalidad de que los centros de trabajo identifiquen y apliquen los aspectos mínimos necesarios que deben ser considerados para emprender un proceso de capacitación organizado, que involucre como actividad natural del mismo el dar cumplimiento a las disposiciones legales que se establecen en la materia

Debe crearse una cultura, un espíritu de capacitación. Todo el aspecto formal, estructural y legal respecto a la capacitación es necesario, es bueno, pero no es la base de la función educativa eficaz. Lo que hace que en una organización exista la capacitación, es que el líder, empresario o directivo, ejerza el liderazgo junto con las personas que tienen autoridad y toman decisiones; todos ellos deben ser el modelo para crear una cultura de capacitación. (Aguilar, 2004).

7. Registros diarios. Las hojas de registro diario tienen la función de reunir información, es esencial que el objetivo sea claro y que se obtengan datos que reflejen los hechos con claridad. Además de estos requisitos, en situaciones reales es importante que los datos se recojan de forma clara y fácil de usar. Una hoja de registro es un formato pre impreso en el cual aparecen los ítems que se van a registrar, de tal manera que los datos puedan recogerse fácil y concisamente. Sus objetivos principales son dos:

- Facilitar la recolección de los datos.
- Organizar automáticamente los datos de manera que puedan usarse con facilidad más adelante. (Hitoshi, 2002)

La recolección y el registro de los datos parecen fáciles pero en realidad es difícil. Generalmente, mientras más personas procesen los datos, mayor es la posibilidad de que se presenten errores de transcripción. Por lo tanto, la hoja de registro, en el cual los datos puedan registrarse por medio de cruces o de símbolos sencillos y en la cual los datos se organizan automáticamente sin necesidad de más copias a mano, se convierte en una herramienta poderosa para el registro de los datos. (Hitoshi, 2002)

8. Métodos, estándares y diseño del trabajo. El diseño del trabajo es una ciencia que se refiere al diseño de tareas, estaciones de trabajo y del ambiente laboral para que estas puedan ser adaptadas de mejor manera al operador humano. (Niebel, 2009)

Los objetivos primordiales de los métodos, estándares y diseño del trabajo son: incrementar la productividad y la confiabilidad en el producto y reducir los costos unitarios, lo cual permite aumentar la producción de bienes y servicios con una mejor calidad para satisfacer a más consumidores. (Niebel, 2009).

9. Ingeniería de métodos. Los términos análisis de operaciones, simplificación de trabajo e Ingeniería de métodos se refieren a procedimientos sistemáticos que permiten introducir mejoras que faciliten la realización del trabajo y que éste sea hecho en el mejor tiempo posible y con una menor inversión por unidad producida. (Niebel, 2009)

10. Estudio de tiempos. Frank y Lilian Gilbert fueron los creadores de la técnica moderna de estudios de movimientos, la cual puede incluir el estudio de los movimientos corporales que son utilizados para realizar una operación, la eliminación de movimientos innecesarios, simplificación de los movimientos necesarios y, posteriormente la determinación de la secuencia de movimientos más favorable para obtener una máxima eficiencia. (Niebel, 2009)

La técnica del estudio de tiempos establece un estándar de tiempo permitido para llevar a cabo una determinada tarea, basado en el estudio de movimientos, con la debida consideración de la fatiga y demoras inevitables del operario. El estudio de tiempos busca producir más en menos tiempo y mejorar la eficiencia en las estaciones de trabajo. Las técnicas empleadas para el estudio de tiempo son: estudio de tiempos con cronómetro, captura de datos en computadora, datos estándar, muestreo del trabajo y estimaciones basadas en datos históricos. La técnica que el analista de tiempos desee utilizar dependerá de su criterio. Los tiempos que se establezcan pueden y deben de ser la base para la estandarización de una tarea. (Niebel, 2009)

11. Método de observación. 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. Es una actividad fundamental en todo proceso de investigación. (Letona, 2010)

12. Seguridad industrial. La seguridad industrial tiene como objeto la prevención y limitación de riesgos, así como la protección contra accidentes y siniestros que puedan producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o medio ambiente, derivados de la actividad industrial o de la utilización, funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones o equipos y de la producción, uso o consumo, almacenamiento o desecho de los productos industriales. (Ruiz, 2006)

13. Gestión de calidad y métodos de manufactura esbelta (Kanban). Kanban se define como "Un sistema de producción altamente efectivo y eficiente". Kanban significa en japonés: 'etiqueta de instrucción'. Su principal función es ser una orden de trabajo, es decir, un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de que se va a producir, en que cantidad, mediante que medios y como transportarlo. (Shingo, 1993)

Kanban cuenta con dos funciones principales: control de la producción y mejora de procesos. La función de mejora continua de los procesos se entiende por la facilitación de mejora en las diferentes actividades, así como la eliminación del desperdicio, reducción de set-up, organización del área de trabajo, mantenimiento preventivo y productivo, etc. (Shingo, 1993)

La etiqueta Kanban contiene información que sirve como orden de trabajo, esta es su función principal, en otras palabras es un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de que se va a producir, en qué cantidad, mediante que medios, y como transportarlo. (Shingo, 1993)

Básicamente Kanban nos servirá para lo siguiente:

1. Poder empezar cualquier operación estándar en cualquier momento.
2. Dar instrucciones basados en las condiciones actuales del área de trabajo.
3. Prevenir que se agregue trabajo innecesario y prevenir el exceso de papeleo innecesario.

14. Análisis FODA. El nombre FODA viene de un útil y practico mecanismo de análisis de las iniciales de los cuatro conceptos que intervienen en su aplicación:

- F de Fortalezas
- O de Oportunidades
- D de Debilidades
- A de Amenazas (o Problemas)

Una de las aplicaciones de dicho análisis es determinar los factores que pueden favorecer (Fortalezas y Oportunidades) u obstaculizar (Debilidades y Amenazas) el logro de los objetivos establecidos con anterioridad.

- **Fortalezas:** Son fortalezas o “puntos fuertes” aquellas características propias del producto a ser analizado que favorecen el logro de los objetivos.
- **Oportunidades:** Son oportunidades aquellos aspectos que podrían ayudar a lograr los objetivos.
- **Debilidades:** Son debilidades o “puntos débiles” aquellas características propias del producto a ser analizado que obstaculiza el logro de los objetivos.
- **Amenazas:** Son amenazas aquellos aspectos podrían afectar negativamente el logro de los objetivos.

Cualquier debilidad o amenaza que se logre encontrar automáticamente se convierte en una fortaleza o una oportunidad.

Un análisis FODA es una metodología que puede ser aplicada a una empresa, un proyecto o un producto.

En síntesis las fortalezas se deben utilizar, las oportunidades deben ser aprovechadas, las debilidades deben eliminarse y las amenazas deben sortearse. (Robbins, 2005)

15. Realización de un DERCAS. Un DERCAS son las siglas para “Documento de especificaciones, requerimientos y criterios de aceptación de software”. El DERCAS es una metodología de la Ingeniería de software que permite definir los pasos esenciales para el análisis y desarrollo de un proyecto de software.

Generalmente un DERCAS se lleva a cabo cuando se va a comenzar un proyecto. Se realiza luego de levantar los requerimientos y así enmarcar en un contexto la solución a desarrollar.

La realización del DERCAS no sólo se centra en el software, sino que también se centra en mejorar la calidad de trabajo y la funcionalidad que tendrá este software para mejorar las prácticas y los resultados finales del área en donde será implementando el sistema.

Es importante que en el DERCAS se detalle paso por paso y pantalla por pantalla lo que se desea que realice el software para que así no haya duda alguna de lo que se desea obtener como resultado final. Muchas veces es difícil la realización del DERCAS debido a que se tiene que utilizar la imaginación para poder realizar las especificaciones del sistema.

16. Análisis de costos. Si se recurre al concepto amplio de la palabra costo se podría resumir como “El sacrificio que debe realizarse para alcanzar un objetivo, cualquier sea éste”. Pero si se limita a su sentido económico más estricto, costo es “el insumo de determinados elementos valorizables económicamente, aplicado a lograr un objetivo también económico”.

El costo presenta la particularidad de ser controlable por quienes incurren en él, y esta diferencia lo diferencia de la pérdida, que es menos manejable.

Los costos sirven para registrar lo ocurrido en determinada empresa, atendiendo a cuándo se produjeron los acontecimientos que generaron una erogación, en donde se originaron y cuánto se gastó. (Faga, 2006)

17. Evaluación de metas. Las metas son resultados deseados para individuos, grupos y organización enteros. Las metas son objetivos y usados los dos términos indistintamente, marcan la dirección de todas las decisiones administrativas y forman los criterios con los que se miden los logros reales en el trabajo.

Existen dos tipos de metas:

- **Metas declaradas:** Anuncios oficiales que la organización dicta y quiere que los interesados consideren como sus objetivos.
- **Metas reales:** Metas que una organización persigue realmente, definidas por los actos de los integrantes.

Las metas marcan la dirección de todas las decisiones y acciones gerenciales, y forman los criterios para medir los logros reales. Todo lo que hacen los miembros de la organización tiene que encauzarse a colaborar con las unidades de trabajo y, así, ayudar a que la organización alcance sus metas.

Una meta debe ser mensurable y cuantificable. Una meta bien diseñada debe señalar claramente sus plazos.

Pasos de la fijación de metas:

1. Revisar la misión de la organización
2. Evaluar los recursos disponibles
3. Determinar las metas individualmente
4. Escribir las metas y comunicarlas
5. Revisar los resultados y evaluar si se consiguieron las metas (Robbins, 2005)

M. Antecedentes inmediatos

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 llevan a cabo 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) hace 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 del 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 stearothermophilus*. 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 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) hizo 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, pero 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).

Se han hecho trabajos anteriores para implementar un sistema de control microbiológico considerando establecer un lazo entre los resultados de las muestras en el laboratorio de caña y las decisiones operativas tanto en el tándem como en la torre de control derivadas de la actividad microbiana. Se buscó establecer un canal óptimo para la comunicación entre las áreas mencionadas con el fin de prevenir el incremento de la actividad microbiana en la caña de azúcar. (Gil, 2011)

Se establecieron las áreas donde se evaluaron los posibles lazos, estableciendo las condiciones para la toma de decisiones. (Gil, 2011). Además se evaluaron las actividades productivas de los operarios del laboratorio de caña.

El trabajo realizado en el año 2011 sobre patio de caña, se divide en tres fases importantes. La primera consiste en la elaboración de una base de datos que apoye el análisis del coeficiente microbiológico y la toma de decisiones del laboratorio de caña con respecto a los resultados obtenidos. La segunda yace en un estudio a través del método de observación e indagación minuciosa de las operaciones que conforman los procesos realizados en patio y se fundamenta en el estudio preliminar del manejo de caña en el patio iniciada en la zafra 2009-2010. La última fase se respalda en el estudio anterior para proponer una logística de manejo que se adecue a las necesidades observadas mediante la optimización de tiempos y de espacios. (Woc, 2011)

En la segunda etapa se llevó a cabo un conjunto de observaciones semanales, se realizó una observación semanal durante dos meses; también se realizó una observación consecutiva de dos días, el motivo de estas observaciones fue lograr entrar en detalle de las condiciones que sufre la caña en el patio y estudiar los movimientos de la misma. Se observó que la caña podía pasar más de 48 horas en la intemperie de la fábrica, siendo esto una posible causa de pérdidas de sacarosa de la caña y una mayor actividad microbiológica en los procesos consiguientes. Además, se determinó, a la hora de categorizar el montículo principal de caña en tres segmentos, que existe una relación proporcional entre la vejez de la caña con el deterioro de sacarosa de la caña en el patio. (Woc, 2011)

La segunda fase dio como resultado la necesidad de la implementación de una logística en el manejo de caña en el patio, por lo que a través de métodos de logística, se formuló una propuesta, culminando con la tercera etapa de este proyecto. 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 tándemes. Más adelante, se expuso la propuesta al grupo técnico del Ingenio Pantaleón al cual concierne dicho área y hubo una aceptación general de la propuesta, consintiendo en la necesidad de una mejor logística en la gestión de caña en el patio. Por tanto, se recomendó la aplicación del método propuesto, con las mejoras sugeridas durante la conferencia, para la siguiente zafra 2011-2012, y el uso de las tablas de flujo de procesos preestablecidos para la evaluación del costo general de la propuesta puesta en marcha. (Woc, 2011)

Barrera (2011) implementó las primeras pruebas de hacer análisis de evaporación a escala laboratorio, con el fin de determinar el porcentaje de incrustaciones que se da en los evaporadores del Ingenio Pantaleón, además de esto también llevó a cabo un análisis de fermentación espontánea, capacidad buffer y resazurina para observar la efectividad de los mismos respecto a la determinación de la actividad microbiológica en la muestra a analizar. (Ortiz, 2011) realizó análisis sobre elongación de cristales, con el fin de verificar la influencia de la actividad microbiológica en la forma del cristal final del azúcar.

III. JUSTIFICACIÓN

Como ya se ha descrito, la actividad microbiológica y sus efectos son factores muy adversos en la producción de azúcar de caña por el consumo de sacarosa y la excreción al medio de sustancias indeseables por parte de la amplia, abundante y variada microbiota presente.

La falta de técnicas analíticas fiables, baratas, sencillas y viables y de un sistema integral de monitoreo y control han frenado durante años que este problema se aborde adecuadamente. Como respuesta a esto último, se ha desarrollado en los últimos cinco años un sistema de control microbiológico por parte de la Universidad del Valle de Guatemala en las instalaciones del Ingenio Pantaleón, en el cual se ha trabajado en casi todas las áreas susceptibles y afectadas.

Uno de los inconvenientes que se ha tenido, es la falta de información y la dificultad para evaluar el efecto de la actividad microbiana en las etapas de fabricación posteriores a la alcalización. Es por esto, que en la fase anterior (Barrera y Ortiz, 2011) se dio inicio al desarrollo de modelos de simulación a nivel de laboratorio de los procesos de alcalización, clarificación y evaporación para medir el efecto sobre la cantidad usada de sacarato (formado por cal, meladura, jugo y agua) para alcalizar, la velocidad de deposición y volumen de lodos, así como sobre la masa de material incrustado en la evaporación. Como en dicho trabajo sólo se esbozaron preliminarmente estos procedimientos, se ha requerido implementarlos y estimar a partir de ellos, mediante la extrapolación pertinente, las pérdidas económicas asociadas a estas actividades y las posibles ganancias derivadas de su reducción.

Igualmente, fue necesaria la puesta a punto de la técnica para determinar la elongación de cristales ya comenzada anteriormente (Ortiz, 2011)

Un pedido de la fábrica en esta etapa fue que se estudiara desde el punto de vista microbiológico el proceso de recuperación de lodos de los filtros de cachaza ya que se sospechaba, por olores y observaciones, de actividad microbiológica en los mismos.

Por otra parte, en estudios anteriores y en el sistema de control rutinario que ya tiene establecido el ingenio en el departamento de extracción no se había hecho un estudio intensivo de las áreas en forma independiente por lo que se consideró importante hacerlo en esta, sobre todo en el área de colador-tanque de jugo diluido y primer molino, este último debido a la diferencia de la forma de extraer las muestras en su entrada (caña desmenuzada) y salida (jugo primario).

Otros temas que habían quedado en forma preliminar eran diferentes procedimientos en los cuales se habían hecho las propuestas, pero no se habían probado y evaluado adecuadamente. Entre estos están el procedimiento para limpieza del tándem, el tema de la comunicación entre los operarios del control microbiológico operativo y los de sanitización, el procedimiento de manejo de caña en el patio y el de lazos operativos entre los resultados del laboratorio de caña y el área de cosecha-transporte (Avelar, 2011).

En la presentación de resultados de la fase anterior, ante el reconocimiento de las limitaciones de la base de datos actual en Excel, se recomendó su sustitución por una más poderosa, debiéndose estudiar y evaluar la mejor opción, pero mientras tanto, es imprescindible la mejora de la que está en uso, haciéndola más amigable y útil.

Finalmente, como parte del proceso de mejoras de la misma ejecución del proyecto, se ha hecho necesario el desarrollo de procedimientos de estímulo y evaluación a los participantes en el mismo, que sean modernos, viables y efectivos.

Estos temas incompletos, solicitados por el ingenio, o valorados como oportunos para ser abordados, han generado la necesidad de continuar con el desarrollo del sistema de control microbiológico, consolidarlo y crear una base para su expansión.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo general

1. Desarrollar el control microbiológico en Ingenio Pantaleón mediante la evaluación del alcance en etapas anteriores, el análisis y determinación de áreas con actividad o su efecto y la implementación de nuevos procedimientos.

B. Objetivos específicos

1. Implementar metodologías para mejorar la calidad microbiológica de la caña que ingresa al ingenio directamente desde los campos y la que se maneja en el patio de la industria
2. Evaluar la actividad microbiológica, su incremento e influencia en los sistemas de monitoreo y control, en primer molino y tanque de jugo diluido del área de extracción de jugo.
3. Realizar reingeniería de las mejoras al proceso de limpieza en el tándem
4. Evaluar las causas, magnitud y efecto de la actividad microbiológica en los lodos resultantes del proceso de la clarificación.
5. Desarrollar modelos para evaluar los efectos de la actividad microbiológica en clarificadores, evaporadores y tachos
6. Implementar mejoras a la base de datos del sistema de control microbiológico
7. Implementar un método para evaluar las metas individuales de los integrantes del Megaproyecto realizando la ejecución de una metodología de seguimiento de actividades semanales y mensuales.

V. METODOLOGÍA

A. Análisis de los datos generales obtenidos de los resultados del control microbiológico de la caña en la zafra analizada (2011-2012)

1. Investigación y recopilación de información
2. Análisis de resultados generales
3. Elaboración de propuestas de estrategias para la siguiente etapa

B. Observación y análisis de actividades de campo

1. Observación y análisis de control microbiológico operativo con tándem
2. Observación de actividad del jefe de turno de fábrica
3. Observación de actividad de planificación de corte
4. Observación y análisis de actividad de ATRV

C. Implementación de lazos operativos con las áreas involucradas

1. Elaboración de procedimiento para la evaluación de la caña según procedencia.
2. Establecimiento de lazo operativo con área de tándem y jefe de turno de fábrica.
3. Establecimiento de lazo operativo con área de ARTV y dirección de cosecha.

D. Establecimiento de registros adicionales para el soporte de la actividad.

E. Evaluación general del resultado del trabajo y proyección futura

- a. Elaboración de informe a dirección agrícola e industrial
- b. Presentación a gerencia agrícola e industrial
- c. Elaboración de propuestas para zafra 2012-2013

F. Aspectos generales

El trabajo presente formó parte de un proyecto multidisciplinario, desarrollado en las instalaciones del Ingenio Pantaleón, ubicado en el Departamento de Escuintla, municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa. El desarrollo del proyecto consistió en tres fases, cada una comprendida por un período de seis meses, cada etapa abarcando un semestre.

Se llevaron a cabo visitas técnicas al ingenio para conocer aspectos generales de la producción de azúcar y las actividades que se desarrollan dentro de la industria azucarera de Guatemala, en las visitas técnicas se abarcó la totalidad del proceso productivo del azúcar. Para profundizar en las actividades que se desarrollan dentro de la industria se realizaron visitas a final del año en donde se familiarizó con el trabajo que se realizaba dentro del laboratorio y patio de caña.

En la segunda etapa se programó una visita a la semana al Ingenio Pantaleón con el propósito de realizar el trabajo de campo. En las visitas al ingenio, empleando el método de observación se determinaron las áreas de oportunidad para el proyecto. Se determinó los puntos críticos dentro del patio y se identificaron los factores principales del deterioro de la caña que se maneja en el patio. Se evaluó el manejo actual de la caña dentro del patio con el propósito de elaborar un sistema de gestión que permitiría una reducción de la actividad microbiológica de la caña que se maneja en el patio.

En la tercera etapa, se realizó un análisis de los datos recolectados y se elaboró una propuesta para la metodología del manejo de caña en el patio. Se preparó el informe y la presentación final.

G. Aspectos específicos

1. **Evaluación de procedimientos actuales del manejo de la caña en el patio.** Se evaluó el conjunto de procedimientos actuales que utilizan para el manejo de caña en el patio. Se observó detalladamente como los supervisores de patio realizaban los movimientos de caña que se almacenaba en el patio.

A partir del manejo actual de la caña en el patio se decidió hacer un estudio durante dos semanas ininterrumpidas. El estudio se compuso de lo siguiente:

- a. **Observación:** Se observó las condiciones de la caña en el patio y los movimientos de la misma.
- b. **Toma de muestra y análisis:** Se realizaron pruebas del test de la resazurina para observar la actividad microbiológica que sufre la caña en el patio.

Este estudio se llevó a cabo en las primeras semanas de febrero de 2012 (del 6 de febrero al 17 de febrero).

El muestreo se hizo a dos tipos de caña que son las siguientes:

- Caña a granel
- Caña verde o maletada

El muestreo se realizó de la siguiente manera:

- Para la caña a granel se muestreó dos veces: el primer muestreo se hizo cuando la caña ingresa al patio y el segundo muestreo cuando la caña ingresó a los tándemes.
- Para la caña verde se muestreó dos veces: el primer muestreo se hizo cuando la caña ingresa al patio y el segundo muestreo cuando la caña ingresó a los tándemes.

Se utilizaron dos parámetros para evaluar las pérdidas de sacarosa en el patio. El primer parámetro fue la actividad microbiológica que se realizó con base al test de la resazurina. El segundo parámetro fue la caída de pureza que determina la cantidad de sacarosa que se pierde.

H. Propuesta de nueva metodología para el manejo de caña en el patio

Se utilizaron herramientas de métodos, estándares y diseño del trabajo para crear una nueva metodología para la gestión de caña de patio. Para complementar esta metodología se crearon dos lazos operativos. El primero entre el supervisor de patio y la torre de control con el objetivo que el supervisor de patio llevara un control de la caña que entraba al patio. El segundo entre el supervisor de patio y el técnico de laboratorio para que el supervisor de patio y el técnico de laboratorio lleven un control de la calidad de la caña que se maneja en el patio. Se elaboraron diagramas de operación, diagramas de flujo, hojas de registros para la formulación de la propuesta de manejo de caña en el patio.

Se estableció un muestreo sistemático para el técnico del laboratorio de caña. Se determinó que para el turno de ocho horas es necesario realizar el control operativo de laboratorio una vez y para el turno de doce horas es necesario realizar el control dos veces; así mismo, se estableció un muestreo sistemático como parte del control operativo microbiológico del laboratorio de caña.

Por lo que el técnico del laboratorio tiene que tomar muestras de la caña que se almacena en el patio de la siguiente manera.

Para los turnos de 8 horas:

- Tomar 1 muestra de la caña del fondo de la pila del Área I o Área II
- Tomar 1 muestra de la caña maltratada de cualquier área

Para los turnos de 12 horas:

- Tomar 2 muestras de la caña del fondo de la pila del Área I o Área II.
- Tomar 2 muestras de la caña maltratada de cualquier área.

I. Implementación y evaluación preliminar de la metodología propuesta

Se realizó una presentación de la nueva metodología propuesta al grupo técnico involucrado en el manejo de caña de patio. Hubo una aceptación general de la propuesta y autorización por parte del jefe molinos para su aplicación. Para la implementación, se capacitó a los supervisores de patio y técnicos de laboratorio sobre la nueva metodología. Con la

capacitación realizada, se evaluó el cumplimiento del trabajo en el área de patio y laboratorio de caña.

J. Evaluación de mejoras establecidas en zafra 2011-2012.

1. Estudio de la documentación con propuestas y procedimientos de la zafra anterior. Como punto de partida se realizó un estudio de la documentación establecida en trabajos anteriores y los análisis utilizados para el planteamiento de las mejoras propuestas durante la Zafra 2010/2011. Dentro de las mejoras propuestas se encuentran una serie de pasos que permiten a los operarios realizar una limpieza ordenada y eficiente que se obtuvo en base al método de observación realizado por el personal de control operativo microbiológico. Esto fue plasmado en un instructivo el cual presenta los pasos que debe seguir el operario de limpieza para llevar a cabo su trabajo de forma correcta y además incluye la rutina adecuada dependiendo del área que se está limpiando en el molino. Se detalla en el procedimiento específico que la limpieza en el molino interior se debe concentrar en las masas y bandejas para eliminar áreas de retención de líquidos y acumulación de bagazo, así mismo el tiempo de limpieza en el molino externo y piso debe ser reducido siguiendo una rutina adecuada para su realización.

2. Observación de campo sobre el cumplimiento, viabilidad y oportunidades de mejora en el sistema anterior. Se realizó observación de campo para determinar cuáles de los procedimientos propuestos en el instructivo durante la zafra 2010/2011 estaban siendo cumplidas por el personal de extracción de jugos del Ingenio Pantaleón. Dicho manual además propone ciertas mejoras en cuanto a la coordinación que debe existir entre los operarios que realizan la limpieza de manera simultánea tanto en la parte inferior como en la superior del molino. Se propone que se debe limpiar cada molino, primero en la parte superior y luego en la parte inferior. Debido a que la tarea es realizada por dos hombres, el operario superior comienza por el sexto molino y al pasar al quinto molino comienza el operario inferior comienza por el sexto molino. Avanzando ambos hacia el primer molino limpiando la parte superior y luego la parte inferior consecutivamente. Se comienza por el sexto molino debido a la recirculación del jugo de caña.

3. Selección de los elementos sujetos a mejoras en el procedimiento de limpieza.

Basándose en la observación de campo del procedimiento de limpieza, se seleccionaron los elementos que deben ser sujetos a mejora en el procedimiento de limpieza para ser corregidos durante la zafra.

4. Redacción del instructivo mejorado del procedimiento de limpieza del tándem. (Procedimiento, Seguridad Industrial, Riesgos)

a. Redacción y presentación del instructivo preliminar a la dirección del departamento de extracción de jugo. Según las mejoras previamente mencionadas al instructivo redactado en la zafra 2010/2011 del procedimiento de limpieza el cual establece una serie de pasos secuenciales para que se realice una limpieza ordenada y eficiente, se redactó un instructivo preliminar al cual se agregaron algunos aspectos nuevos como son el orden en que debe hacerse la limpieza, la comunicación entre el control operativo microbiológico operativo y los operarios lo cual mejorará la verificación de puntos críticos y las acciones que deben ser tomadas con los mismos, además se hizo énfasis en la seguridad industrial y se realizó un desglose del procedimiento previamente establecido en instrucciones o procedimientos a seguir previos, durante y al terminar la limpieza.

b. Acuerdo sobre los aspectos definitivos del instructivo. Se tomaron sugerencias de personas con amplios conocimientos en el tema de limpieza de molinos como lo son los operarios de limpieza, las cuales en conjunto con aportaciones del asesor del megaproyecto, permitieron la definición de los aspectos definitivos a incluir en el instructivo mejorado.

c. Redacción y presentación del instructivo final. Basado en estas aportaciones se creó el instructivo mejorado para el operario de limpieza el cual fue presentado a la dirección de extracción de jugos del Ingenio Pantaleón para su aprobación definitiva.

5. Monitoreo y evaluación de la implementación del instructivo mejorado del procedimiento de limpieza en el tándem.

a. Observación y toma de tiempos del procedimiento de limpieza. Durante la zafra 2011/2012 se realizaron semanalmente visitas al Ingenio en las cuales realizó nuevamente un estudio de tiempos para poder de esta forma cuantificar el tiempo invertido en cada molino y el área le dedican mayor proporción de tiempo. Continuando con la misma clasificación de las áreas de limpieza establecido durante la zafra 2011/2012 (Ver Ilustración 25) Áreas en la que se divide un molino del Ingenio Pantaleón:

- 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. 25 – Áreas en las que se divide un molino del ingenio.



b. Elaboración de hojas de registro para toma de tiempos y calidad de limpieza. Debido a las deficiencias detectadas en el inicio de la implementación del instructivo y el nuevo procedimiento de limpieza durante el inicio de la zafra 2011/2012 se decidió diseñar una hoja de registro con la cual se llevaría a cabo el monitoreo del procedimiento de limpieza en cuanto a la calidad y tiempos del mismo. (Ver Anexo: Hojas de control de limpieza en el tándem)

Durante el último periodo de la zafra 2011/ 2012 el cual fue de mes y medio, se realizó un estudio de tiempos utilizando las mismas, con el fin de darle seguimiento a la implementación del nuevo procedimiento de limpieza.

c. Elaboración de material audiovisual para capacitación de operarios. Con el fin de que la implementación del nuevo procedimiento de limpieza se realice de una forma más eficiente, se elaborará material audiovisual el cual incluirá una serie de presentaciones que serán utilizadas para la capacitación de los operarios durante la zafra 2012/2013. Esto permitirá que no existan deficiencias en el procedimiento de limpieza y ayuden a mejorar la calidad y tiempo del mismo durante su implementación. El material audiovisual tiene como objetivo brindar herramientas al personal del ingenio para que conozcan el nuevo procedimiento y directrices establecidas en el instructivo mejorado para ser puestas en práctica durante la limpieza. Así mismo, este material busca obtener retroalimentación constante sobre los cambios realizados en el mismo.

6. Implementación de métodos de comunicación entre el control operativo microbiológico y los operarios del tándem.

a. Determinación de aspectos a mejorar en la comunicación de ambas áreas operativas. En trabajos anteriores se mencionó la necesidad de mejorar la comunicación existente entre el Control Operativo Microbiológico y los operarios de limpieza, con el fin de poder realizar una limpieza más eficiente en el tándem, especialmente en los puntos críticos. Hasta el momento existe cierta comunicación entre ambas áreas operativas, la cual se hace de forma oral; sin embargo, esta no garantiza que esta comunicación exista siempre e incrementa el margen de error. Los puntos críticos varían entre el tándem A y B, según podemos observar en la zafra 2011-2012.

Tabla No. 2 – Puntos críticos del tándem A, durante la Zafra 2011/2012.

ÓRGANOS DEL TÁNDEM	% IC INACEPTABLE CON RESPECTO AL CM DE ENTRADA	% DE VECES CON IC > 0	# IC > 0 / TOTAL DE MUESTRAS
MOLINO 1	56%	83%	62 de 75
BANDEJA 1-2	13%	41%	82 de 198
COLADOR	28%	59%	116 de 196
MOLINO 2	15%	46%	84 de 181
BANDEJA SUPERIOR 2	31%	61%	101 de 166
MOLINO 3	14%	48%	88 de 184

Tabla No. 3 – Puntos críticos del tándem B, durante la Zafra 2011/2012.

ÓRGANOS DEL TÁNDEM	% IC INACEPTABLE CON RESPECTO AL CM DE ENTRADA	% DE VECES CON IC > 0	# IC > 0 / TOTAL DE MUESTRAS
MOLINO 1	35%	69%	59 de 86
BANDEJA SUPERIOR 1	13%	36%	64 de 178
BANDEJA 1-2	13%	41%	74 de 182
COLADOR	30%	62%	114 de 183
MOLINO 2	15%	48%	88 de 183
BANDEJA SUPERIOR 2	30%	78%	126 de 161
MOLINO 3	12%	37%	66 de 177

Es por esto que se tomó la decisión de desarrollar y proponer un método que permita la comunicación de forma visual entre ambas áreas operativas y que promueva la eficiencia de la limpieza en los puntos críticos y la eficiencia general del proceso.

7. Desarrollo y presentación de métodos de comunicación en el tándem.(Técnicas de manufactura esbelta y Gestión de Calidad). Como solución a los problemas de comunicación entre ambas áreas operativas se diseñó un sistema que utiliza técnicas de gestión de calidad para poder lograr una máxima eficiencia en el proceso de limpieza del tándem. Principalmente enfocadas en el área de la manufactura esbelta, la cual persigue conseguir una metodología de trabajo simple, efectiva y enfocada además a reducir los desperdicios en el mismo.

8. Evaluación de los costos asociados al uso de desinfectantes como complemento de la limpieza en el tándem.

a. Cotización de los distintos tipos de desinfectantes disponibles en el mercado para la agroindustria. Se realizó una cotización de los precios en el mercado de los bactericidas utilizados por el Ingenio Pantaleón. Estos bactericidas son Labs SMB® y Betastab® 10A. Labs SMB es un bactericida especialmente formulado para prevenir la conversión de sacarosa a fructosa en jugo de caña durante la molienda. También inhibe el crecimiento de algas, hongos y bacterias. (Labs Enterprise Corp., 2012).

Betastab® 10A, es una solución acuosa de ácido beta del lúpulo, utilizados para el control de las bacterias más comunes en la producción de azúcar. Algunos de sus beneficios son: fácil manejo, seguridad, buenos resultados en relación costo-beneficio, además de tener un producto activo de origen biológico. (BetaTec, 2012).

9. Comparación de los distintos desinfectantes según cantidades de aplicación requeridas por análisis realizado por Ingenieros Químicos. (Análisis de Costos). Luego de realizar la cotización con la cual se obtuvieron los precios de los bactericidas utilizados por el Ingenio Pantaleón, se procedió a realizar una comparación entre los bactericidas Labs SMB® y Betastab® 10^a los cuales fueron sometidos a un análisis por los compañeros de Ingeniería Química de la Universidad del Valle de Guatemala para poder conocer las cantidades necesarias de aplicación para el control de los microorganismos.

K. Determinación de la dosis óptima de aplicación de bactericida a escala de laboratorio.

Para la determinación de la dosis óptima de bactericida se realizaron análisis con dos tipos de bactericidas, que son Labs SMB® y Betastab® 10A.

Para llevar a cabo este análisis se hicieron dos soluciones de agua y bactericida, la primera contenía 90 mL de agua y 10 mL de bactericida, y la segunda 10 mL de la primera solución y 490

mL de agua. Al tener preparadas las soluciones se muestreó jugo primario de los tándemes, A y B, y se aplicó bactericida en diferentes proporciones.

Para obtener la cantidad representativa de bactericida respecto a la disminución de la actividad microbiológica en el jugo, el análisis se realizó de la siguiente manera: se dejó una muestra llamada testigo 1 para tener una comparación respecto a los resultados obtenidos, además se dejó otra muestra denominada testigo 2, a esta muestra se le hizo el análisis 10 minutos después, esto para ver la influencia del tiempo sobre el jugo, ambas muestras sin bactericida. Luego a 8 diferentes muestras se les aplicó diferentes proporciones de bactericida para poder evaluar la dosis óptima del mismo. Las dosis eran 20, 50, 100, 200, 400, 600, 800 y 1000 ppm. Cada una de las muestras fue analizada por el test de resazurina para determinar la actividad microbiológica del jugo, y así obtener las dosis efectivas.

Ilustración No. 26 – Descripción del proceso a seguir para llevar a cabo el análisis de la dosis óptima de bactericida a escala laboratorio.



1. Preparar solución número 1.



2. Preparar solución número 2.



3. Tomar muestra del jugo primario.



4. Preparar la muestra.



5. Realizar el análisis.

L. Evaluación de la representatividad del jugo primario como indicador de la calidad de la caña que entra a los molinos.

Para la evaluación de la representatividad del jugo primario como indicador de la actividad microbiológica de la caña que entra a los molinos, se realizó un análisis de la fibra que entra al primer molino y del jugo primario que sale del mismo, para ambos tándemes. Para esto se

hicieron análisis con el test de resazurina de diferentes muestras antes y después de lavado, para determinar la influencia que tiene el mismo sobre la actividad microbiológica del jugo.

Para llevar a cabo el análisis se muestreó cada cinco minutos fibra y jugo primario, antes y después de lavar los tándemes, y luego cada una de estas muestras fue analizada con el test de resazurina. Es importante mencionar que el lavado de tándemes para este análisis no fue el lavado tradicional que se hace en el Ingenio Pantaleón, ya que fue supervisado con el fin que éste se realizara exhaustivamente, limpiando cuidadosamente cada parte de los molinos, para verificar si en realidad mostraba influencia en la actividad microbiológica del jugo.

El jugo primario se analizó en el área de fábrica del Ingenio Pantaleón y para analizar las muestras de fibra se llevaban al Laboratorio de Caña del mismo ingenio, esto es debido a que se necesitaba prensar la fibra para obtener el jugo de la misma. La prensa utilizada se muestra en la Figura 1, trabajaba a 3,500 PSI y el tiempo que tardaba en prensar una muestra era de 1 minuto. Al obtener el jugo de la fibra se analizaba con el test de resazurina.

Ilustración No. 27 – Prensa de fibra ubicada en el laboratorio de caña del ingenio.



M. Evaluación de la actividad microbiológica del tanque de jugo diluido.

Para evaluar la actividad microbiológica en el tanque que almacena el jugo diluido de cada uno de los tandemes, se realizaron análisis con el test de resazurina de distintos puntos del tanque, para determinar los puntos de mayor influencia en el aumento del coeficiente microbiológico del jugo.

Ilustración No. 28 – Descripción del proceso a seguir para llevar a cabo el análisis del jugo primario como indicador de la calidad de la caña que entra a los molinos.



1. Tomar muestra de fibra.



2. Tomar muestra del jugo primario.



3. Preparar la muestra con jugo primario.



5. Realizar el análisis de jugo primario.



6. Prensar la fibra.



7. Esperar 1 minuto para obtener el jugo.



8. Obtener el jugo y preparar la muestra.



9. Realizar el análisis.

Los puntos elegidos fueron los que visualmente presentaban cierta acumulación de jugo en el tanque, debido a estancamiento por el diseño del mismo, y también por el punto de succión de la bomba, estos puntos se muestran en las Ilustraciones No. 29 y 30.

Ilustración No. 29 – Puntos a evaluar en el tanque de jugo diluido del tándem A, para determinar la influencia microbiológica en los mismos.

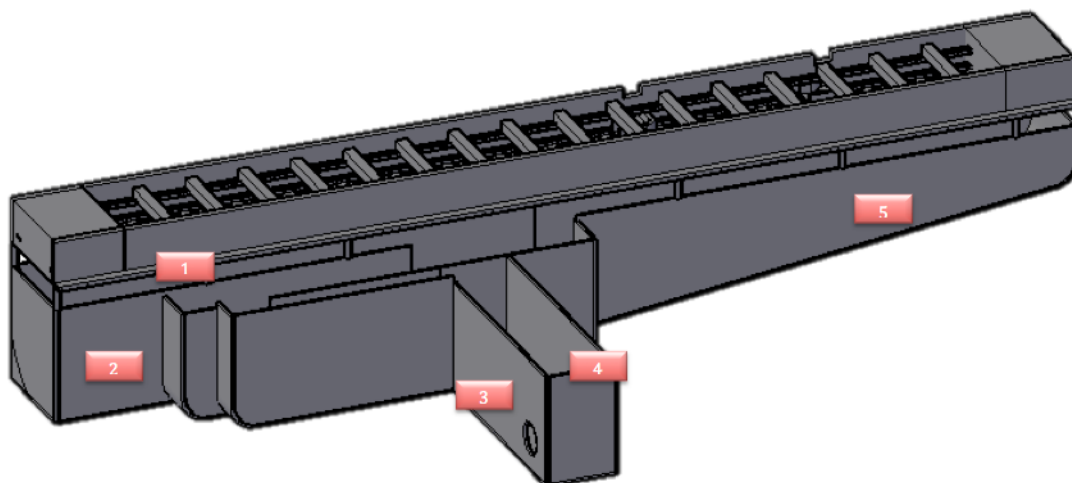
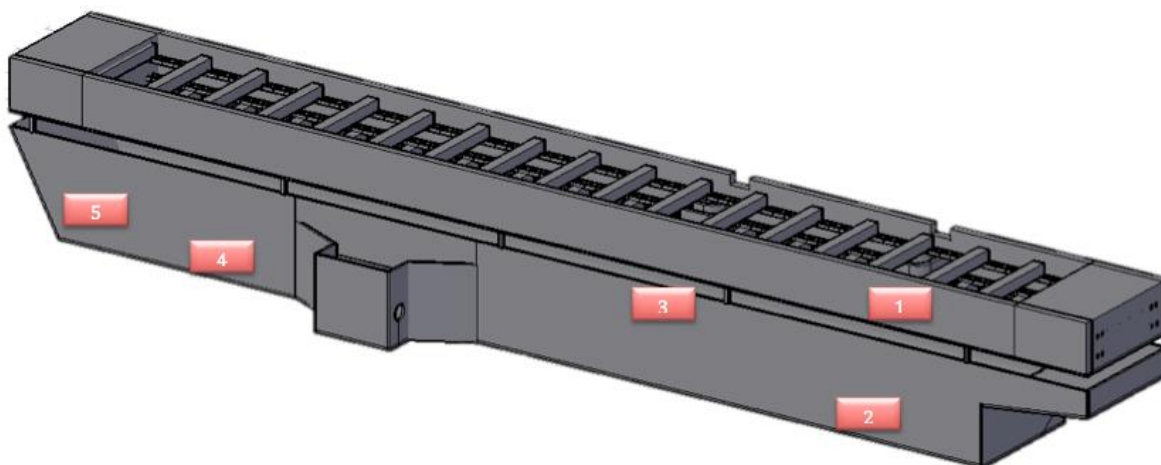


Ilustración No. 30 – Puntos a evaluar en el tanque de jugo diluido del tándem B, para determinar la influencia microbiológica en los mismos.



Con la evaluación que se realizó se determinaron los puntos con mayor influencia en el aumento de la actividad microbológica en el tanque de jugo diluido, por lo que se procedió a realizar análisis con el test de resazurina de los mismos, para determinar cuáles eran los puntos con mayor actividad microbológica, que serían denominados como puntos críticos en el tanque.

Ilustración No. 31 – Descripción del proceso a seguir para llevar a cabo el análisis de la actividad microbológica del tanque de jugo diluido.



1. Tomar muestra de cada uno de los puntos del tanque a evaluar.



2. Tomar muestra del jugo primario.



3. Preparar la muestra.



4. Realizar el análisis.

N. Evaluación de la influencia de diferentes dosis de bactericida en varios puntos, sobre la disminución de la actividad microbológica en el jugo diluido.

Para la evaluación de diferentes dosis de bactericida en los puntos críticos a evaluar en el tanque de jugo diluido de ambos tándemes, se aplicó el bactericida en el rebozo del segundo molino de cada tándem, y se tomaron muestras cada cinco minutos, luego se procedió a realizar el análisis del test de resazurina para determinar el coeficiente microbológico del jugo, para establecer la influencia y efectividad del bactericida.

Las dosis a aplicadas fueron de 15 y 20 L, se realizaron los mismos análisis para cada dosis y se tomaron las muestras en los mismos puntos del tanque de jugo diluido, como se muestra en las Ilustraciones No. 32 y 33.

O. Evaluar preliminarmente la utilización de dispositivo para aplicar bactericida en puntos de difícil acceso.

Debido a que la actividad microbiológica en el fondo del tanque de jugo diluido no disminuía al aplicar bactericida en el rebozo del segundo molino de cada tándem, se construyó un embudo con el fin que el bactericida llegara al punto crítico y aumentará su efectividad sobre la disminución de actividad microbiológica de los mismos.

El embudo fue colocado en el fondo de la entrada de jugo diluido al tanque, en ambos tándemes (Ilustraciones No. 34 y 35) y se aplicaba bactericida en el mismo, luego de aplicar bactericida se muestreaba cada cinco minutos y se realizaba el análisis con el test de resazurina a cada una de las muestras.

Ilustración No. 32 – Descripción del proceso a seguir para llevar a cabo la instalación del embudo en los tanques de jugo diluido de ambos tándemes.



1. Proponer un diseño del embudo.



2. Instalación del embudo.



3. Embudo final del tándem A.



4. Embudo final tándem B.

Ilustración No. 33 – Descripción del proceso a seguir para llevar a cabo la evaluación de la aplicación de bactericidas en los puntos ubicados en el fondo del tanque.



1. Colocar el embudo en los puntos deseados.



2. Aplicar bactericida en el embudo.



3. Muestrear cada punto a evaluar.



3. Preparar la muestra.



4. Realizar el análisis.

Ilustración No. 34 – Ubicación de dispositivo auxiliar colocado en el tanque de jugo diluido del tándem A.

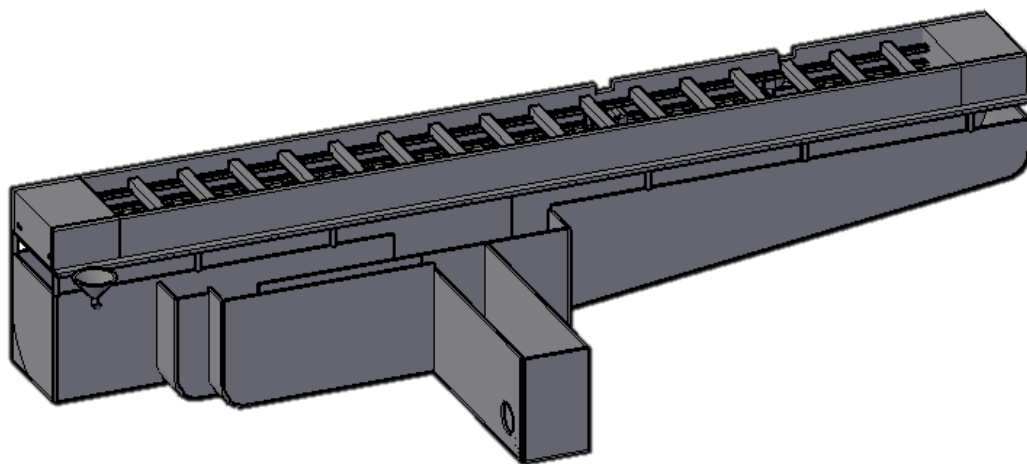
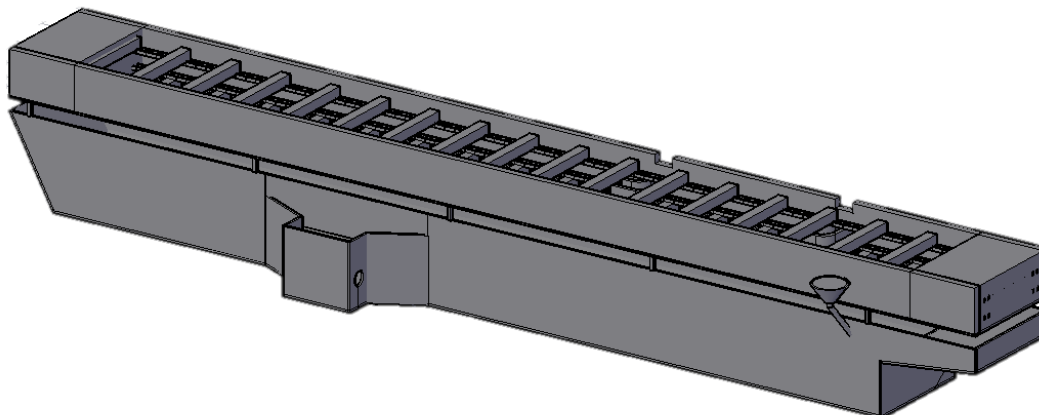


Ilustración No. 26 – Ubicación de dispositivo auxiliar colocado en el tanque de jugo diluido del tándem B.



P. Levantamiento del área de tratamiento de lodos.

Para la realización del levantamiento del área de tratamiento de lodos se visitó el área varios días hasta tener un conocimiento completo, tanto de la distribución de los equipos como del funcionamiento, también se cuestionó a los operarios e ingenieros encargados del área acerca de las características principales y características de cada equipo.

Q. Estudio de las temperaturas del área del tratamiento de lodos.

En el estudio de las temperaturas se tomó la información de los puntos de entrada y salidas de cada filtro y se midió la temperatura durante ocho días, tres veces por día para obtener las temperaturas promedio de cada sistema que forma parte del área de tratamiento de lodos. Para la toma de temperaturas se utilizó un termómetro infrarrojo, como muestra en la Ilustración No. 36.

Ilustración No. 26 – Toma de temperatura del Filtro 3 y 6.



R. Estudio de las características microbiológicas de los lodos de los filtros de vacío.

Para la determinación de la actividad microbiológica de los lodos de los filtros de vacío, se utilizó fundamentalmente la prueba de la fermentación espontánea, que se basa en la caída de pH de una muestra de lodo que indica la producción de ácidos por parte de los microorganismos en las tres horas de incubación, por lo tanto, a mayor caída de pH existe una mayor contaminación de la muestra, que por medio de varias replicas se puede generalizar para los lodos del filtro junto con apoyo del resultado del test de resazurina, como prueba complementaria, que se basa en el Coeficiente Microbiológico (CM), que es un indicador que relaciona el tiempo, en horas, de la decoloración de la resazurina. A menor tiempo de decoloración mayor contaminación por parte de los microorganismos.

También se realizó un conteo de bacterias, mohos y levaduras mesófilas y termófilas a las muestras de lodos de cada filtro, para determinar presencia de microorganismos. Debido a que pruebas anteriores, como el test de la resazurina, toman demasiado tiempo para detectar presencia

de actividad microbiana, se utilizó la prueba de la fermentación espontánea que ha sido reportada en productos intermedios de la refinería.

Para llevar a cabo la prueba de fermentación espontánea se tomaron los puntos de entrada y salida de cada sistema del área de tratamiento de lodos y se dividió en dos corridas. En la primera corrida se tomaron muestras de lodos del tanque de distribución, los filtros del 1 al 6; y en la segunda corrida se tomaron muestras de los lodos de los clarificadores del 1 al 5, la recirculación de los filtros de vacío y el jugo filtrado. Ambas corridas se analizaron como se muestra en la Ilustración No. 37.

Ilustración No. 37 – Diagrama de flujo del desarrollo de la prueba de fermentación espontánea.

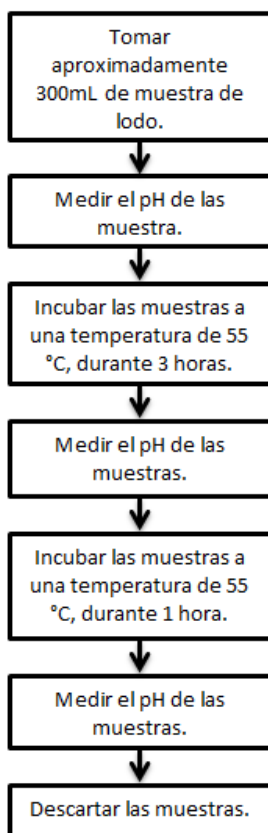


Ilustración No. 38 – Toma de muestras de lodo del filtro 5 y el tanque de distribución.



Ilustración No. 39 – Sistema utilizado para la incubación de las muestras a 55°C.



Ilustración No. 40 – Forma de incubación de las muestras de las 2 corridas.

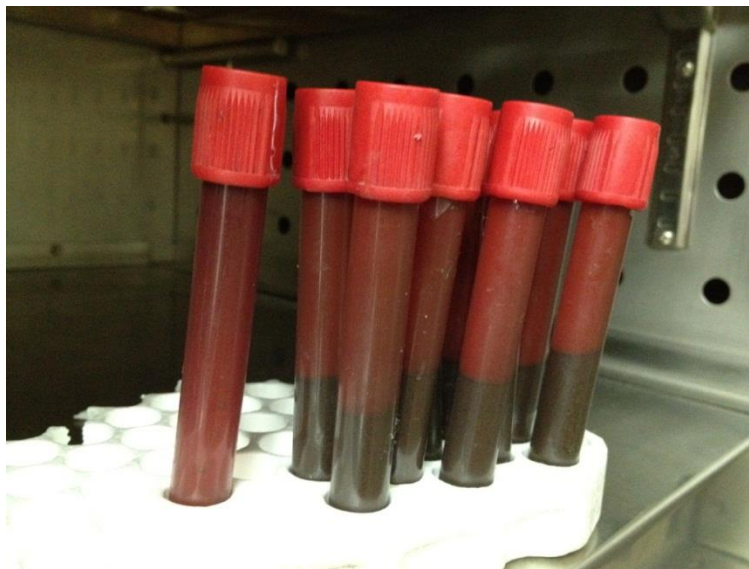


Ilustración No. 41 – Método para la medición del PH inicial, a las tres y cuatro horas de incubación.



Como prueba complementaria se realizó el test de resazurina a las muestras de lodos del tanque de distribución, de los filtros 1, 2, 4, 5, y 6, como se muestra en la Ilustración No. 42, de la sección de apéndice.

Ilustración No. 42 – Test de resazurina para las muestras de lodo, en incubación.



Como el resultado de la prueba de fermentación espontánea es la disminución de pH, se realizaron corridas aplicando diferentes concentraciones de bactericidas a las muestras para descartar la formación de ácidos como resultado de altas temperaturas.

Para esta prueba se aplicaron concentraciones de 900, 800, 600, 400, 200, 100, 50, 30 y 10 ppm (mg/dm^3) de β etastab 10A® solamente a las muestras de lodos de los filtros 1 y 2 ya que estas muestran una mayor caída de pH. Para cada concentración se utilizó una muestra testigo a la cual no se le agregó bactericida.

También con la prueba de fermentación espontánea aplicando diferentes concentraciones de bactericida se pudo determinar la concentración óptima de bactericida que es efectiva en los lodos de los filtros de vacío.

El estudio de microorganismos se refirió al departamento de Bioquímica y Microbiología de la UVG y consistió en:

- Se realizó un recuento total de microorganismos mesófilos y termófilos aerobios con medio Agar Plate Count (118412 Merck Millipore, Envirocheck ®, ver anexo) dilución 1/10, temperatura 37°C durante 48 horas

- Se hizo un recuento total de mohos y levaduras mesófilos y termófilos aerobios con medio Agar Patata Dextrosa (110130 Merck ®, ver anexo) dilución 1/10, temperatura 28°C durante 5 días
- Se hicieron los conteos de colonias específicas en cada caso y se reportaron como Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por decímetro cúbico de lodo.
- Se realizó la caracterización morfológica y tintorial por microscopía y Tinción de Gram (109218 Merck ®, ver anexo) por tipos de colonias con características culturales semejantes.

Al final, se colocó una puntuación entre 0 y 4 a cada factor y cada indicador, una puntuación de 4 al filtro que estaba diseñada de tal forma que propicia al desarrollo microbiológico, por lo tanto, 4 puntos para los filtros tipo I y 2 puntos para los filtros tipo II. Se trabajó con la misma escala el factor de la temperatura, 4 puntos para el filtro que los lodos tenían una menor temperatura y 0 puntos para los que tenían mayor temperatura.

Los indicadores se trabajaron en la misma escala que los factores, 4 puntos para los más contaminados y 0 puntos para el menos contaminado.

S. Desarrollo de un modelo a escala laboratorio del proceso de clarificación y evaporación para medir efectos de la actividad microbiológica

Para desarrollar un modelo a escala laboratorio del proceso de clarificación y evaporación, se utilizó jugo sulfitado proveniente del Ingenio el cual se clarificó simulando cada operación realizada al mismo previo al ingreso a evaporadores y se simuló lo sucedido en estos últimos. El primer paso a realizar en este procedimiento fue la obtención de muestras en fábrica.

Ilustración No. 43 – Recolección de muestras en fábrica para elaboración de método a escala laboratorio del proceso de clarificación y evaporación.



**RECOLECCIÓN DE
JUGO SULFITADO**



**RECOLECCIÓN DE
SACARATO**



**RECOLECCIÓN DE
FLOCULANTE**

Se tomaron 2000 mL de jugo sulfitado luego se agregó sacarato formado por la mezcla de jugo claro, meladura, cal y agua, en proporción hasta llevar el jugo a pH a neutro, y se calentó hasta el punto de ebullición para agregar floculante, en un beaker de 2000 mL. Luego se vertió el jugo en dos probetas de 1000 mL permitir la sedimentación de lodos.

Ilustración No. 43 – Simulación a escala laboratorio del proceso de clarificación.



**MEDICIÓN DE PH -
LLEVADO A NEUTRO**



CALENTAMIENTO



**ADICIÓN DE
FLOCULANTE**

Posteriormente se decantó el jugo clarificado en un beaker de 2000 mL con un tubo de cobre, pesado previamente y proveniente de los evaporadores del Ingenio para simular el proceso de evaporación sometiendo el jugo a calentamiento monitoreando periódicamente los grados brix hasta llegar a un rango de 60 a 65 brix. Enseguida se lavó el tubo en agua destilada en un beaker de 500 mL, se secó el tubo al aire libre y luego se pesó para encontrar la cantidad de incrustación formada por diferencia de pesos.

Ilustración No. 45 – Simulación a escala laboratorio del proceso de evaporación.



T. Evaluación de la relación entre la velocidad de sedimentación, proporción de lodos y la actividad microbiológica en jugo sulfitado y estimar pérdidas asociadas

Para evaluar la relación entre velocidad de sedimentación, proporción de lodos y la actividad microbiológica, se utilizó jugo sulfitado y se tomó el coeficiente microbiológico a muestras con distinta actividad microbiológica. Para realizar esto fue necesario elaborar un método a escala laboratorio que determinó la velocidad de sedimentación y la proporción de lodos.

Se tomó 100 mL de jugo sulfitado luego se agregó sacarato hasta llevar el jugo a pH a neutro, y se calentó hasta el punto de ebullición en un beaker de 100 mL. Se vertió el jugo en una probeta de 100 mL para monitorear cada 10 segundos la movilización de lodos a lo largo de la probeta cuantificando el porcentaje de lodos final y monitoreando el porcentaje de lodos por unidad de tiempo (s). Se realizó este procedimiento a cada una de las cinco muestras tomadas. Adicionalmente se determinó el coeficiente microbiológico del jugo para tener un parámetro cuantitativo de comparación entre la movilización de lodos y el aumento en la actividad microbiológica.

Ilustración No. 46 – Jugo clarificado y proporción en método a escala laboratorio.



Una parte importante de la elaboración del método es que para todas las muestras a las que se midió la movilización de lodos se estableció un límite en la cantidad de tiempo al igual que los intervalos en los que se visualizó el avance de lodos. En este caso se determinó un intervalo de 10 segundos a lo largo de 200 segundos, tomando el porcentaje final de lodos al segundo 200.

U. Evaluar la relación entre actividad microbiológica en jugo sulfitado, la necesidad de cal para ajustar pH y el aumento de incrustaciones en evaporadores.

Para evaluar la relación entre un jugo con alta actividad microbiológica, proporción de lodos, su necesidad en cantidad de cal y el aumento en incrustaciones se tomó jugo sulfitado luego se agregó sacarato, se tomó nota de este volumen, hasta llevar el jugo a pH a neutro, y se calentó hasta el punto de ebullición en un beaker de 2000 mL. Se vertió el jugo en dos probetas de 1000 mL para permitir la sedimentación de lodos. Se decantó el jugo clarificado en un beaker de 2000 mL con un tubo de cobre, previamente pesado, proveniente de los evaporadores del Ingenio para simular el proceso de evaporación al someter el tubo sumergido en jugo a calentamiento monitoreando periódicamente los grados brix hasta llegar a un rango de 60 a 65 brix. Enseguida se lavó el tubo en agua destilada en un beaker de 500 mL para ser pesado luego de haberse secado para encontrar la cantidad de incrustación formada por diferencia de pesos.

Se realizó este procedimiento a 5 muestras con distinta actividad microbiológica, para comparar volúmenes de sacarato (cal) agregados con incrustaciones formadas. Simultáneamente al jugo sulfitado utilizado se le realizaron una serie de pruebas que cuantificaron la actividad microbiológica como el coeficiente microbiológico y la fermentación espontánea. Teniendo el coeficiente microbiológico como parámetro de comparación entre muestras.

V. Seleccionar el número óptimo de campos a observar en la determinación del coeficiente de la elongación de cristales de masas cocidas.

Para la selección del número óptimo de campos a observar en la determinación del coeficiente de la elongación de cristales del área de tachos se tomaron 17 muestras de masas cocidas y se colocaron en un porta objetos añadiendo glicerina para una mejor visualización de cristales y en un microscopio con lente milimetrado, se separó por campos las muestras y se leyó ancho y largo de cada cristal en cada campo hasta leer 100 o más cristales. Luego se obtuvo el promedio acumulado del coeficiente de elongación de cristales en cada muestra y gráficamente se determinó la cantidad de campos óptimos a leer en cada muestra.

W. Observación de campo

Se realizó una observación a todos los procesos que conllevan la obtención del azúcar dentro del ingenio Pantaleón. Especialmente en el laboratorio de caña y área de tándem en donde se está aplicando el sistema de control microbiológico.

X. Análisis de la base de datos actual

Se llevó a cabo una descripción analítica de la base de datos actual en donde se determinaron sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Para hacer el análisis de la base de datos actual se estudió detalladamente la base de datos realizada por los alumnos que trabajaron en la base de datos del proyecto 2010-2011. La base de datos fueron creadas por los integrantes de Megaproyecto: Woc (2011) y Basterrechea (2011) y la consolidación de la misma fue desarrollada por Letona (2011).

El sistema se encuentra diseñado para desplegar el CM (Coeficiente Microbiológico) de las muestras ingresadas. En el sistema se encuentran dos pestañas de ingreso de datos:

- Ingreso de datos área de tándem
- Ingreso de datos área de caña

En la pestaña de ingreso de datos en área de tándem se ingresan todas las muestras del jugo de caña en el área de tándem y la pestaña de ingreso de datos en área de caña se ingresan todas las muestras tomadas antes de la molienda de caña.

Para analizar la base de datos actual se realizó un análisis FODA del sistema actual en Excel y así estudiar detalladamente sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Y. Determinación de aspectos a mejorar de la base de datos actual

Con base en el análisis anterior se seleccionó los aspectos a mejorar considerando la necesidad y factibilidad de realizarlo en esta etapa. El resultado final fue la relación de los aspectos a trabajar. Para lograr la determinación de aspectos a mejorar de la base de datos actual se tomó en cuenta el análisis FODA realizado.

Z. Implementación de las mejoras en los aspectos seleccionados de la base de datos actual.

En esta etapa se realizaron los cambios en la base de datos actual y se evaluó su respuesta con los datos de la zafra anterior.

Las mejoras se hicieron en el sistema de Excel y se programó en Macros para automatizar los reportes diarios que se generan en el laboratorio de caña y área de tándem.

AA. Redacción de DERCAS para sustituir el sistema actual por uno más acorde a las necesidades de información y decisiones operativas

Se redactó el DERCAS, Documento de especificaciones, requerimientos y criterios de aceptación de software, para especificar los requerimientos y mejoras para el desarrollo del nuevo sistema. Para poder realizar el DERCAS como primer punto se analizó la base de datos actual en Excel para así poder proponer mejoras para el ingreso de datos, generación de reportes e ingreso de datos desde un dispositivo móvil.

BB. Estimación de consumo adicional de productos y problemas operativos en el área de tratamiento de jugo provocados por la actividad microbiana

Se trabajó con el área de Ingeniería Química en la extrapolación de los resultados obtenidos de modelo de laboratorio a escala industrial del Ingenio Pantaleón.

El estudio realizado en el laboratorio del Ingenio Pantaleón para evaluar la relación entre el incremento de CM en el jugo sulfitado y la proporción de cal que debe ser agregada siguió el siguiente procedimiento:

1. Se tomó 2000 mL. de jugo sulfitado y se le agregó sacarato.
2. Se calentó la mezcla en un beaker de 2000 mL. hasta llegar al punto de ebullición.
3. Se vertió el jugo en dos probetas de 1000 mL.
4. Se decantó el jugo clarificado en un beaker de 2000 mL. con un tubo de cobre, previamente pesado, proveniente de los evaporadores del Ingenio para simular el proceso de evaporación al someter el tubo sumergido en jugo a calentamiento.
5. Se monitoreó periódicamente los grados Brix hasta llegar a un rango de 60 a 65 Brix.
6. Se lavó el tubo en agua destilada en un beaker de 500 mL.
7. Después de haberse secado fue pesado para encontrar la cantidad de incrustación formada por la diferencia de pesos. (Aguirre 2012)

Con base en los resultados del estudio se establece que por cada 0.1 en el aumento del coeficiente microbiológico es necesario un aumento el 3.11% de sacarato.

En el Ingenio Pantaleón se utiliza la siguiente proporción para realizar el sacarato:

- 1 libra de agua (2.204634 kg)
- 8.35 libra de cal (18.4086939 kg)
- 10.52 libras de jugo clarificado (23.1927286 kg)
- 9.99 libras de meladura (22.0242937 kg)

Lo anterior suma en total 29.86 libras de sacarato (65.8303502 kg) (Alvarado 2012)

Para la estimación de consumo adicional por productos y problemas operativos en el área de tratamiento de jugo provocados por la actividad microbiana se trabajó con los resultados de Aguirre (2012) del departamento de Ingeniería Química, quien evaluó en el laboratorio del Ingenio Pantaleón la relación entre la actividad microbiana en el jugo sulfitado y la necesidad de agregar cal para llegar a un PH neutro.

El estudio realizado por Aguirre (2012) fue con jugo sulfitado; sin embargo en el ingenio se toman muestras del jugo diluido por lo que con una ecuación que relaciona el CM del jugo sulfitado con el CM del jugo diluido se pudo encontrar el consumo de productos adicionales provocado por el aumento de 0.933 en el CM del jugo diluido. La ecuación se obtuvo por medio de estudios realizados por el Ingenio durante la Zafra 2011-2012.

CC. Estimación de costos adicionales en el área de tratamiento de jugo provocado por la actividad

Con la información de consumo y problemas operacionales de reducción de velocidad de deposición de lodos provocados por la actividad microbiológica en el área de tratamiento de jugo se estimaron los costos incurridos según diferentes niveles en dicha actividad.

Con base en la información obtenida del consumo adicional de productos adicionales se pudo realizar el análisis de costos que conllevan la adición de cal debido al incremento del CM en el jugo diluido. Por un aumento de 0.933 en el CM del jugo se tendría que añadir 3.11% mas de sacarato: entonces, si hay una disminución de 0.933 en el CM de jugo habría una disminución del 3.11% de sacarato. Luego de obtener la cantidad de cal que se ahorraría por una disminución de 0.933 en el CM del jugo diluido se puede obtener la cantidad total que el ingenio ahorró de cal durante la zafra 2011-2012 y por lo tanto al conocer el precio de la cal y la cantidad de cal que se

ahorraría durante la zafra (2011-2012) debido a una disminución de 0.933 en el CM del jugo diluido se pudo obtener la cantidad de dinero a ahorrarse.

Partiendo del análisis realizado en donde se evaluó la relación entre la velocidad de sedimentación, la proporción de lodos y el aumento de la actividad microbiológica pudo obtener como resultado que por un aumento de 0.1 en el CM de jugo sulfitado o un aumento de 0.933 en el CM del jugo diluido se tiene una disminución del 0.0559 del porcentaje de lodos por segundo. Así mismo para poder cuantificar las pérdidas se calculó el porcentaje de lodos debido a un aumento de CM en el jugo sulfitado. (Aguirre 2012) Con respecto a las pérdidas de azúcar que conlleva el incremento de lodo Aguirre obtuvo las toneladas de azúcar perdidas por un aumento en el CM; Aguirre determino que por un aumento de 0.1 en el jugo sulfitado o 0.933 en el jugo diluido se perderían 104.83 toneladas de azúcar.

Obteniendo la cantidad de toneladas que se pierden debido a un aumento en el CM se puede calcular en términos monetarios la pérdida debido a un aumento en el CM. Debido a la confidencialidad que el ingenio maneja acerca del precio en que venden el azúcar; se obtuvo el precio promedio del azúcar crudo por medio del contrato 11 de Nueva York.

Obteniendo un precio promedio para la Zafra 2011-2012 se pudo obtener se pudo obtener el precio promedio de la tonelada de azúcar crudo así como la pérdida en dólares y en quetzales debido a un incremento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado o 0.933 en el CM del jugo diluido para obtener finalmente la cantidad de quetzales que se ahorrarían por una disminución en el CM o la cantidad de quetzales que se perderían por un aumento en el CM.

Por último, teniendo los precios del azúcar cruda en la zafra 2011-2012 se pudo analizar el comportamiento de los precios y realizar un pronóstico del precio para el mes de octubre, noviembre y diciembre del año en curso ya que no se contaban con dichos datos. A partir de los datos presentados por el Contrato 11 de Nueva York se pudo partir para realizar el pronóstico del precio del azúcar en el mes de octubre, noviembre y diciembre. Se enumeraron los meses del 1 al 17 los cuales corresponden desde mayo del 2011 a septiembre del 2012. Los meses 18, 19 y 20 representan el mes de octubre, noviembre y diciembre del 2012 respectivamente.

Al tener los precios del quintal de azúcar de los meses de la zafra (2011-2012) se pudo obtener un precio promedio de 4,144.2971 Q. /ton; al conocer la cantidad de toneladas de azúcar

que se pierden (104. 83 toneladas o 104,830 kilogramos) debido al incremento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado se pudo obtener el total de pérdida monetaria debido a este incremento en el CM.

DD. Diseño de un método para evaluar el cumplimiento de las metas de los integrantes del proyecto

Se diseñó un método en donde se evaluaron los objetivos de cada integrante y el cumplimiento de los mismos. El método consiste en una plantilla de Microsoft Project en donde los integrantes del grupo de trabajo deben ingresar las actividades que están destinadas a ser realizadas para el mes.

Se diseñó una plantilla en Microsoft Excel para llevar el seguimiento de las actividades de cada uno de los integrantes del proyecto. Con dicha plantilla se puede obtener el avance real durante cada semana así como el porcentaje de avance. La plantilla genera gráficas en donde se puede observar más detalladamente las la participación de los integrantes.

EE. Implementación del método para evaluar la participación de los integrantes del proyecto

Se implementó un método llamado “Valor ganado” para analizar las metas y tareas asignadas a los integrantes cada mes a lo largo del Megaproyecto.

El método sirvió para llevar un mejor control del equipo en cuanto a las tareas que se tenían asignadas semanalmente o mensualmente. El objetivo principal de este método es que cada uno de los integrantes del megaproyecto cumpla con las tareas asignadas por el asesor del mismo y darle un continuo seguimiento para que las tareas asignadas se cumplan en el tiempo especificado.

Los integrantes del grupo a principios de cada mes deben llenar la plantilla de Project que les fue proporcionada en donde se ingresarán las tareas de cada una de las semanas del mes con las fechas establecidas de realización de dichas actividades.

Al finalizar cada actividad o al avanzar en una de ellas; los integrantes deben llenar el porcentaje de avance de dicha actividad para poder llevar una actualización constante de la realización de las actividades durante la semana.

Al finalizar una semana del mes (Domingo) los integrantes del proyecto deben proporcionar el porcentaje completado del megaproyecto para que dicho porcentaje sea trasladado a la plantilla llamada “Valor Ganado” en donde se medirá el avance semanal de cada uno de los integrantes del grupo.

FF. Evaluación del cumplimiento de metas con el método implementado

Se evaluó el avance de las tareas que debían realizar así como el avance total cada mes por medio de la plantilla del método “Valor ganado” en la plantilla de Excel.

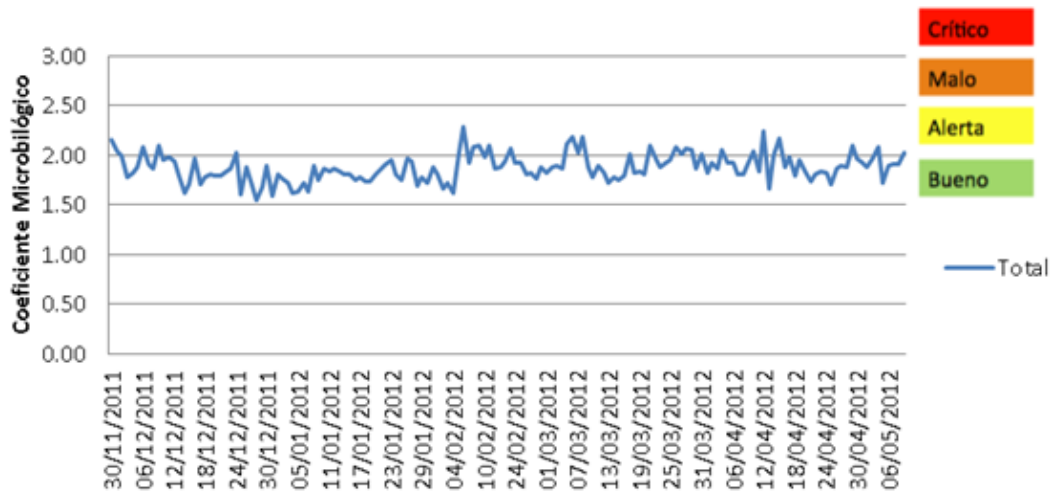
VI. RESULTADOS

A. Análisis de los datos generales obtenidos de los resultados del control microbiológico de la caña en la zafra analizada (2011-2012)

1. Resultados general del Coeficiente Microbiológico

Ilustración No. 47 – Coeficiente microbiológico promedio por día.

Tendencia de promedios de CM por día



2. Resultados de CM por sistemas de corte

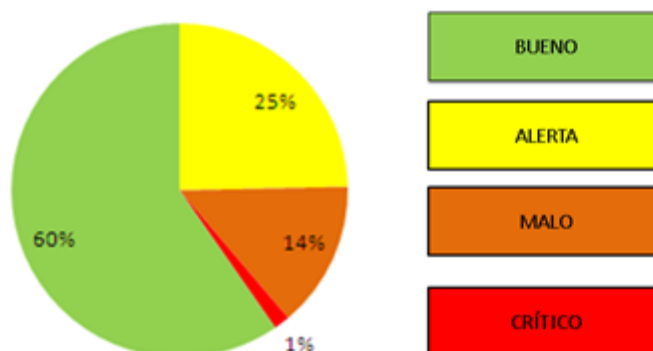
Gráfica No. 1 Distribución general de las muestras por tipo de corte para Ingenio Pantaleón, Zafra 2011-2012.



3. Resultados del sistema de base de datos

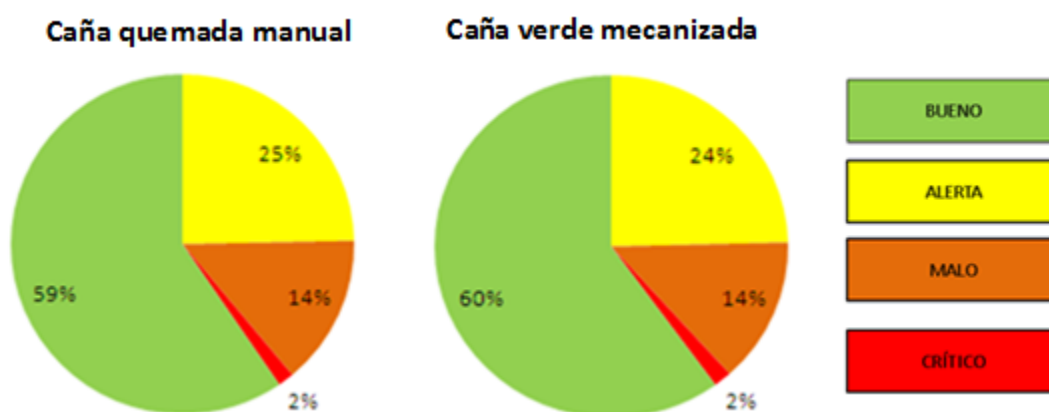
Gráfica No. 2 – Proporción general del coeficiente microbiológico.

Distribución general de CM



Gráfica No. 3 – Comparación de tipos de corte analizados.

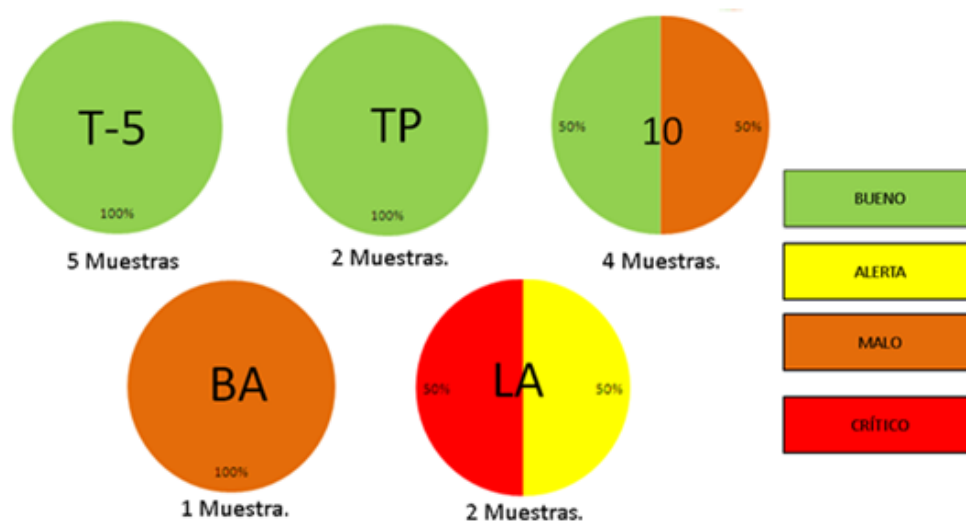
Comparación en distribución de caña quemada y verde



4. Resultados de CM por fincas

Gráfica No. 4 – Frentes excepcionales por escasas de muestras.

Frentes excepcionales por escasas muestras



Gráfica No. 5 – 2 Frentes excepcionales por resultados positivos.



Gráfica No. 6 – 10 Frentes más malos y más buenos.

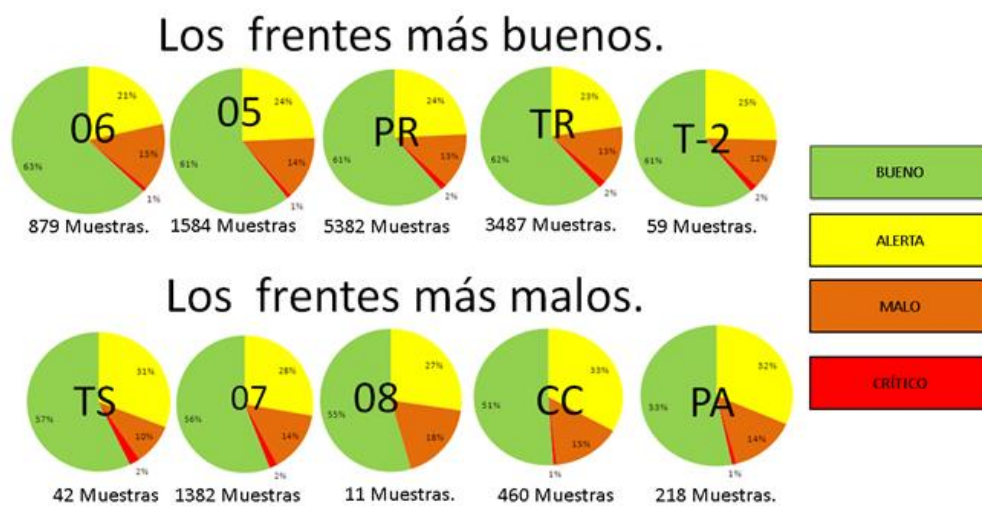
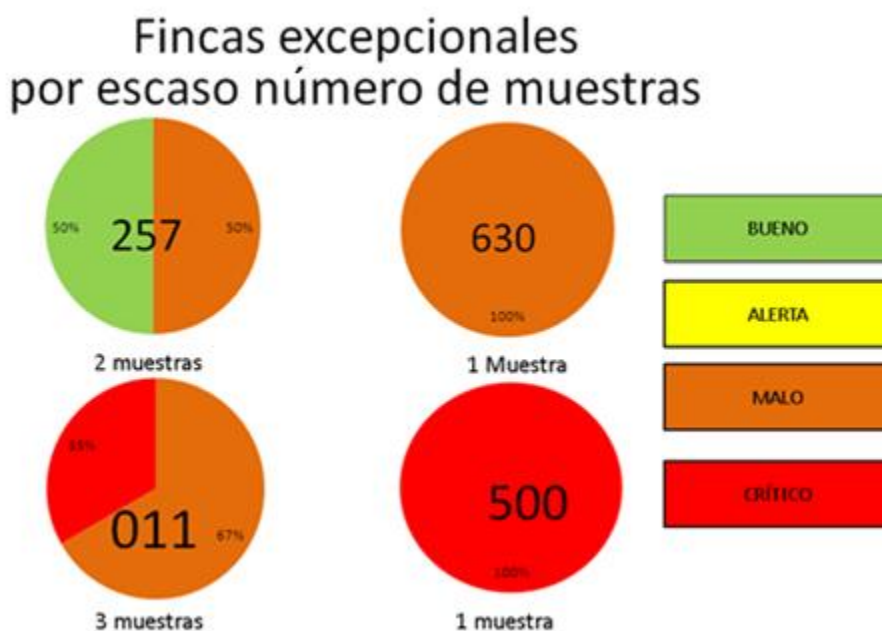


Gráfico No. 7 – 10 Mejores fincas excepcionales por escasas de muestras.



Gráfica No. 8 – 4 Peores fincas excepcionales por escasas de muestras con nivel de CM más alto.

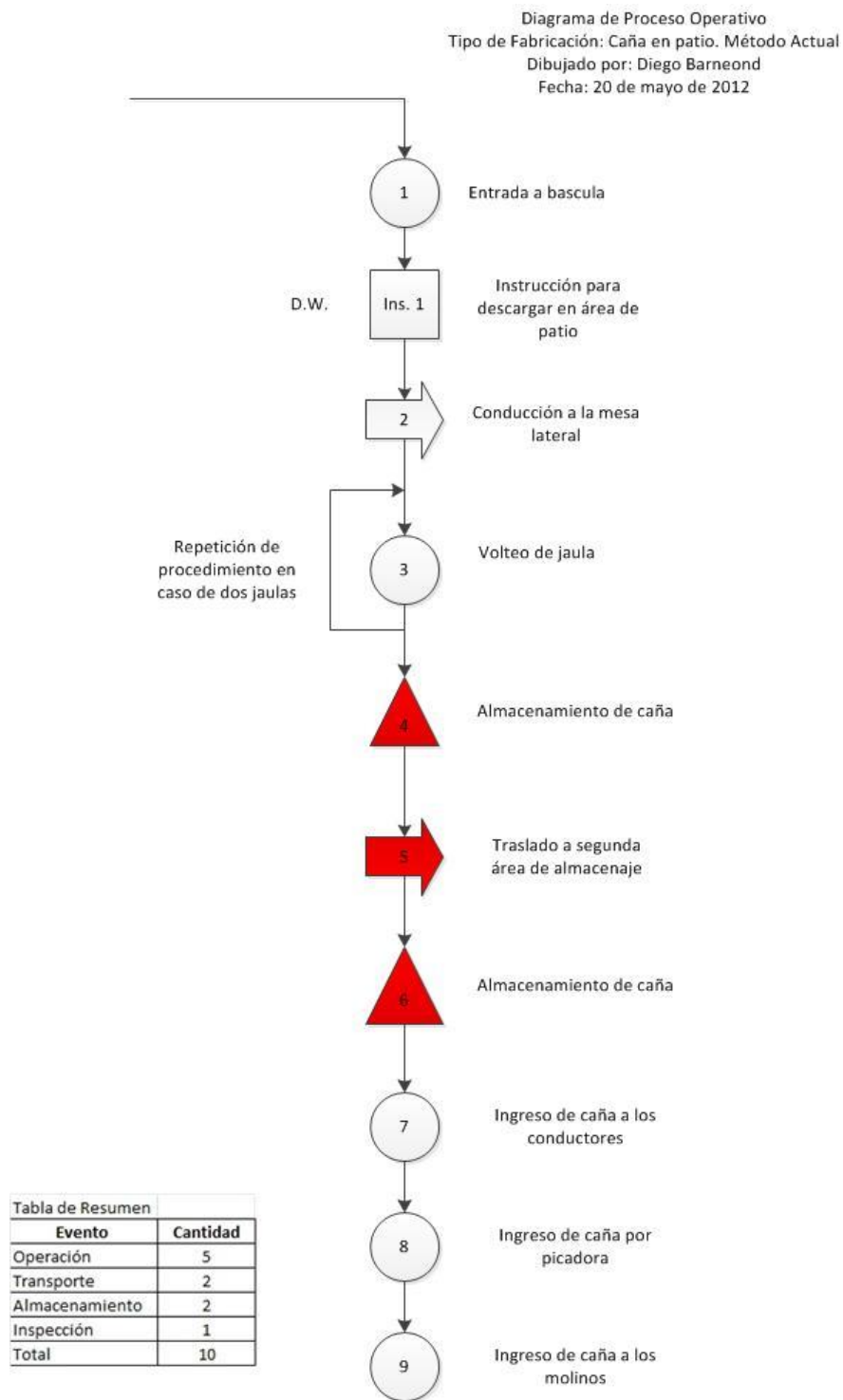


Gráfica No. 9 – Fincas más malas y más buenas de 5 muestras en adelante.



B. Manejo de caña en el patio

Ilustración No. 48 – Diagrama operaciones del manejo de caña actual en patio.



C. Toma de muestra y análisis

Se utilizaron 2 parámetros para evaluar el deterioro de la caña que se almacena en el patio.

Los parámetros son:

- Pruebas del test de la resazurina
- Caída de pureza

Tabla No. 4 – Resultados de pureza para cada tipo de caña.

Tipo de caña	Pureza	
	Primer muestreo	Segundo muestreo
Caña de granel	87.55%	87.48%
Caña verde	90.18%	88.84%

Ilustración No. 49 – Promedio de CM para caña de granel.

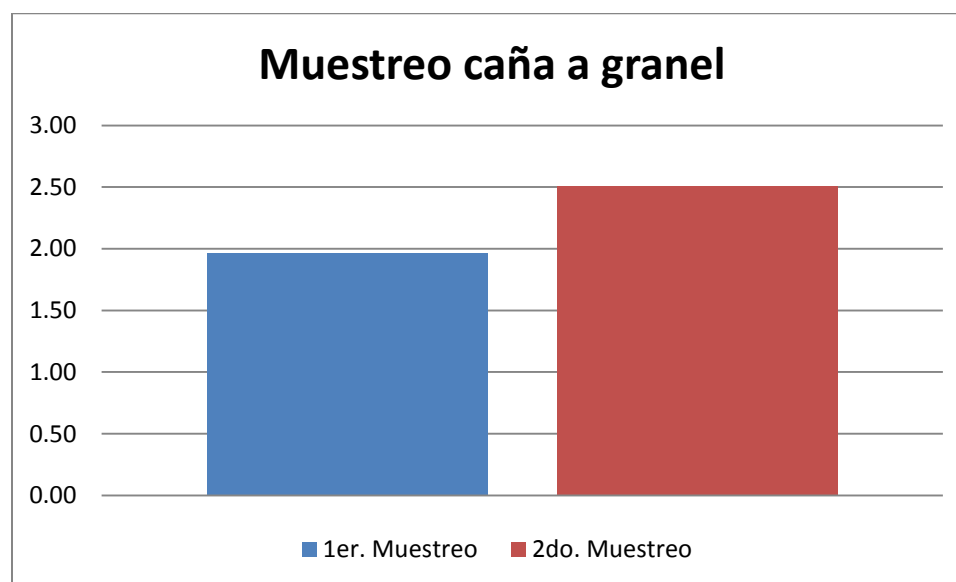


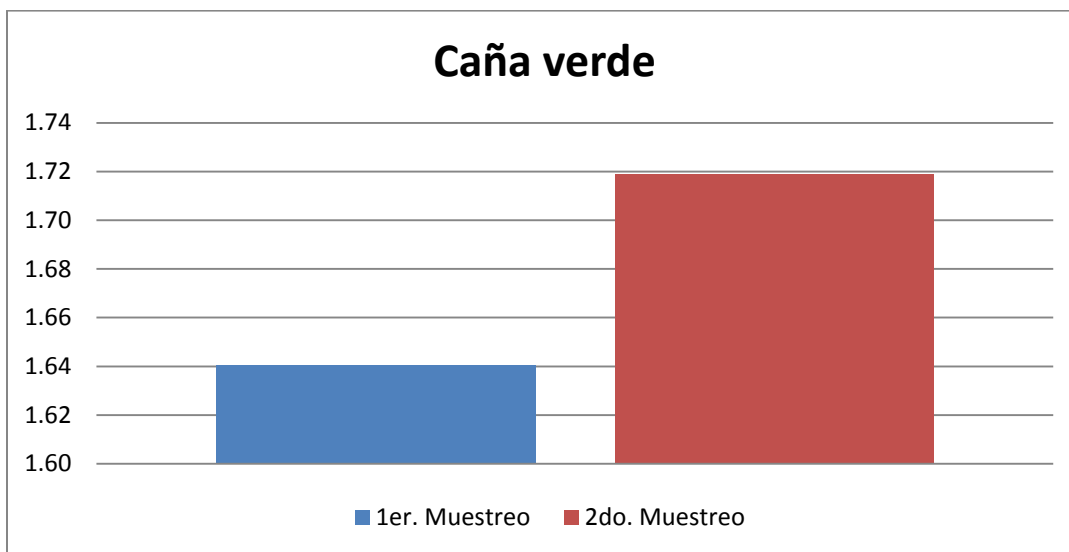
Ilustración No. 50 – Promedio de CM para caña verde.

Ilustración No. 51 – Hoja de cálculo “ Muestreo de caña de granel ”

Resultado
caña de granel

PRIMER MUESTREO			SEGUNDO MUESTREO		
No.	CM	Pza.	No.	CM	Pza.
8	1.03	84.12%	8	1.92	87.60%
9	2.11	87.95%	9	2.42	86.50%
10	3.26	85.97%	10	3.57	82.00%
11	2.31	84.61%	11	1.76	80.78%
12	2.00	92.19%	12	1.71	85.57%
13	1.54	86.90%	13	3.03	85.41%
14	1.36	89.82%	14	2.40	89.38%
16	2.26	88.61%	16	1.74	90.24%
19	2.00	86.57%	19	1.82	96.49%
21	1.36	87.57%	21	3.07	84.03%
23	1.28	90.67%	23	2.58	82.55%
26	2.44	90.89%	26	2.66	87.31%
32	1.19	73.58%	32	2.07	86.03%
35	1.90	89.19%	35	2.07	94.29%
37	1.34	83.27%	37	2.61	87.38%
39	2.40	88.59%	39	2.83	89.70%
42	2.17	86.43%	42	2.86	83.35%
43	2.24	88.81%	43	3.45	82.49%
50	2.07	88.47%	50	2.50	88.55%
53	2.42	88.64%	53	3.16	87.99%
58	1.68	91.89%	58	2.26	93.89%
59	2.27	87.15%	59	2.68	92.85%
60	2.29	92.77%	60	2.54	92.14%
62	2.29	86.58%	62	2.29	83.01%

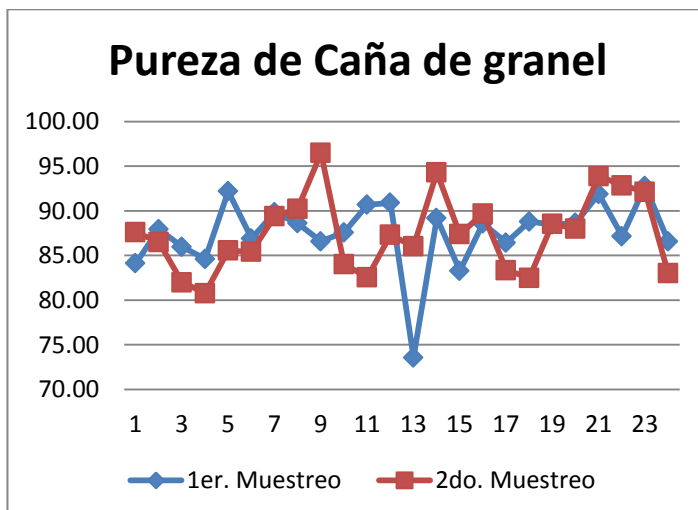
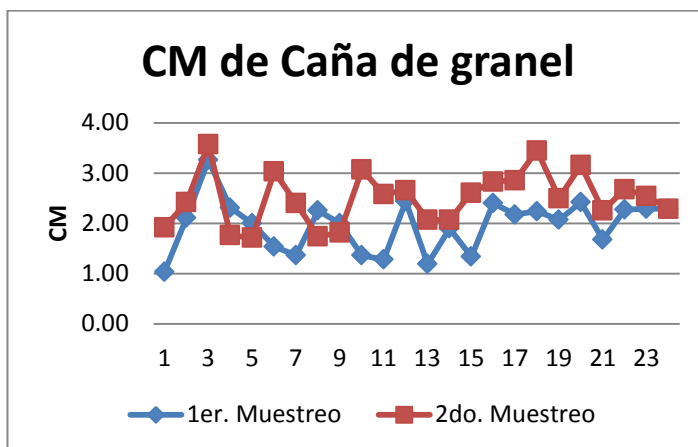


Ilustración No. 52 – Hoja de cálculo “Muestreo de caña verde”.

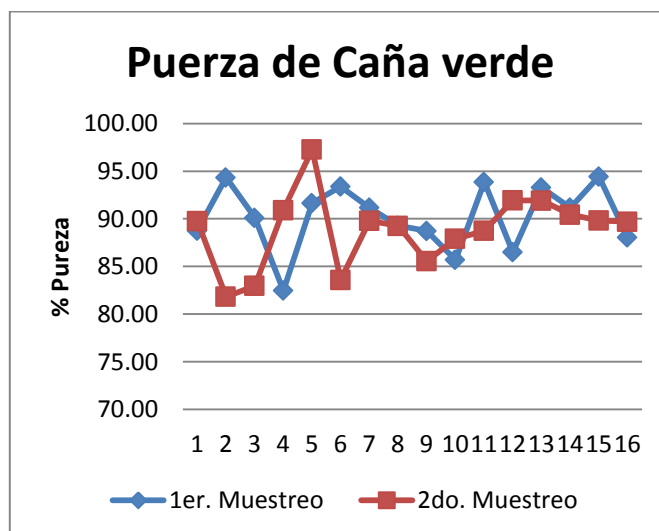
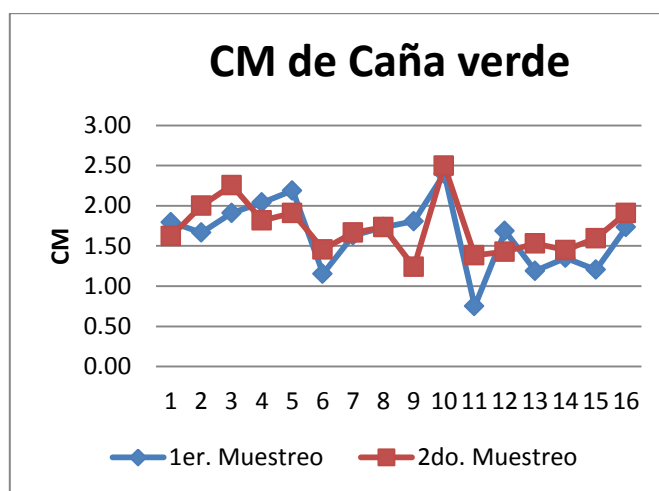
Resultado de caña verde

PRIMER MUESTREO

No.	CM	Pza.
1	1.80	88.76
2	1.67	94.34
3	1.91	90.11
4	2.04	82.47
5	2.19	91.65
6	1.15	93.39
7	1.63	91.16
21	1.73	89.27
27	1.81	88.72
29	2.40	85.69
30	0.75	93.87
45	1.69	86.49
46	1.19	93.28
47	1.35	91.16
48	1.20	94.43
55	1.73	88.03

SEGUNDO MUESTREO

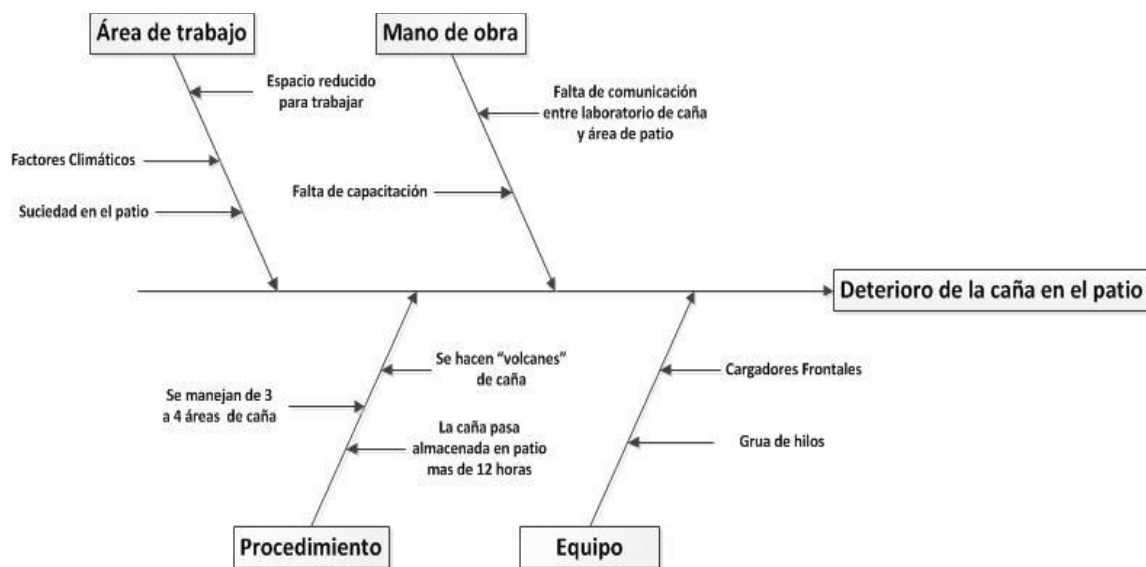
No.	CM	Pza.
1	1.62	89.78
2	2.00	81.83
3	2.26	82.97
4	1.82	90.91
5	1.91	97.27
6	1.46	83.58
7	1.67	89.79
21	1.73	89.27
27	1.24	85.56
29	2.50	87.90
30	1.38	88.74
45	1.43	91.93
46	1.53	91.91
47	1.45	90.43
48	1.60	89.82
55	1.91	89.70



D. OBSERVACIONES

Se realizó un diagrama de causa y efecto para demostrar las causas principales del deterioro de la caña en el patio.

Ilustración No. 53 – Diagrama de causa y efecto.



A pesar de las causas del deterioro de la caña en el patio encontradas, se determinó que hay causas que son controlables y otras que no son controlables. Se clasificaron las causas en el siguiente cuadro.

Tabla No. 5 – Causas del deterioro de la caña.

Causas del deterioro de la caña en patio	Soluciones	
	Controlables	No controlables
Falta de capacitación a los colaboradores del área de patio	X	
Falta de comunicación con entre el laboratorio de caña y el área de patio	X	
Espacio reducido para trabajar		X
Suciedad en el patio		X
Factores climáticos		X
Se maneja de tres a cuatro áreas de caña	X	
Se hacen montículos de caña	X	
La caña pasa tirada más de doce horas	X	
Cargadores frontales		X
Grúa de Hilos		X

E. Formulación de nueva metodología

Tabla No. 6 – Principios para el manejo de caña en el patio.

Principios para el manejo de la caña en el patio
Que la caña en el patio no permanezca más de seis horas almacenada.
Reducir la cantidad de caña maltratada en el patio.
Mantener volúmenes de caña adecuados en el patio
Manejar 2 áreas: <ul style="list-style-type: none"> • El área I: El área donde se descarga la caña • El área II: Un área que queda en medio de las 2 mesas.
Manejo de la caña en el patio según los siguientes escenarios: <ul style="list-style-type: none"> • Caña maleteada • Demanda inmediata por emergencia • Trabajo estándar • Trabajo estándar II
Se debe llevar 2 Controles operativos <ul style="list-style-type: none"> • Control operativo de patio • Control operativo microbiológico del laboratorio de caña

1. Manejo de caña según escenarios

Ilustración No. 54. Diagrama de flujo para caña maleteada.

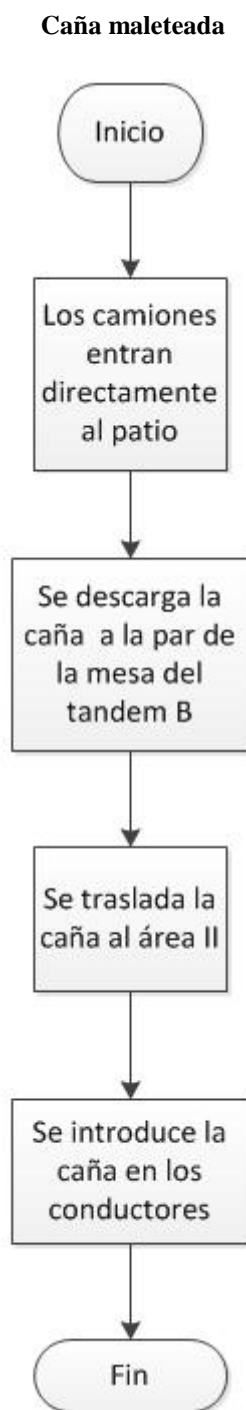


Ilustración No. 55 – Diagrama de flujo para demanda inmediata por emergencia.**Demanda inmediata por emergencia****Ilustración No. 56** – Diagrama de flujo para trabajo estándar I.

Trabajo estándar I

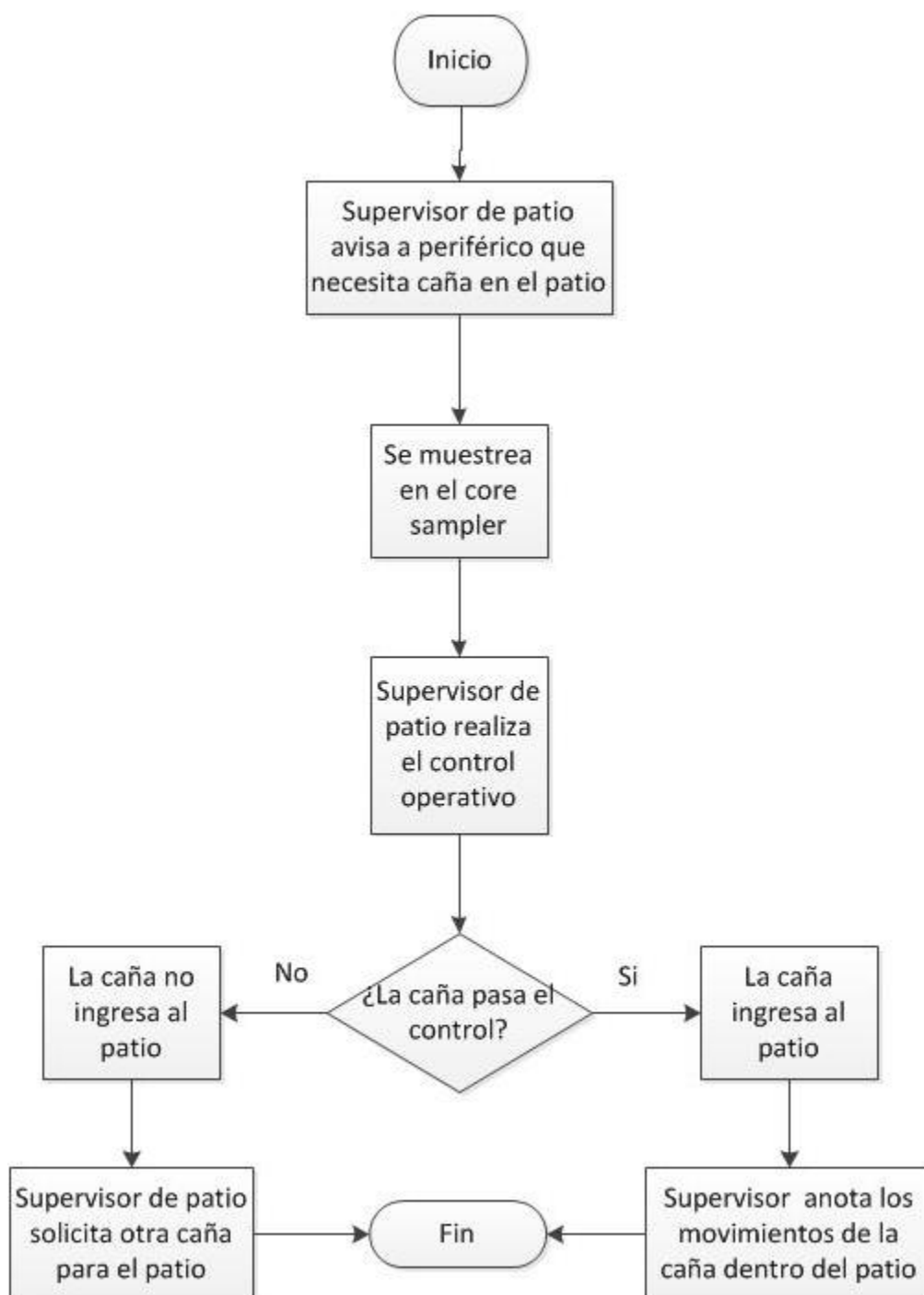
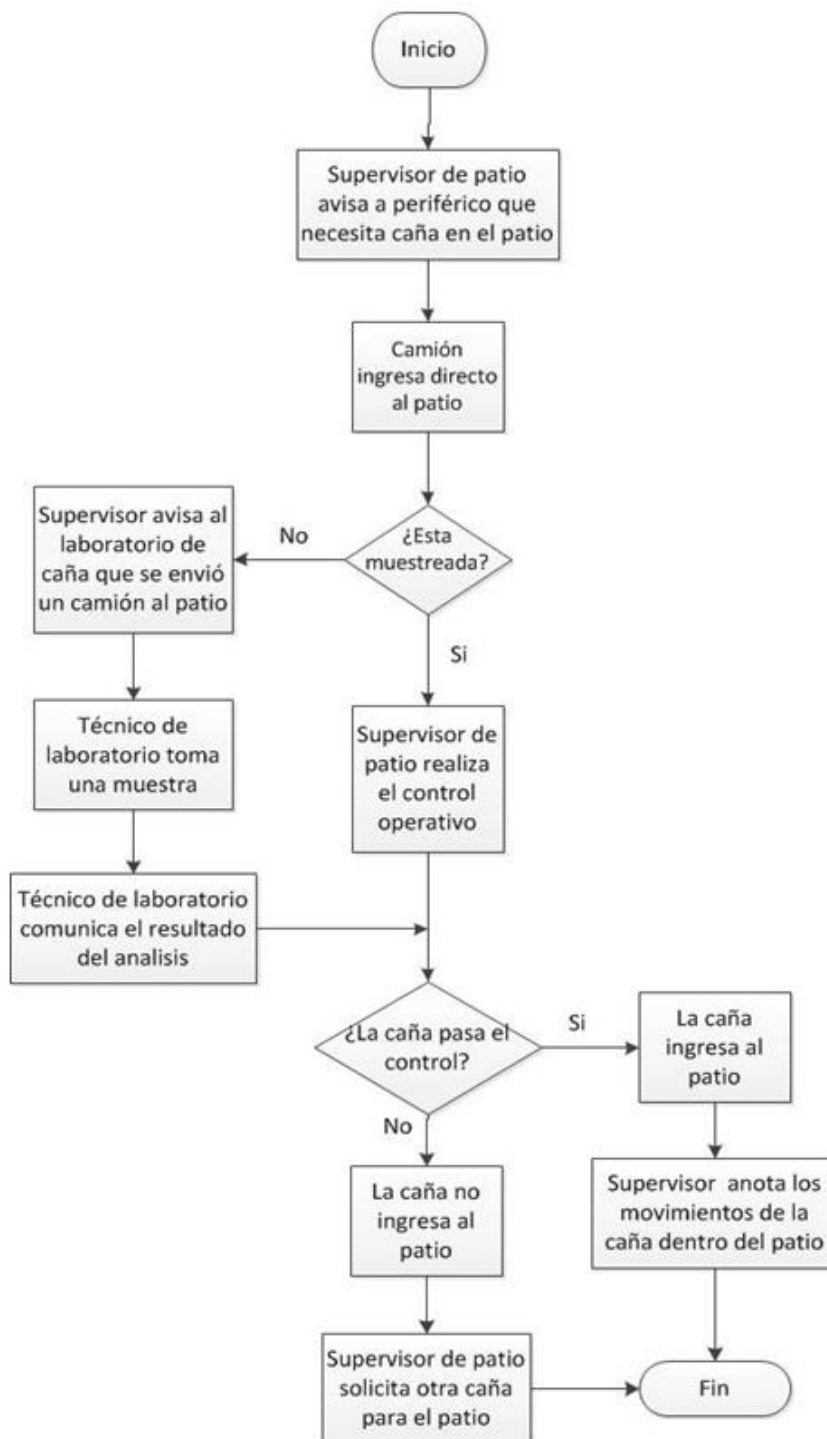


Ilustración No. 57 - Diagrama de flujo para trabajo estándar II.
Trabajo estándar II



2. Controles operativos

Ilustración No. 58 – Diagrama de flujo para el control operativo de patio.

Control operativo de patio

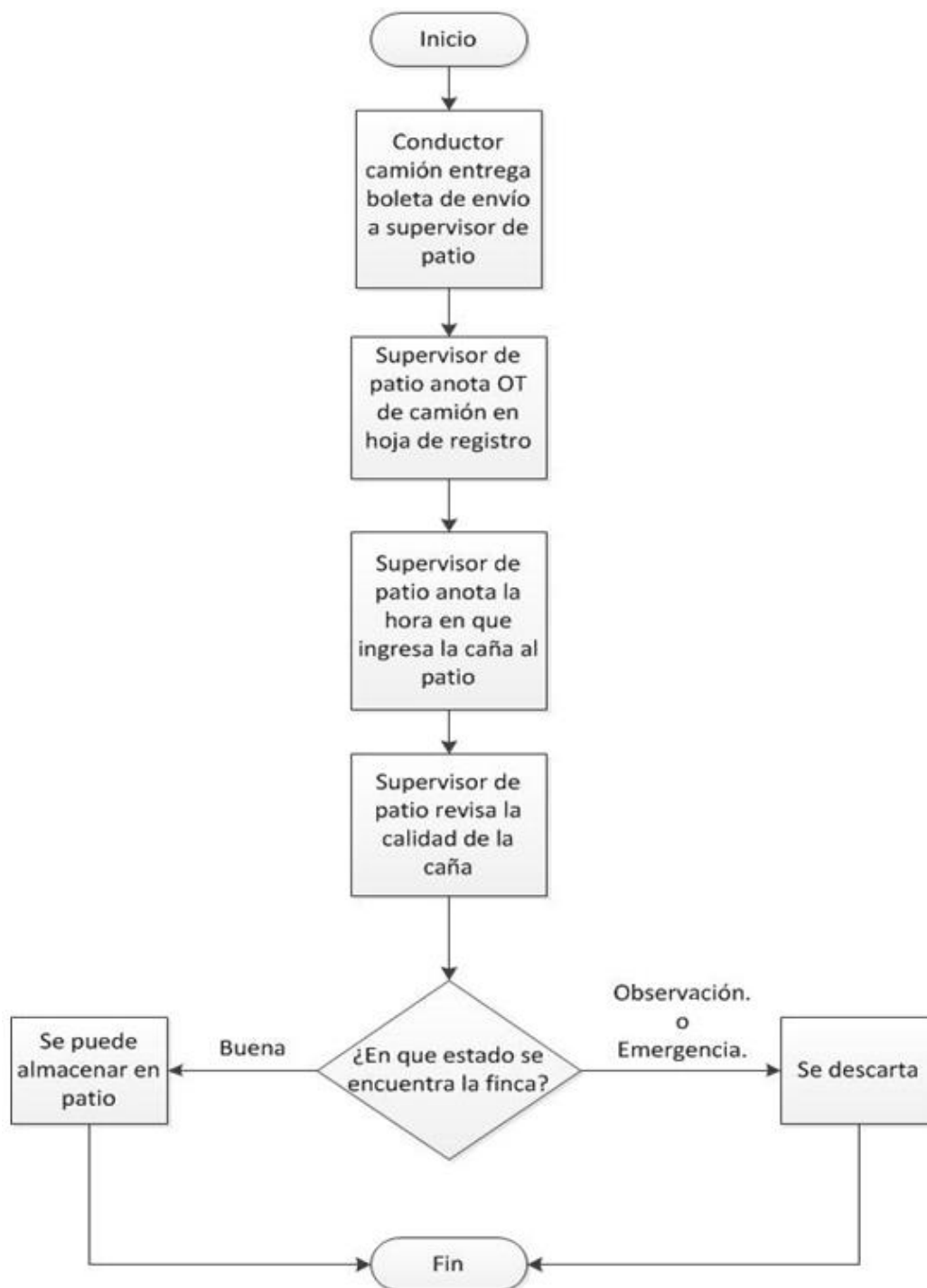


Ilustración No. 59 - Diagrama de flujo para control operativo microbiológico de laboratorio.

Control operativo de laboratorio de caña



F. Presentación a personal involucrado del manejo de caña en el patio

Se realizó una presentación de la propuesta al personal involucrado del manejo de caña en el patio.

Ilustración No. 60 – Presentación a grupo técnico de Pantaleón.



G. Implementación de la metodología

1. **Capacitación.** Se capacitó a los supervisores de patio y los técnicos de laboratorio de caña

Ilustración No. 61 – Capacitación a personal.



2. **Área de patio.** El primer resultado fue la implementación de dos áreas en el patio.

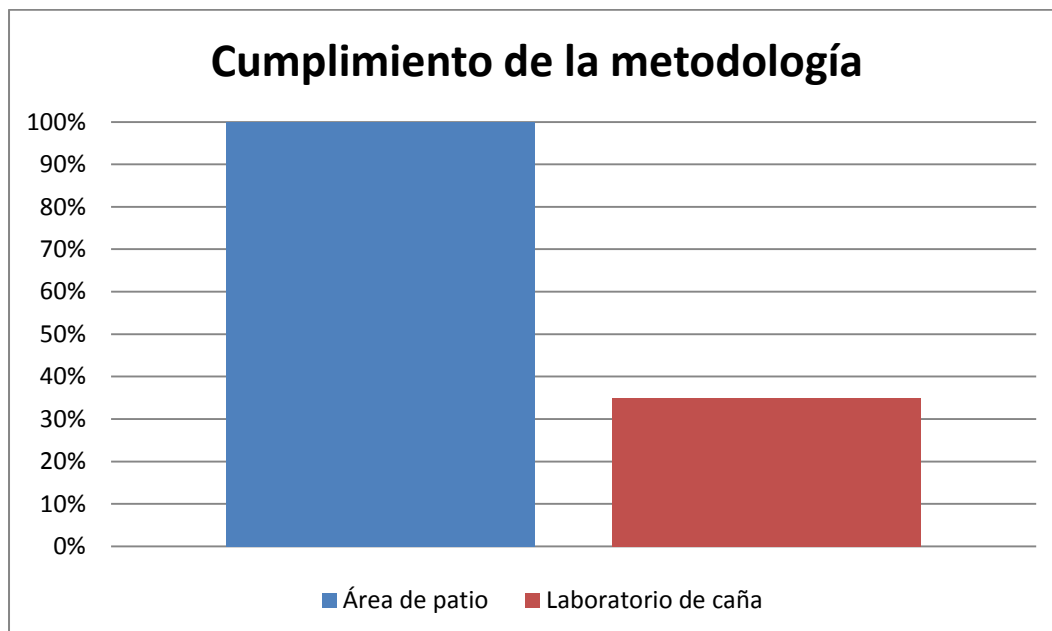
Ilustración No. 62 - Nuevo manejo de patio de caña.



H. Evaluación de la metodología implementada

1. Cumplimiento de la metodología

Ilustración No. 63 – Cumplimiento de la metodología propuesta.



I. Evaluación de mejoras establecidas en zafra 2011-2012.

Tabla No. 7 – Cumplimiento de mejoras propuestas a procedimiento de limpieza durante zafra 2011/2012.

	Se cumple	No se cumple
Coordinación entre operarios		X
Se comienza por la parte superior y luego la inferior	X	
Limpieza comenzaba en el sexto molino		X
Seguridad Industrial	X	
Comunicación entre C.O.M y O.L.	X	

Tabla No. 8 – Cumplimiento de mejoras propuestas a procedimienot de limpieza durante zafra 2011/2012.

	Se cumple	No se cumple	Sujeto a mejora en instructivo
Coordinación entre operarios		X	✓
Se comienza por la parte superior y luego la inferior	X		✓
Limpieza comenzaba en el sexto molino		X	✓
Seguridad Industrial	X		✓
Comunicación entre C.O.M y O.L.	X		✓

J. Redacción del instructivo mejorado del procedimiento de limpieza del tándem. (Procedimiento, Seguridad Industrial, Riesgos)

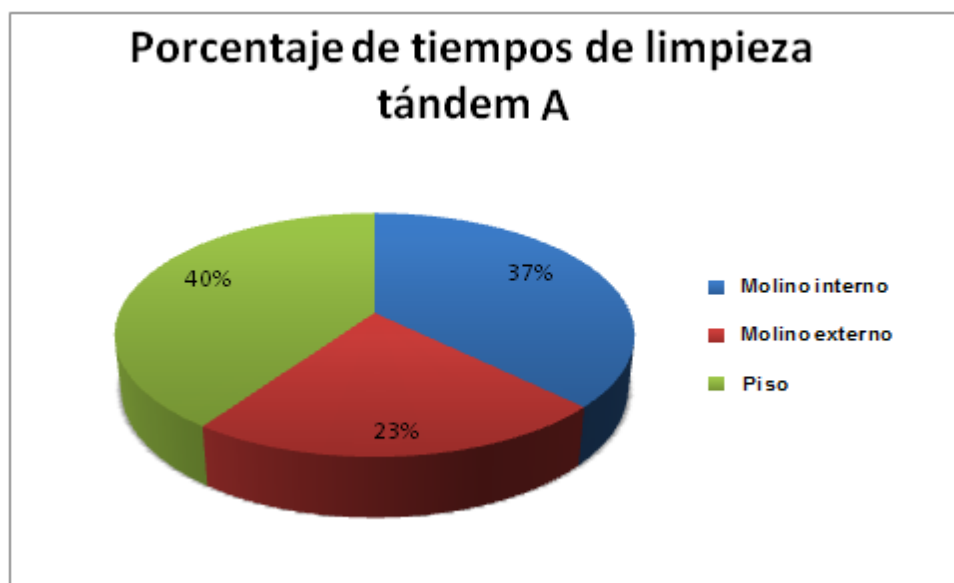
El instructivo para un procedimiento mejorado de limpieza en molinos se encuentra en la sección de anexos. (Ver Anexo, Instructivo para la mejora de procedimiento de limpieza en molinos del Ingenio Pantaleón), dicho instructivo será apoyado en su implementación con material visual que remarca tres puntos esenciales para el operario como los son las medidas que deben ser tomadas antes, durante y después de la limpieza. (Ver Anexo, Banner Proceso de limpieza tándem).

K. Monitoreo y evaluación de la implementación del instructivo mejorado del procedimiento de limpieza en el tándem.

Tabla No. 9 - Proporción de tiempos ocupado en la limpieza por áreas y molinos tomados al inicio de la zafra 2011/ 2012 (sin hoja de registro).

Tándem A			Tándem B			
		Porcentajes			Porcentajes	
Molino interno	25	37%		Molino interno	30	39%
Molino externo	15	22%		Molino externo	12	16%
Piso	27	40%		Piso	35	45%
Molino 6	14	21%		Molino 6	14	18%
Molino 5	15	22%		Molino 5	11	14%
Molino 4	12	18%		Molino 4	14	18%
Molino 3	7	10%		Molino 3	13	17%
Molino 2	10	15%		Molino 2	11	14%
Molino 1	9	13%		Molino 1	14	18%
Total	67	Minutos		Total	77	Minutos

Gráfica No. 10 – Porcentaje de tiempos de limpieza en el tándem A (sin hoja de registro).



Gráfica No. 11 – Porcentaje de tiempos de limpieza en tándem B (sin hoja de registro).

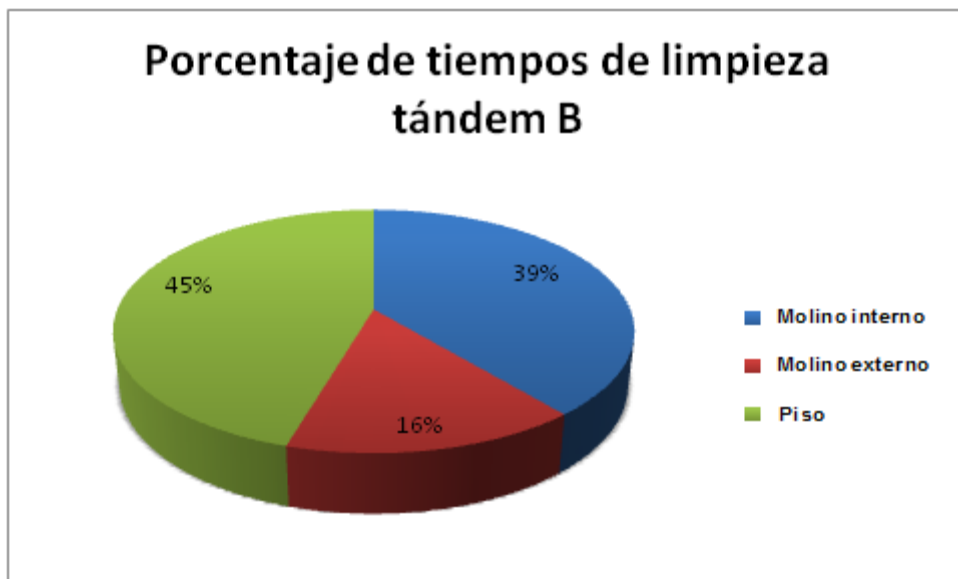
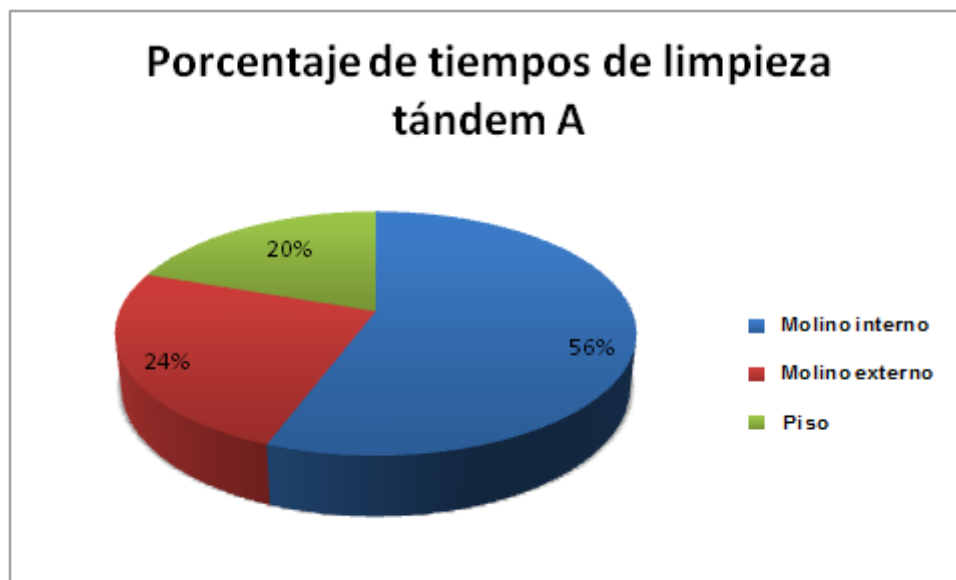


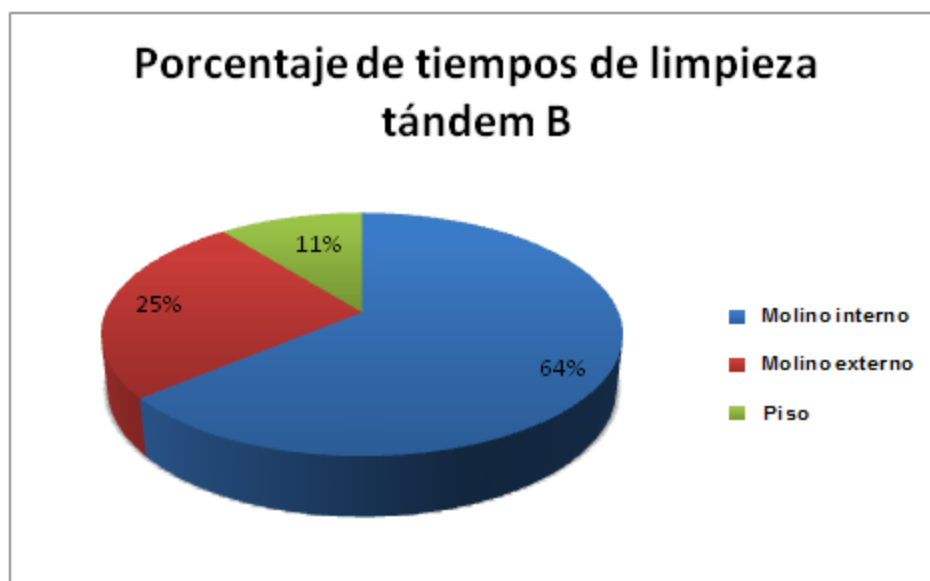
Tabla No. 10 – Proporción de tiempos ocupado en la limpieza por áreas y molinos durante la zafra 2011/2012 (con hoja de registro).

Tándem A			Tándem B		
		Porcentajes			Porcentajes
Molino interno	34	56%	Molino interno	30	64%
Molino externo	15	25%	Molino externo	12	26%
Piso	12	20%	Piso	5	11%
Molino 6	9	15%	Molino 6	10	21%
Molino 5	16	26%	Molino 5	8	17%
Molino 4	9	15%	Molino 4	6.5	14%
Molino 3	9	15%	Molino 3	8	17%
Molino 2	8	13%	Molino 2	7	15%
Molino 1	10	16%	Molino 1	7.5	16%
Total	61	Minutos	Total	47	Minutos

Gráfica No. 12 - Porcentaje de tiempos de limpieza en el tándem A (con hoja de registro).



Gráfica No. 13 - Porcentaje de tiempos de limpieza en el tándem B (con hoja de registro).



L. Implementación de métodos de comunicación entre el control operativo microbiológico y los operarios del tándem.

Como método de comunicación entre el control operativo microbiológico y los operarios del tándem, se seleccionó específicamente una herramienta que funcione como un Kanban; es decir, que permita al operario conocer el orden en que debe realizar la limpieza reduciendo así los tiempos de limpieza y obteniendo mayor calidad, lo cual se hará por medio de un semáforo microbiológico. (Ver anexo)

M. Evaluación de los costos asociados al uso de desinfectantes como complemento de la limpieza en el tándem.

Los precios obtenidos con ayuda del personal del Ingenio Pantaleón se muestran en él;

Tabla No. 11 – Precios de bactericidas utilizados por Ingenio Pantaleón.

Bactericida	Precio (US\$/L)
Labs SMB®	\$1.9285/L (sin IVA)
Betastab® 10A	\$4.99/L (sin IVA)

Tabla No. 12 – Aprox. Total de costos por tipo de bactericida.

Bactericida	Dosis óptima de aplicación (L)	Aplicaciones aprox. por día	Días de zafra	Precio (US\$/L)	Total US\$	Total Q
Labs SMB®	15 L	3	177	\$1.9285/L	15,360.5	121,655.16
Betastab® 10A	15 L	3	177	\$4.99/L	39,745.35	314,783.17

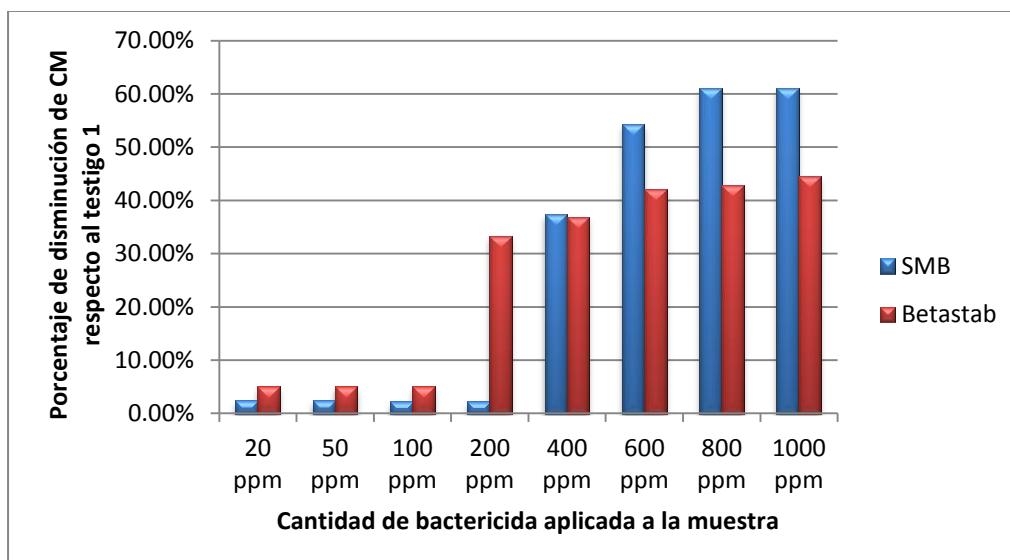
Tabla No. 13 – Aprox. total de costos de control operativo microbiológico por zafra en US\$

	Labs SMB®	Betastab® 10A
Salarios	\$6,875.00	\$6,875.00
Viales	\$3,453.88	\$3,453.88
Bactericida	\$15,360.5	\$39,745.35
Total	\$25,689.38	\$50,074.23

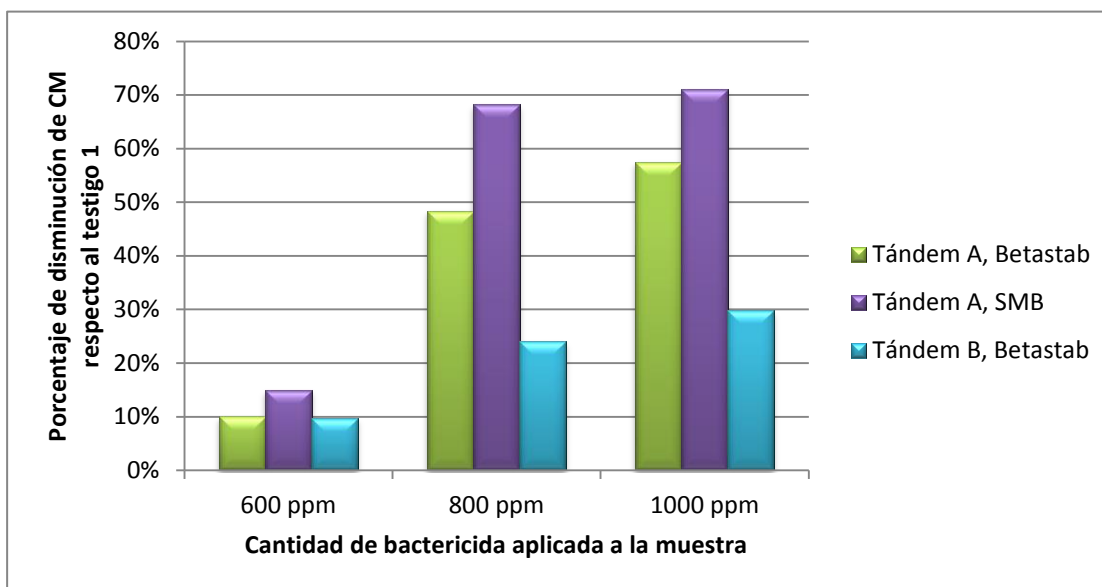
Tabla No. 14 – Aprox. total de costos de control operativo microbiológico por zafra en Q.

	Labs SMB®	Betastab® 10A
Salarios	Q55,000.00	Q55,000.00
Viales	Q27,631.00	Q27,631.00
Bactericida	Q121,655.16	Q314,783.17
Total	Q204,286.16	Q397,414.17

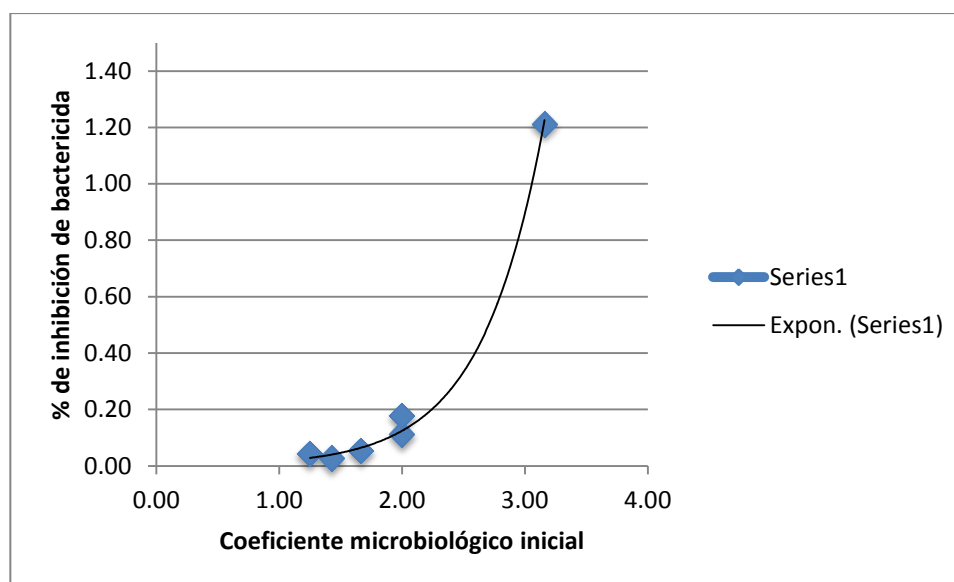
N. Análisis de dosis óptima de aplicación de bactericida a escala de laboratorio.

Gráfica No. 14 – Porcentaje de disminución del coeficiente microbiológico respecto a la muestra testigo 1 para diferentes cantidades de bactericida (Labs SMB ® y Betastab® 10A aplicadas).

Gráfica No. 15 – Porcentaje de disminución del coeficiente microbiológico respecto a la muestra testigo 1 para 600, 800 y 1000 PPM (mg/dm³) de bactericida (LABS SMB® Y BETASTAB® 10A) Aplicadas.



Gráfica No. 16 – Relación entre el coeficiente microbiológico inicial y el porcentaje de inhibición de bactericidas a diferentes concentraciones.



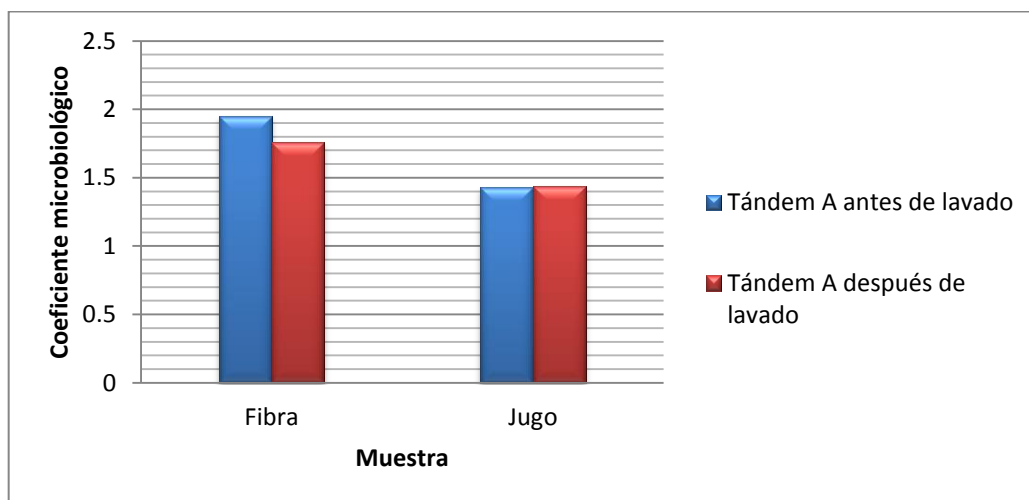
La ecuación por la que se rige el segmento de muestras obtenido para este análisis es:

$$y = 0.00224 e^{1.9733 x} \quad \text{Ecuación No. 2}$$

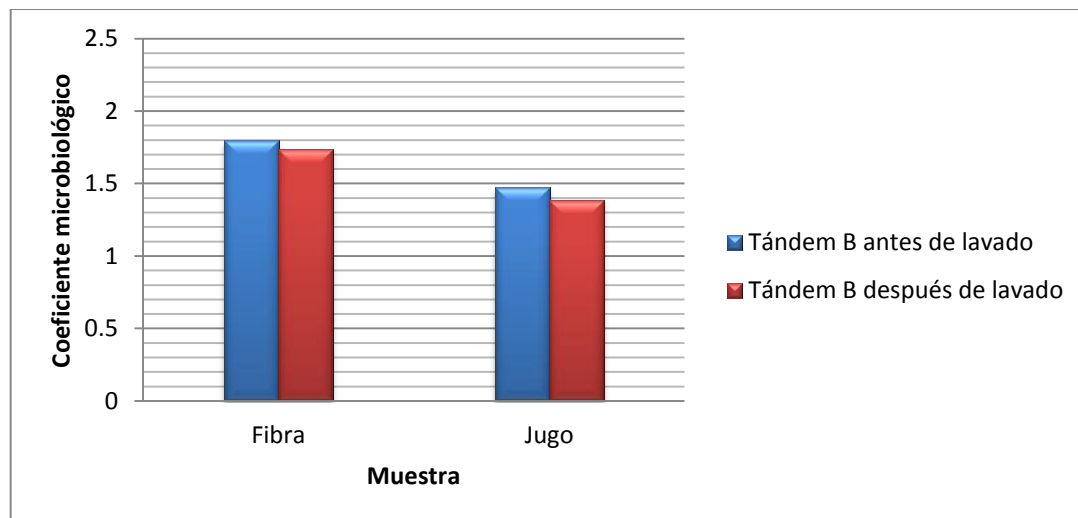
La Ecuación No. 2 posee un coeficiente de correlación (R^2) de 0.9432 (obtenido por solver de Microsoft Excel).

O. Representatividad del jugo primario como indicador de la calidad de la caña que entra a los molinos.

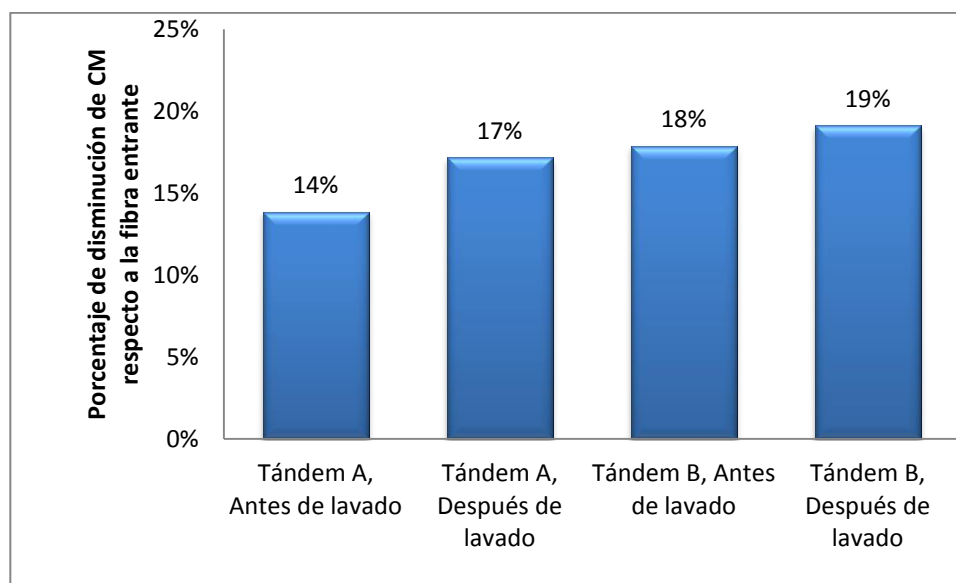
Gráfica No. 17 – Valores promedio de coeficientes microbiológicos obtenidos en cada muestra para el jugo primario y la fibra que ingresa al primer molino del tándem A.



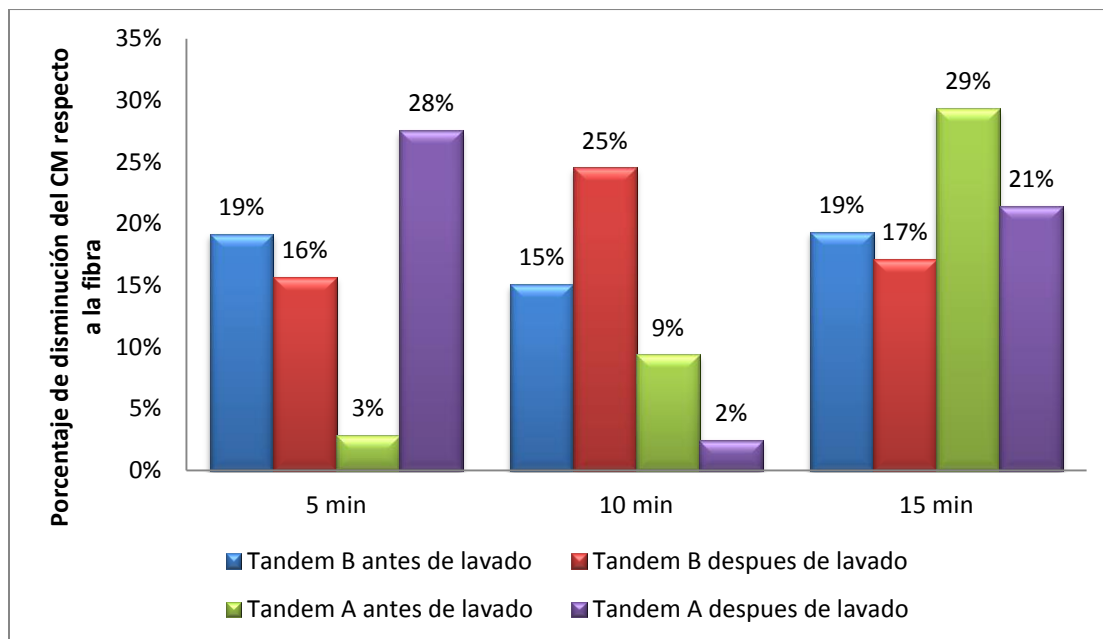
Gráfica No. 18 – Valores promedio de coeficientes microbiológicos obtenidos en cada muestra para el jugo primario y la fibra que ingresa al primer molino del tándem B.



Gráfica No. 19 – Porcentaje de disminución del coeficiente microbiológico respecto a la fibra entrante en el tándem A y B.



Gráfica No. 20 – Porcentaje de disminución del coeficiente microbiológico respecto a la fibra, 5, 10 y 15 minutos antes y después del lavado, para ambos tándemes.



P. Análisis de la actividad microbiológica del tanque de jugo diluido.

Ilustración No. 64 – Entrada del jugo al colador ubicado en la parte superior de los tanques de jugo diluido.

Entrada del jugo diluido



Bagazo recolectado por el colador



Ilustración No. 65 – Puntos críticos respecto a la alta actividad microbiológica en el tanque de jugo diluido del tándem A.

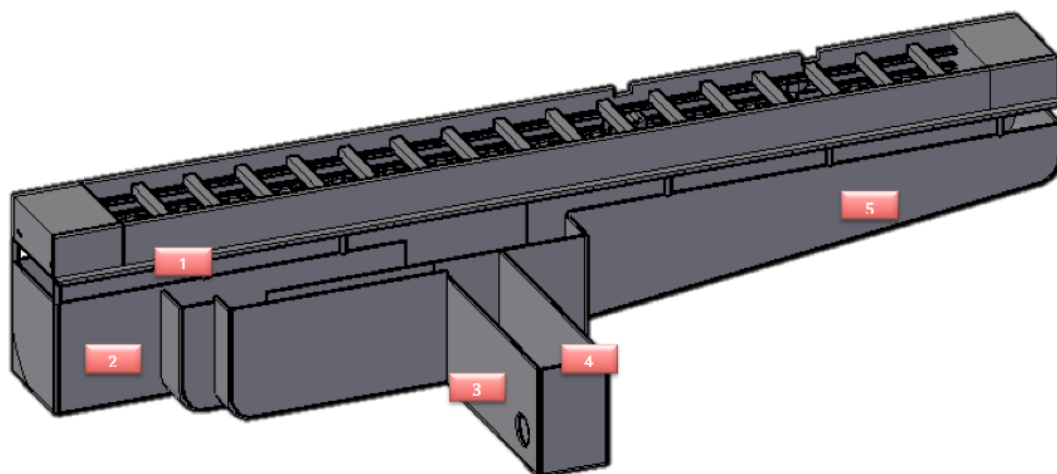
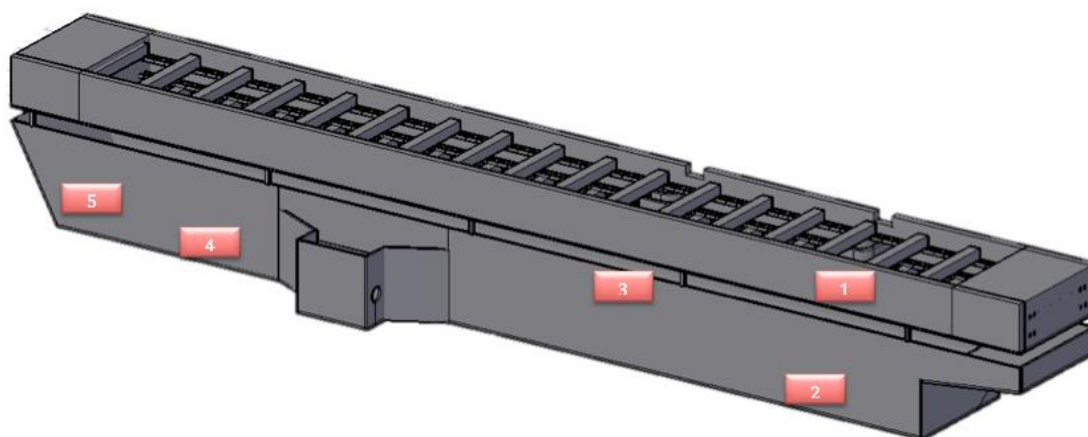


Ilustración No. 66 - Puntos críticos respecto a la alta actividad microbiológica en el tanque de jugo diluido del tándem B.



Gráfica No. 21 – Resultados promedio de la actividad microbiológica de los puntos elegidos, del tándem A y B.

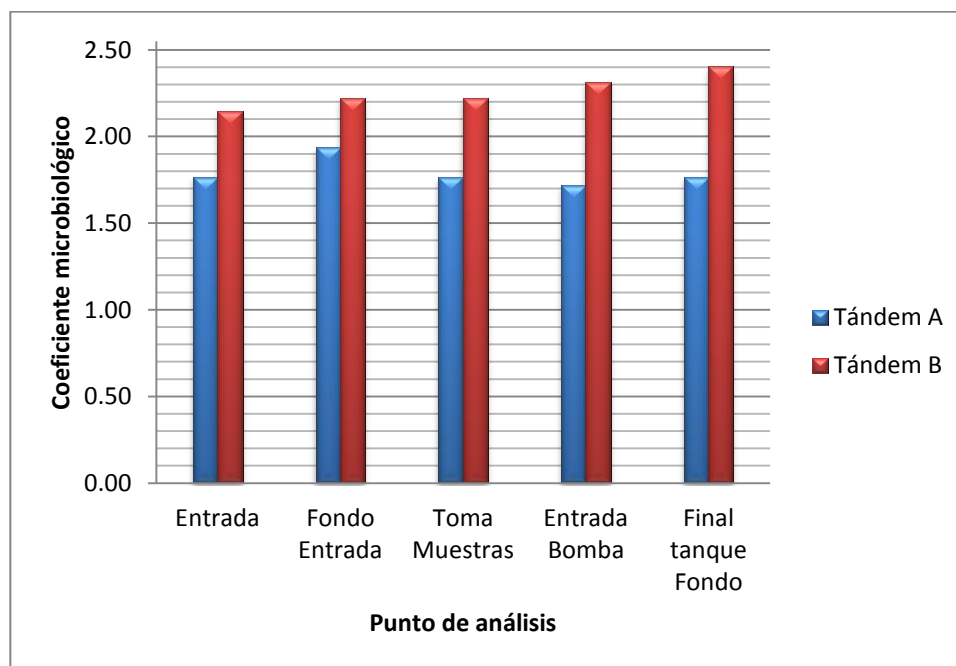


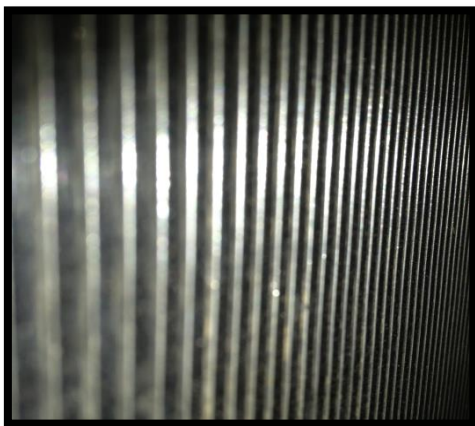
Ilustración No. 67 – Polisacárido encontrado en el fondo de la entrada de jugo, en el tanque de jugo diluido del tándem B.



Ilustración No. 68 – Polisacáridos encontrados en el colador del tanque de jugo diluido del tándem B.

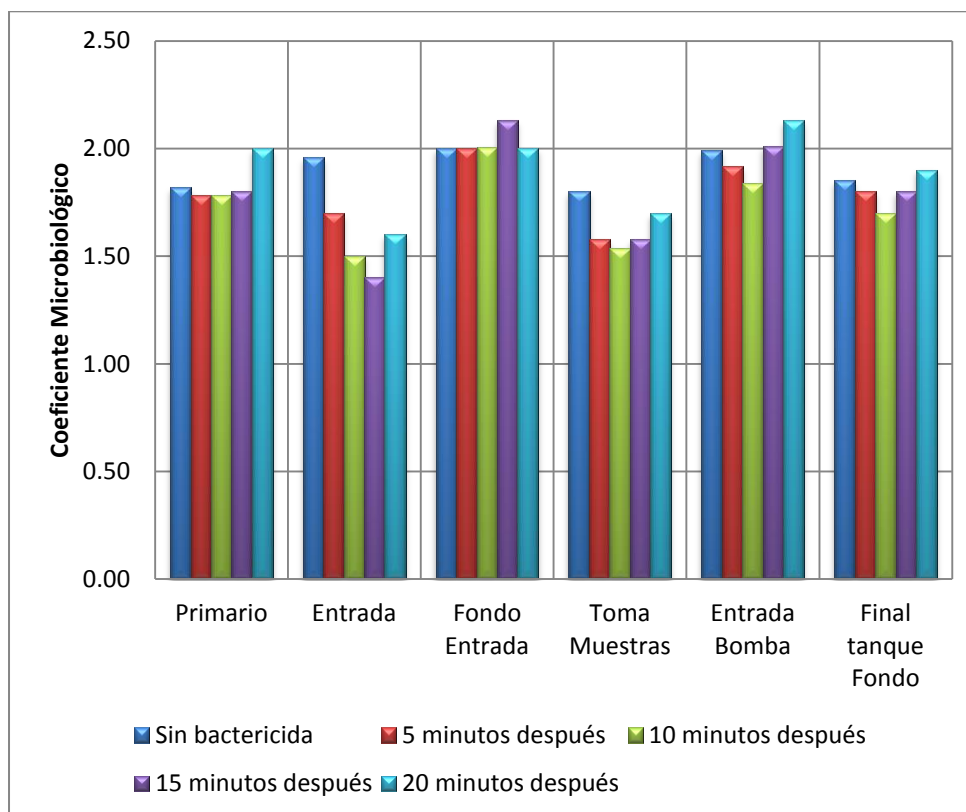


Ilustración No. 69 – Ranuras del colador ubicado en la parte superior de los tanques de jugo diluido del tándem A y B.

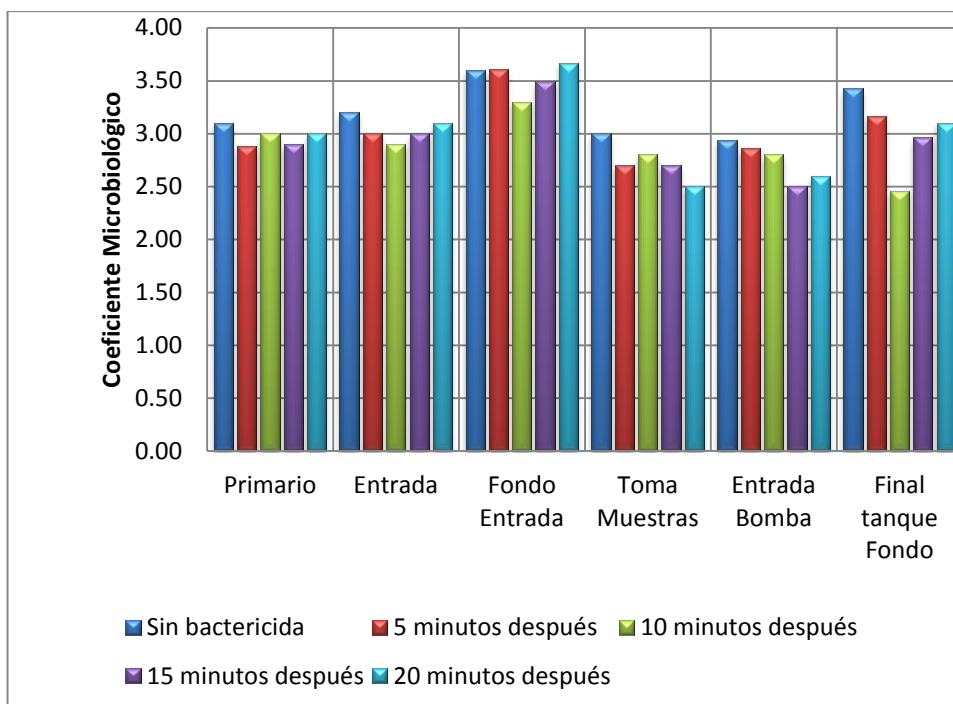


Q. Influencia de diferentes dosis de bactericida en varios puntos, sobre la disminución de la actividad microbiológica en el jugo diluido.

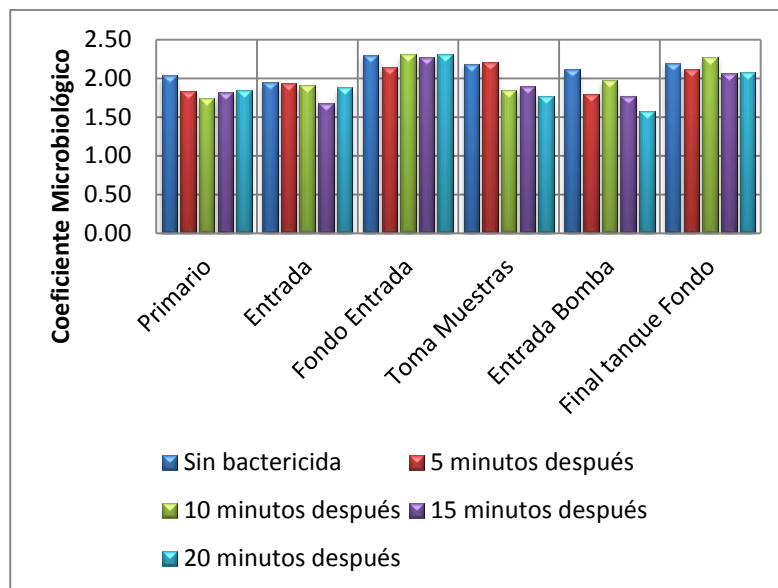
Gráfica No. 22 – Resultados promedio de los coeficientes microbiológicos del jugo diluido sin bactericida, 5, 10, 15 y 20 minutos después de la aplicación 15 litros (928 ± 30.93 PPM, MG/DM³, anexo No. 3) de bactericida en el rebozo del segundo molino del tándem A.



Gráfica No. 23 - Resultados promedio de los coeficientes microbiológicos del jugo diluido sin bactericida, 5, 10, 15 y 20 minutos después de la aplicación 15 litros (928 ± 30.93 PPM, MG/DM³, anexo No. 3) de bactericida en el rebozo del segundo molino del tándem A.

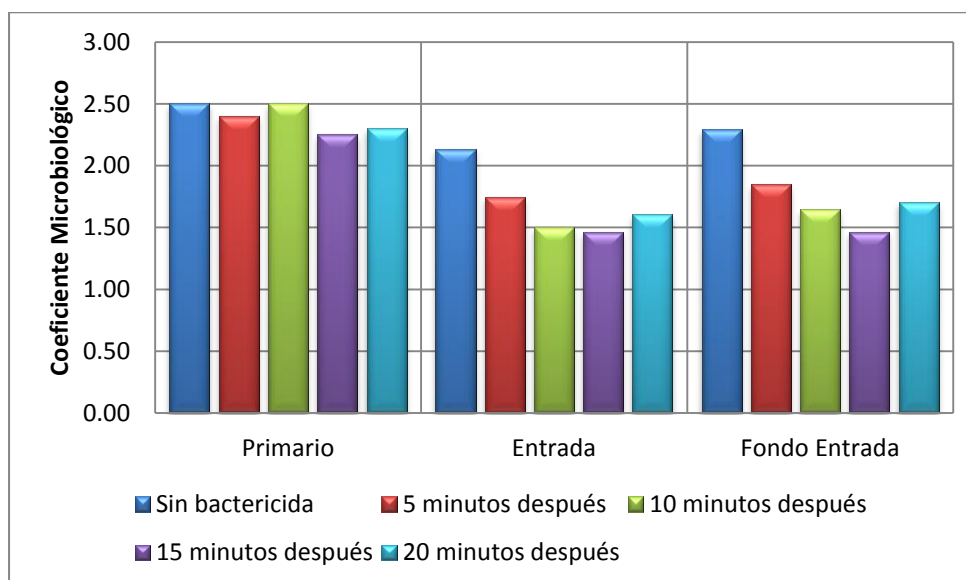


Gráfica No. 24 - Resultados promedio de los coeficientes microbiológicos del jugo diluido sin bactericida, 5, 10, 15 y 20 minutos después de la aplicación 20 litros ($1,167 \pm 29.18$ PPM, MG/DM³, anexo No. 3) de bactericida en el rebozo del segundo molino del tándem B.



R. Evaluar preliminarmente la utilización de dispositivo para aplicar bactericida en puntos de difícil acceso.

Gráfica No. 25 - Resultados promedio de los coeficientes microbiológicos del jugo diluido sin bactericida, 5, 10, 15 y 20 minutos después de la aplicación 15 litros (928 ± 30.93 PPM, MG/DM³, anexo No. 3) de bactericida por el embudo del tanque de jugo diluido del tándem A.



Gráfica No. 26 - Resultados promedio de los coeficientes microbiológicos del jugo diluido sin bactericida, 5, 10, 15 y 20 minutos después de la aplicación 15 litros (928 ± 30.93 PPM, MG/DM³, anexo No. 3) de bactericida por el embudo del tanque de jugo diluido del tándem B.

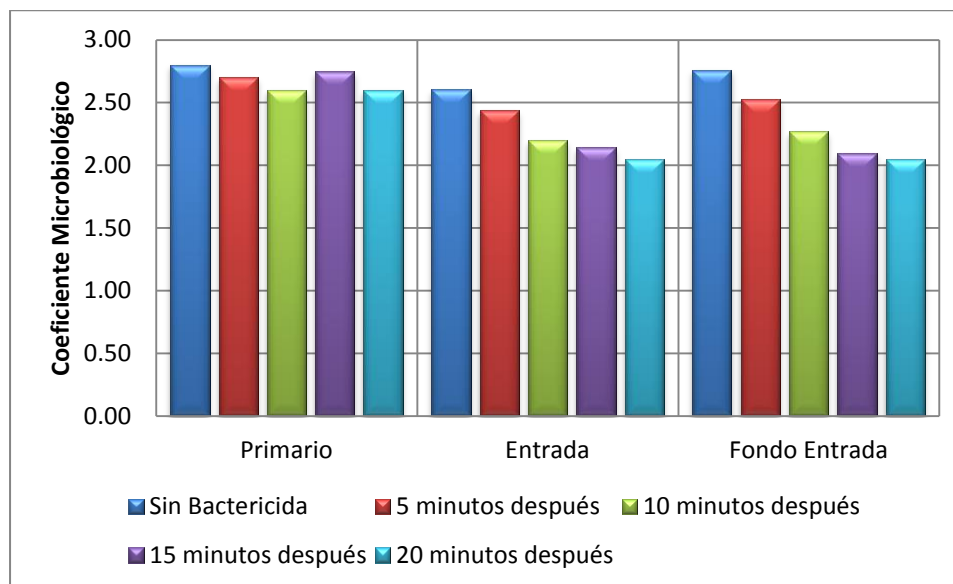


Ilustración No. 70 – Ubicación de dispositivos auxiliares en el tanque de jugo diluido del tándem A. (Ver medidas en anexo)

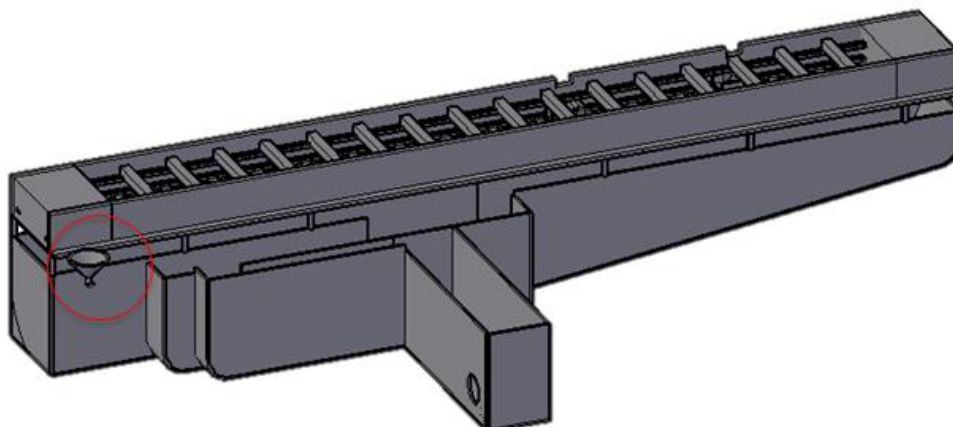


Ilustración No. 71 - Ubicación de dispositivos auxiliares en el tanque de jugo diluido del tándem B.

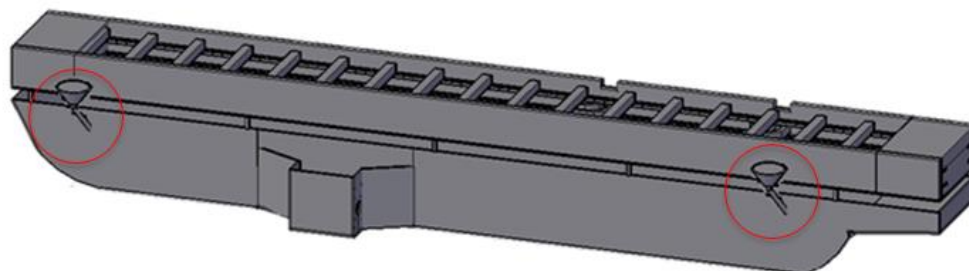


Ilustración No. 72 - Rediseño de algunas áreas del tanque de jugo diluido del tándem A.

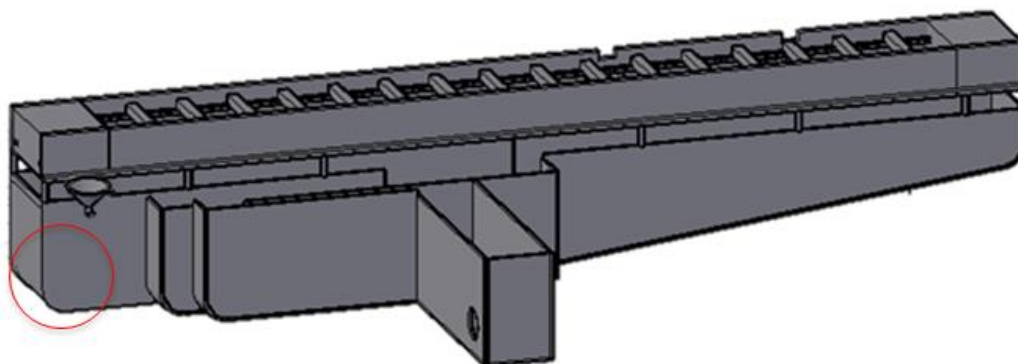


Ilustración No. 73 - Rediseño de algunas áreas del tanque de jugo diluido del tándem B.

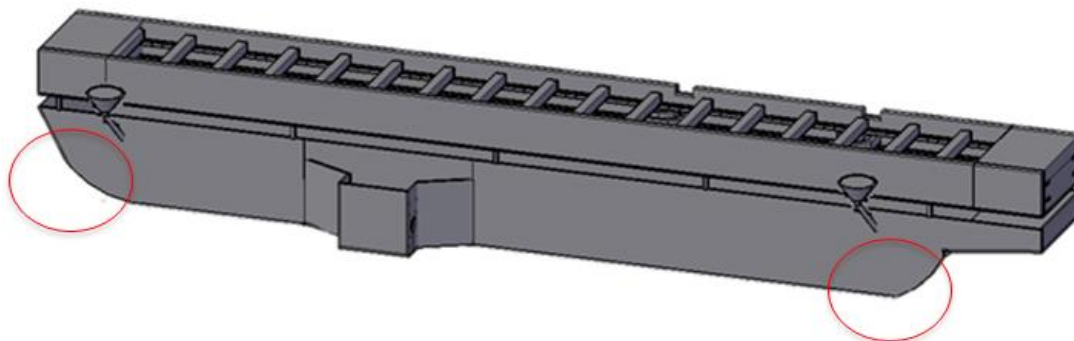
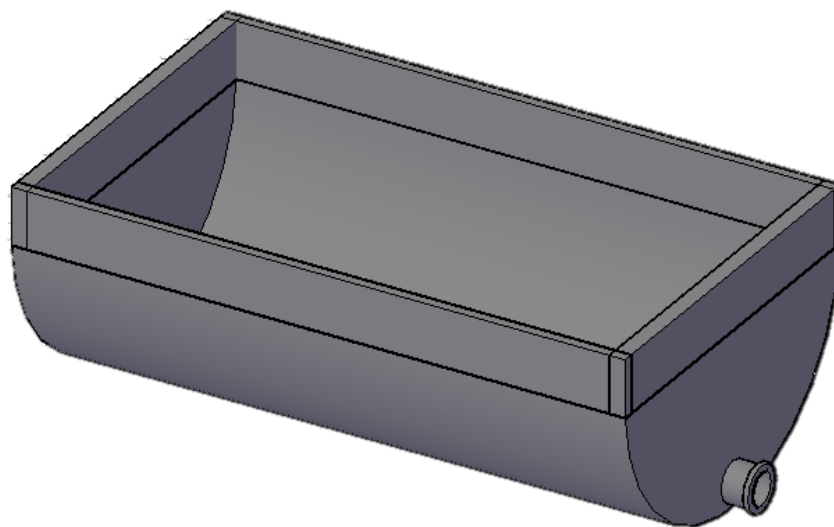
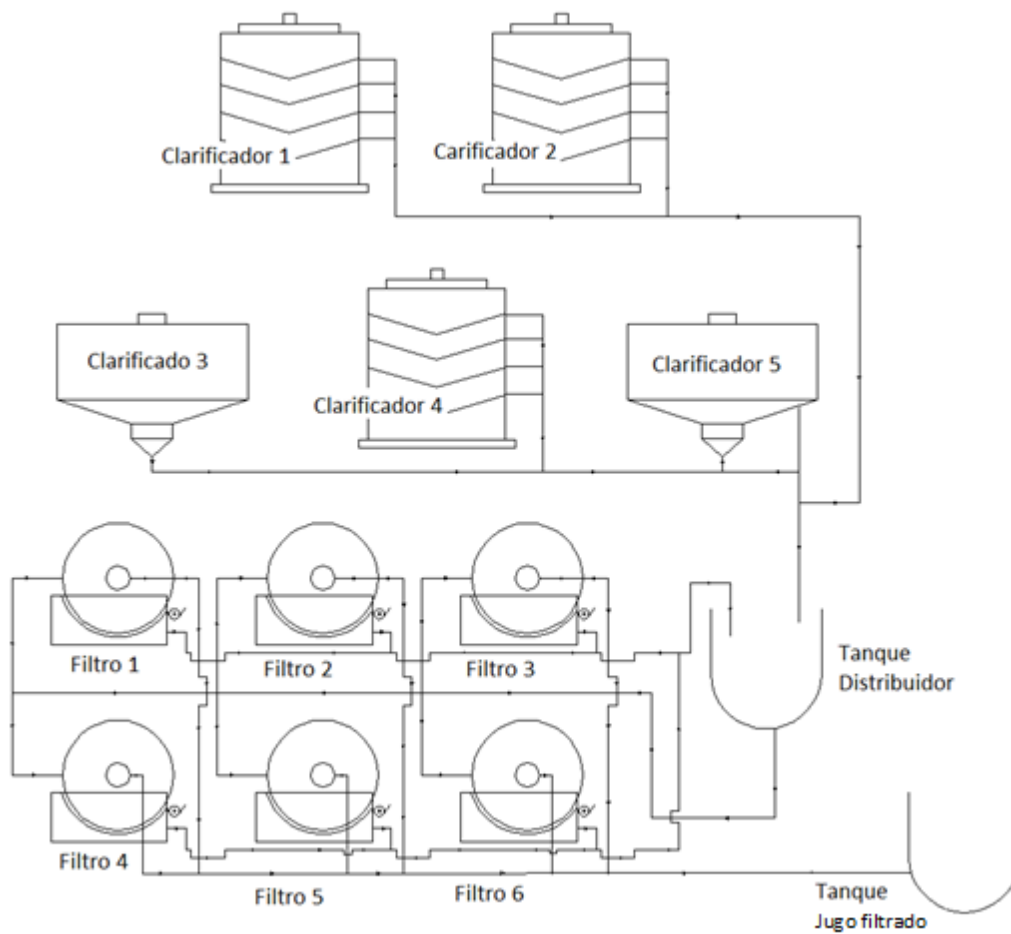


Ilustración No. 74 – Rediseño total del tanque de jugo diluido del tándem A y B. (Ver medidas en anexo)



S. Levantamiento del área de tratamiento de lodos.**Ilustración No. 75** – Diagrama general del área de tratamiento de lodos.

T. Temperaturas del área del tratamiento de lodos.

Tabla No. 15 – Temperatura promedio de cada filtro.

Sistema	T promedio (°C)	Incertidumbre
filtro 1	51.69	3.30
filtro 2	49.98	3.02
filtro 3	--	--
filtro 4	55.00	6.98
filtro 5	63.20	2.45
filtro 6	52.76	2.49

Tabla No. 16 – Temperatura promedio de cada sección del tanque de distribución.

Sistema	T promedio (°C)	Incertidumbre
filtro 1	66.83	1.72
filtro 2	67.75	1.26
filtro 3	--	--
filtro 4	70.17	1.47
filtro 5	68.00	1.79
filtro 6	67.33	1.97

U. Características microbiológicas de los lodos de los filtros de vacío.

1. Fermentación espontánea.

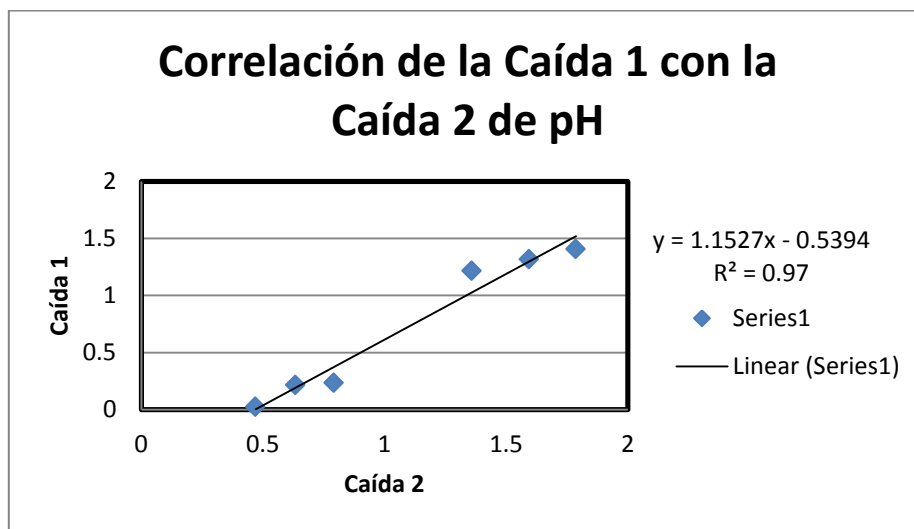
Tabla No. 17 – Caída promedio de pH de la corrida 1.

Muestra	Caída 1	Incertidumbre	Caída 2	Incertidumbre
Tanque	0.211	0.12	0.63	0.58
Filtro 1	1.32	0.92	1.59	0.88
Filtro 2	1.41	0.77	1.79	1.02
Filtro 3	--	--	--	--
Filtro 4	0.23	0.16	0.79	0.64
Filtro 5	0.02	0.01	0.47	0.50
Filtro 6	1.22	0.54	1.36	0.65

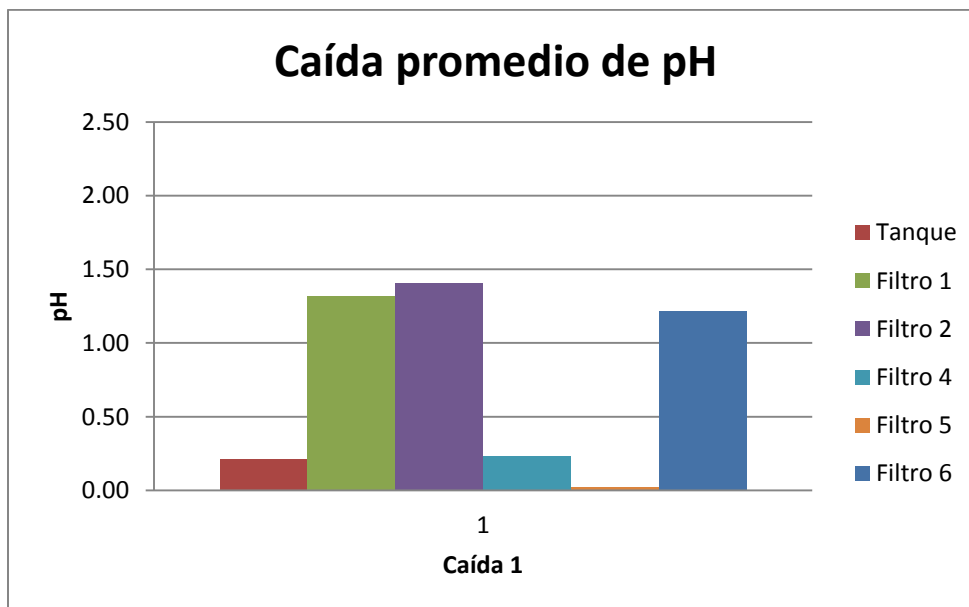
Tabla No. 18 - Caída promedio de PH de la corrida 1.

Muestra	Caída 1	Incertidumbre	Caída 2	Incertidumbre
Clarificador 1	0.04	0.02	0.08	0.05
Clarificador 2	0.06	0.03	0.08	0.06
Clarificador 3	--	--	--	--
Clarificador 4	0.00	0.00	0.04	0.02
Clarificador 5	0.11	0.06	0.21	0.13
Jugo Filtrado	0.24	0.12	0.74	0.45
Recirculación	0.12	0.11	-0.04	0.06

Gráfica No. 27 – Correlación de la caída 1 con la caída 2 de PH.



Gráfica No. 28 – Caída promedio de pH de cada filtro y el tanque de distribución.



2. Fermentación espontánea a diferentes concentraciones de bactericida

Tabla No. 19 – Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 900 PP; de los filtros 1 y 2.

Muestra	Filtro 1	Filtro 2
Testigo	1.2	2
900 ppm	0	-0.1

Gráfica No. 29 – Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 900 PPM de los filtros 1 y 2.

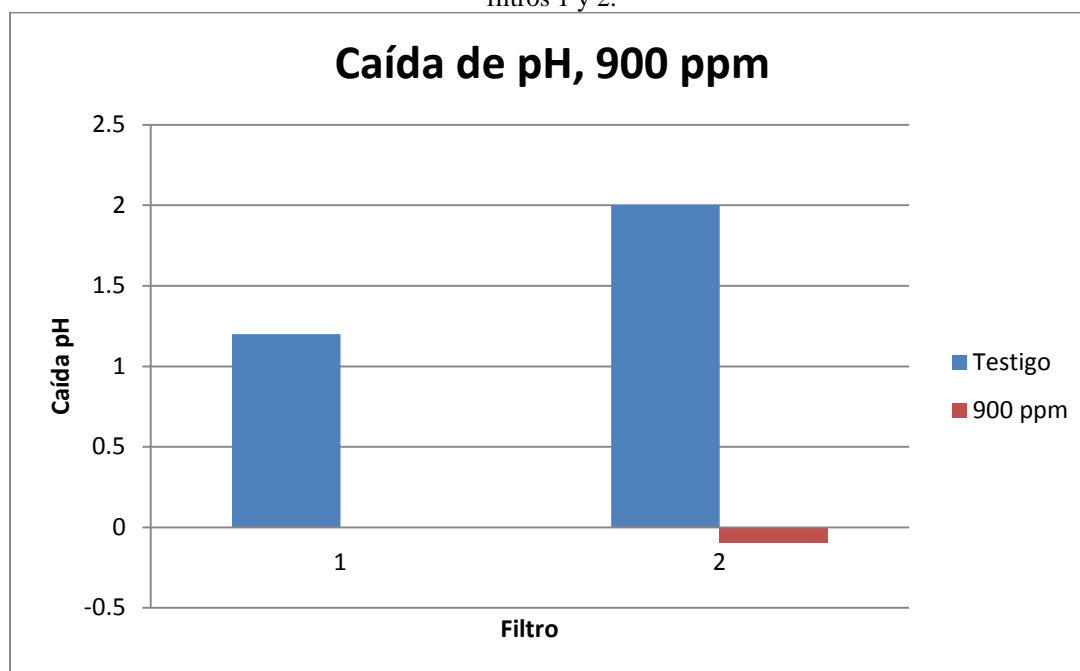


Tabla No. 20 – Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida 800, 600 Y 400 PPM de los filtros 1 y 2.

Muestra	Filtro 1	Filtro 2
Testigo	0.5	0.6
800 ppm	0.1	0.1
600 ppm	0.1	0.1
400 ppm	0.1	0.1

Gráfica No. 30 – Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida 800, 600 Y 400 PPM de los filtros 1 v 2.

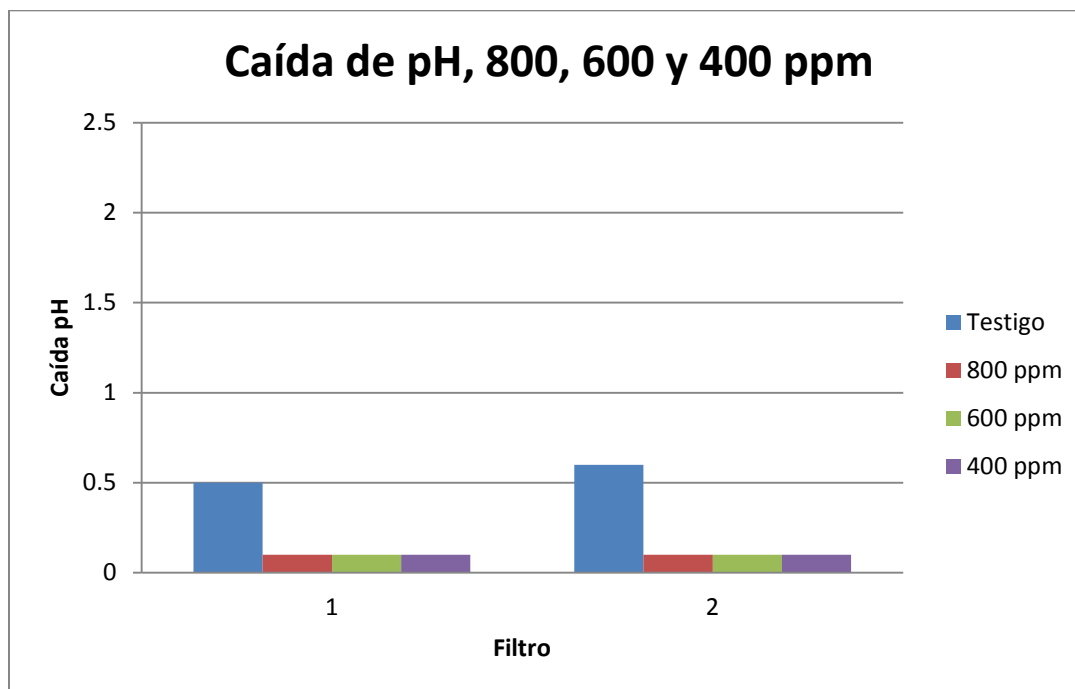


Tabla No. 21 – Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 200 y 100 PPM de los filtros 1 y 2.

Muestra	Filtro 1	Filtro 2
Testigo	0.4	0.3
200 ppm	0.1	0.1
100 ppm	0	0.1

Gráfica No. 31 - Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 200 y 100 PPM de los filtros 1 y 2.

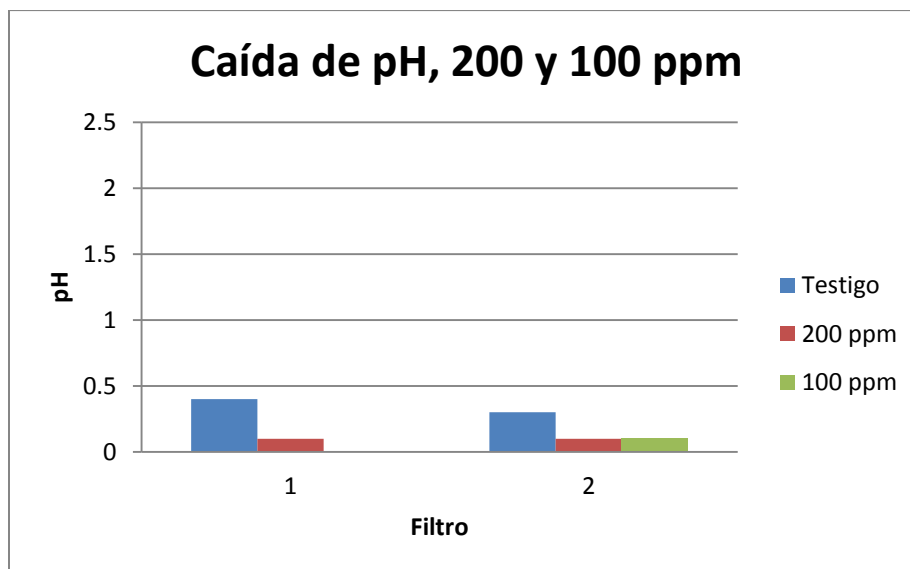
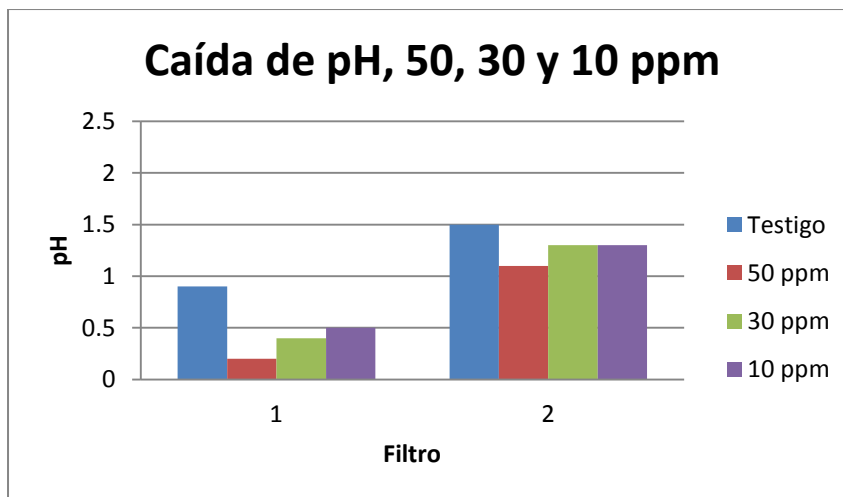


Tabla No. 22 - Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 50, 30 y 10 PPM de los filtros 1 y 2.

Muestra	Filtro 1	Filtro 2
Testigo	0.9	1.5
50 ppm	0.2	1.1
30 ppm	0.4	1.3
10 ppm	0.5	1.3

Gráfica No. 32 - Caída de pH para las muestras con concentración de bactericida de 50, 30 y 10 PPM de los filtros 1 y 2.



3. Cálculo de las pérdidas de sacarosa asociadas a la actividad microbiológica a partir de la fermentación espontánea

Tabla No. 23 – Estimación de las pérdidas de sacarosa (%) en cada filtro, según prueba de fermentación espontánea, para diferentes tiempos de residencia supuestos.

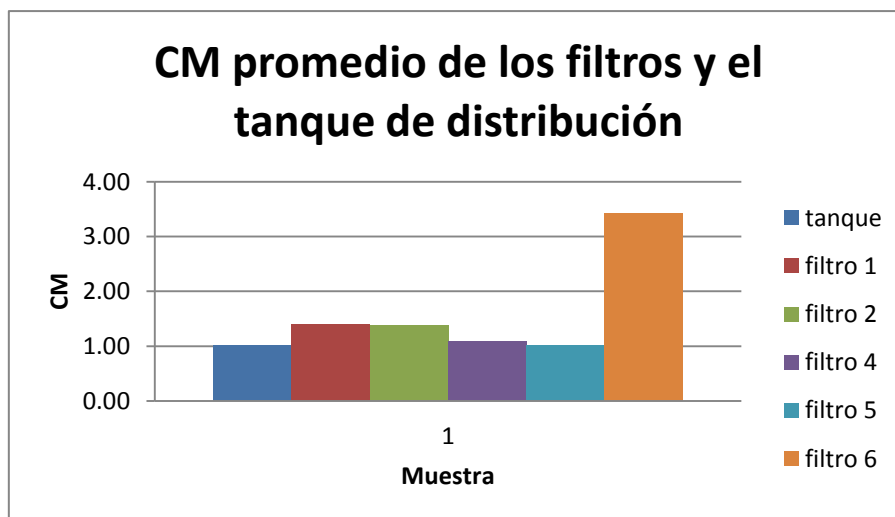
Tiempo de residencia (minutos)	FILTROS			
	1	2	4	6
5	0.1	0.2	0.05	0.1
	7	3		3
10	0.3	0.4	0.10	0.2
	6	6		6
20	0.4	0.3	0.19	0.3
	3	3		1
30	1.0	1.3	0.58	0.7
	6	9		6

4. Test de resazurina

Tabla No. 24 – Promedio de los coeficientes microbiológicos de las muestras de la corrida 1.

CM	Promedio CM	Incertidumbre
1.13	1.01	0.11
1.54	1.39	0.13
1.22	1.38	0.21
1.13	1.08	0.05
1.13	1.01	0.11
3.74	3.41	0.30

Gráfica No. 33 - Promedio de los coeficientes microbiológicos de las muestras de la corrida 1.



5. Conteo de microorganismos

Tabla No. 25 – Conteo de microorganismos, mesófilos y termófilos

Filtros	TIPO DE MICROORGANISMOS					
	MESÓFILOS (UFC/ml de lodo)			TERMÓFILOS (UFC/ml de lodo)		
	Bacterias	Mohos	Levaduras	Bacterias	Mohos	Levaduras
1	180	10	100	390	^N O	110
2	120	^N O	NO	10	^N O	NO
4	NO	^N O	NO	350	^N O	NO
5	NO	^N O	NO	480	^N O	140
6	340	^N O	830	550	10	1150

6. Consideraciones generales

Tabla No. 26 – Orden de contribución teórica al desarrollo microbiano.

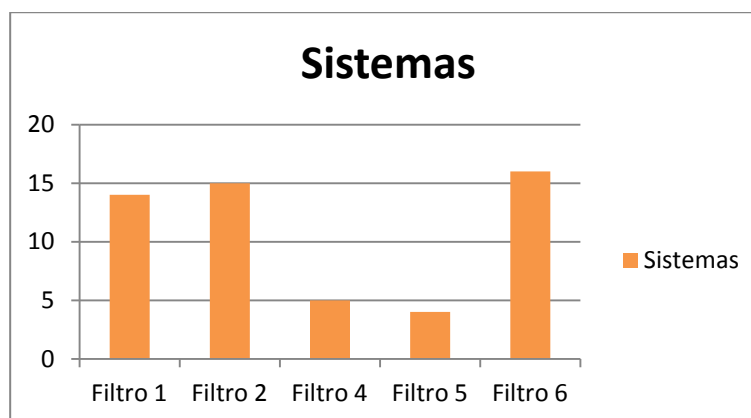
Factores	Orden				
	1°	2°	3°	4°	5°
Temperatura	Filtro 2	Filtro 1	Filtro 6	Filtro 4	Filtro 5
Diseño	Tipo I	Tipo I	Tipo II	Tipo II	Tipo II

Tabla No. 27 – Orden de nivel de contaminación por indicador utilizado.

Indicadores	Orden				
	1°	2°	3°	4°	5°
Caída pH	Filtro 2	Filtro 1	Filtro 6	Filtro 4	Filtro 5
Coefficiente Microbiológico (CM)	Filtro 6	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 4	Filtro 5
Recuento Microbiológico	Filtro 6	Filtro 1	Filtro 5	Filtro 2	Filtro 4

Tabla No. 28 – Puntuación acumulada para cada filtro.

Factores e indicadores	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 4	Filtro 5	Filtro 6
Temperatura	3	4	1	0	2
Diseño	2	4	2	2	4
Caída pH	3	4	1	0	2
Coefficiente Microbiológico (CM)	3	2	1	0	4
Recuento Microbiológico	3	1	0	2	4
Total	14	15	5	4	16

Gráfica No. 34 - Puntuación acumulada para cada filtro.

V. Desarrollo de un modelo a escala laboratorio del proceso de clarificación y evaporación para medir efectos de la actividad microbológica

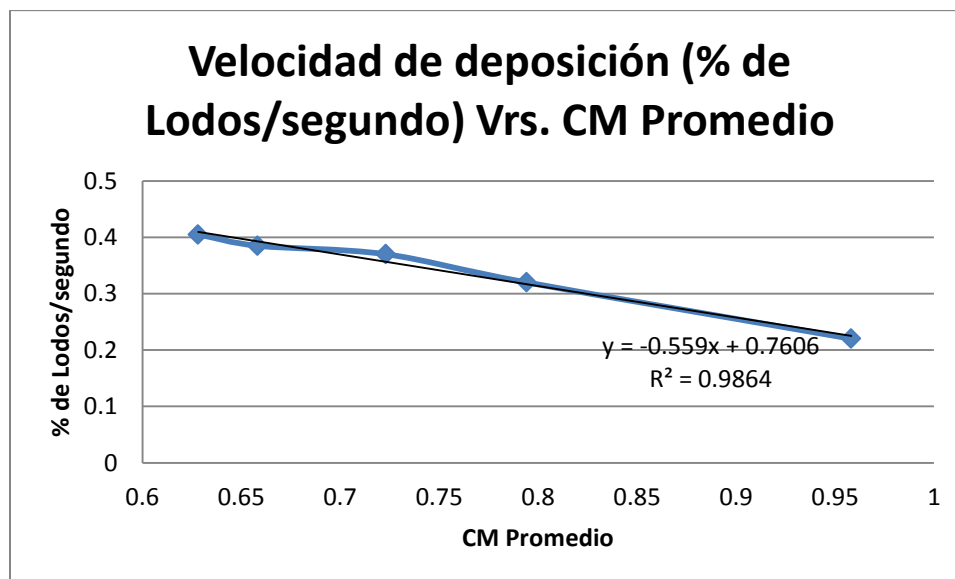
Tabla No. 29 – Retos y soluciones al elaborar modelos a escala laboratorio del proceso de clarificación y evaporación para medir efectos de la actividad microbológica.

Reto	Solución
Dificultad de visualización de movilización de lodos a grandes volúmenes	Al momento de visualizar la movilización de lodos en el proceso de clarificación se trabajó a pequeños volúmenes de 100 mL.
Cantidad necesaria de sacarato	Para encontrar la cantidad efectivo de sacarato para un jugo con una baja actividad microbológica (CM en jugo sulfitado de 0.55-0.65), se hicieron una serie de pruebas hasta llevar a un pH neutro a la muestra siendo de 1% v/v lo efectivo para un jugo de características mencionadas.
Tubo sumergido a lo largo de evaporación	Para obtener el volumen efectivo de jugo claro, en el que el tubo de cobre siempre se mantuviera sumergido fue necesario iniciar las pruebas de evaporación para un volumen de 800 mL y se fue aumentando hasta llegar a 2000 mL, cantidad de jugo clarificado que cubrió el tubo de cobre a lo largo de la evaporación.

W. Evaluación de la relación entre la velocidad de deposición, proporción de lodos y la actividad microbiológica en jugo sulfitado. Estimación de pérdidas asociadas

1. Relación entre CM promedio y velocidad de deposición

Gráfica No. 35 – Movilización de lodos y CM promedio de jugo sulfitado.



Gráfica No. 36 – Proporción (% V/V) final de lodos y CM promedio de jugo sulfitado.

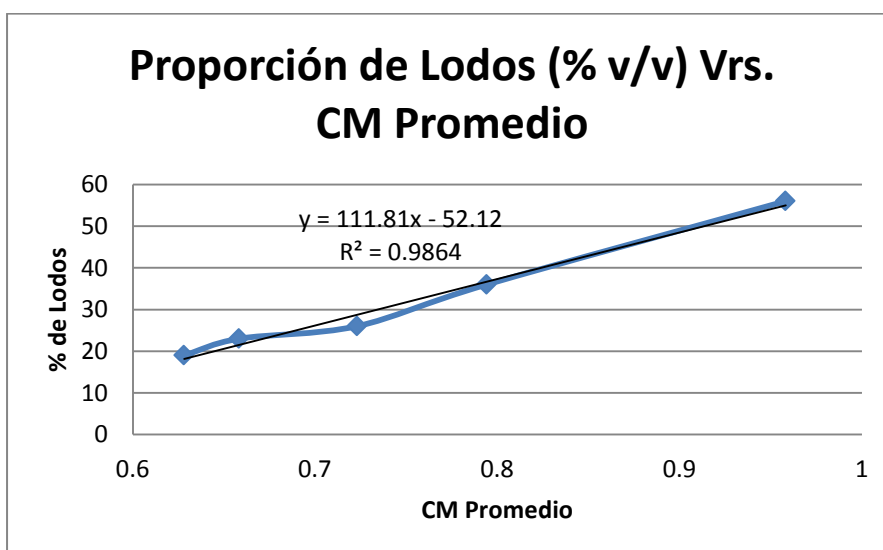


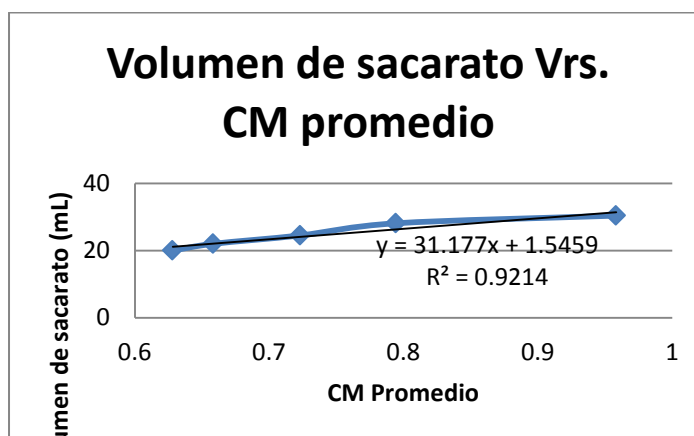
Tabla No. 30 – Flujo de lodos en M³/S en clarificadores SRI respecto al incremento en porcentaje en lodos y CM.

Muestra	CM promedio	Proporción de lodos (± 0.5%)	SRI de 0.1514 (± 0.0001 m ³ /s de lodos)	SRI de 0.1766 (± 0.0002 m ³ /s de lodos)
1	0.63 ± 0.01	19.0	0.0288	0.0336
2	0.66 ± 0.01	23.0	0.0348	0.0406
3	0.72 ± 0.01	26.0	0.0394	0.0459
4	0.79 ± 0.01	36.0	0.0545	0.0636
5	0.96 ± 0.02	56.0	0.0848	0.0989

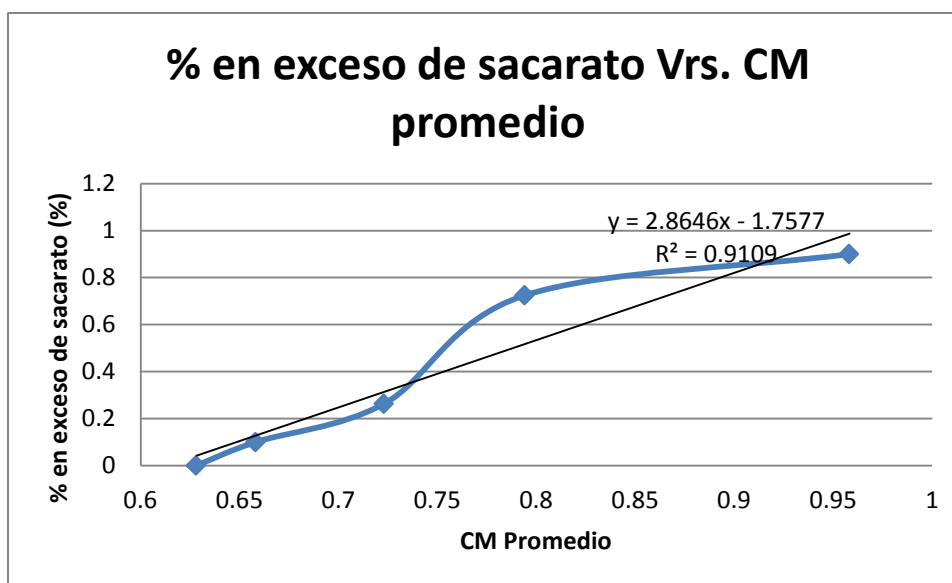
X. Evaluación de la relación entre actividad microbológica en jugo sulfitado, la necesidad de cal para ajustar pH y el aumento de incrustaciones en evaporadores.

2. Relación entre necesidad de cal para ajustar pH y coeficiente microbológico

Gráfica No. 37 – Volumen de sacarato utilizado en simulación y CM promedio de jugo sulfitado.



Gráfica No. 38 - Proporción de sacarato en exceso y CM promedio de jugo sulfitado.



3. Incrustaciones asociadas a incremento de actividad microbiológica

Gráfica No. 39 – Incrustaciones por unidad de área vs. CM promedio de jugo sulfitado.

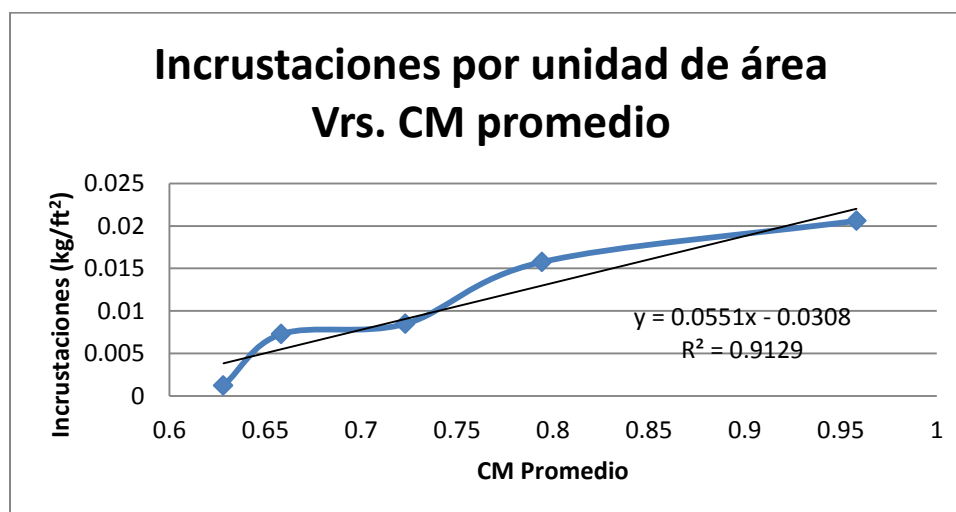
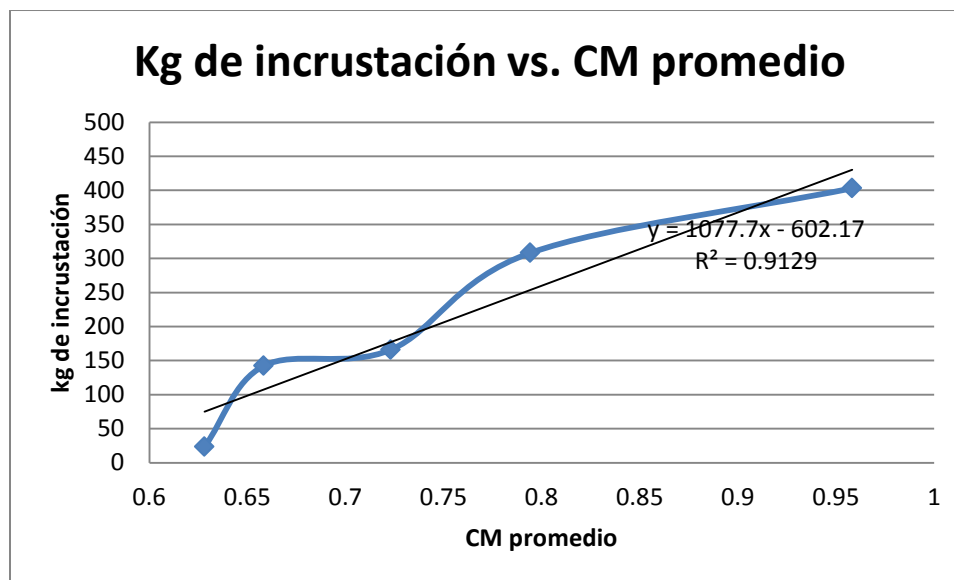


Tabla No. 31 – Kilogramos de incrustación de evaporadores de tercer efecto (C1-C2-C3-C4) del Ingenio respecto al CM promedio del jugo sulfitado.

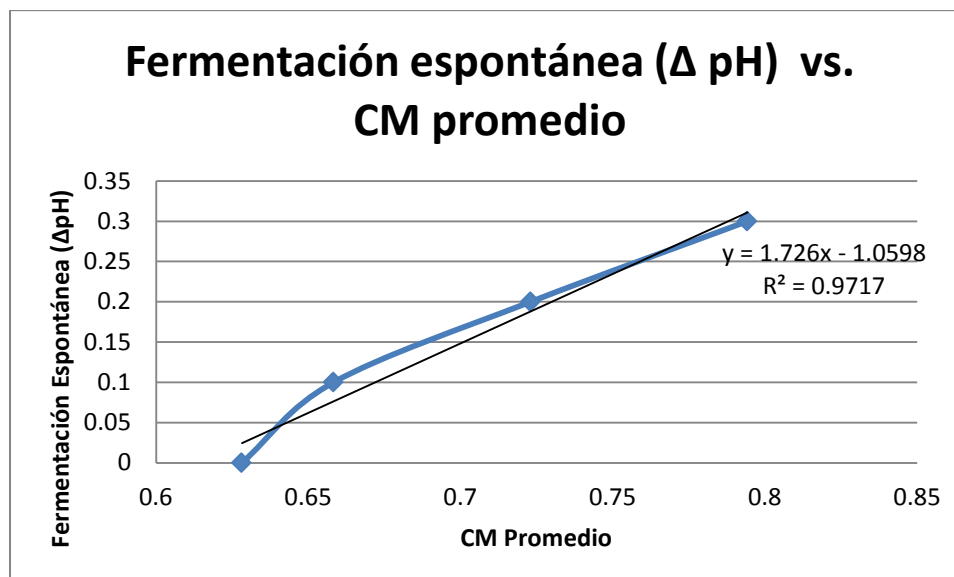
CM promedio	kg de Incrustación en C1-C2-C3-C4
0.63 ± 0.01	23.71 ± 1.16
0.66 ± 0.01	142.25 ± 6.94
0.72 ± 0.01	165.96 ± 8.10
0.79 ± 0.01	308.21 ± 15.04
0.96 ± 0.02	403.05 ± 19.67

Gráfica No. 40 - Kilogramos de incrustación de evaporadores de tercer efecto (C1-C2-C3-C4) del Ingenio respecto al CM promedio del jugo sulfitado.



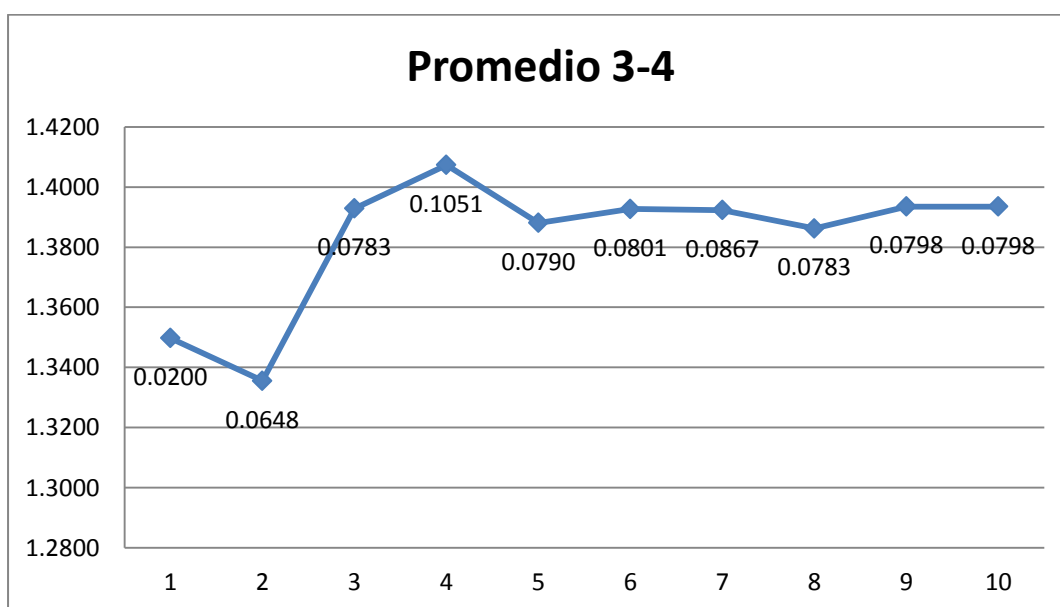
4. Resultado de la fermentación espontánea en relación al test de resazurina

Gráfica No. 41 – Cambio de PH respecto al CM promedio de jugo sulfitado.

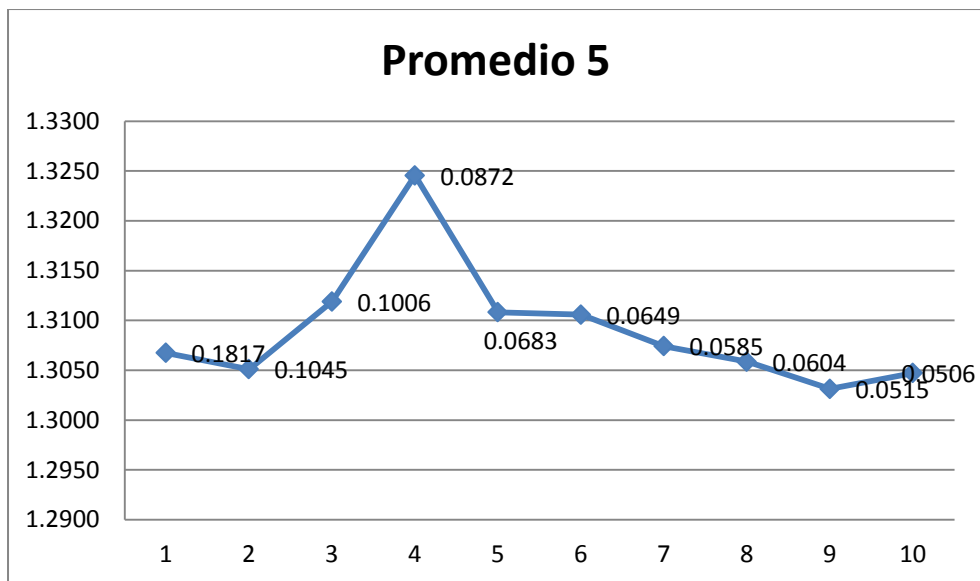


Y. Selección el número óptimo de campos a observar en la determinación del coeficiente de la elongación de cristales de masas cocidas.

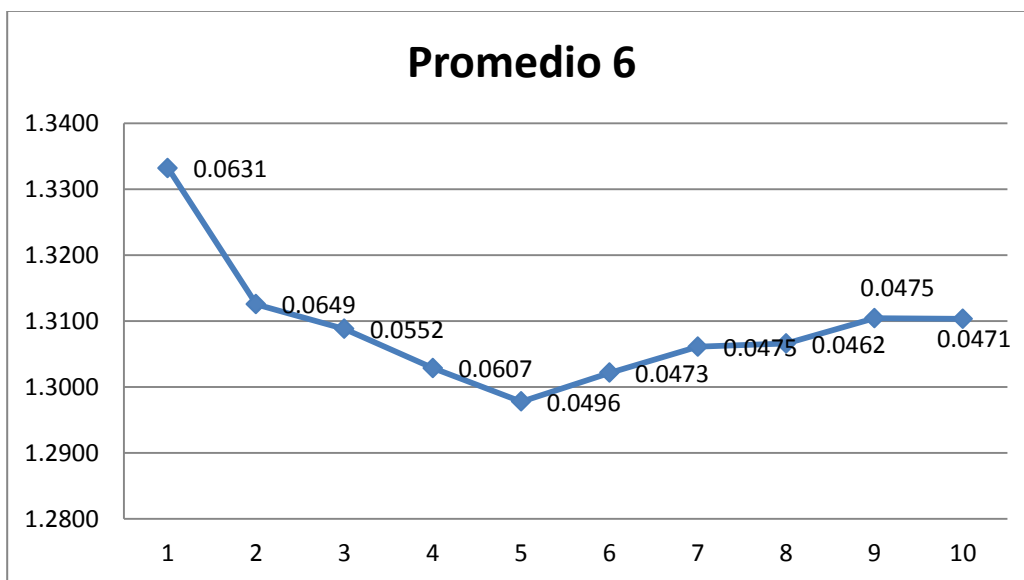
Gráfica No. 42 – Distribución del promedio de elongación de cristales para muestras definidas en campos 3 y 4.



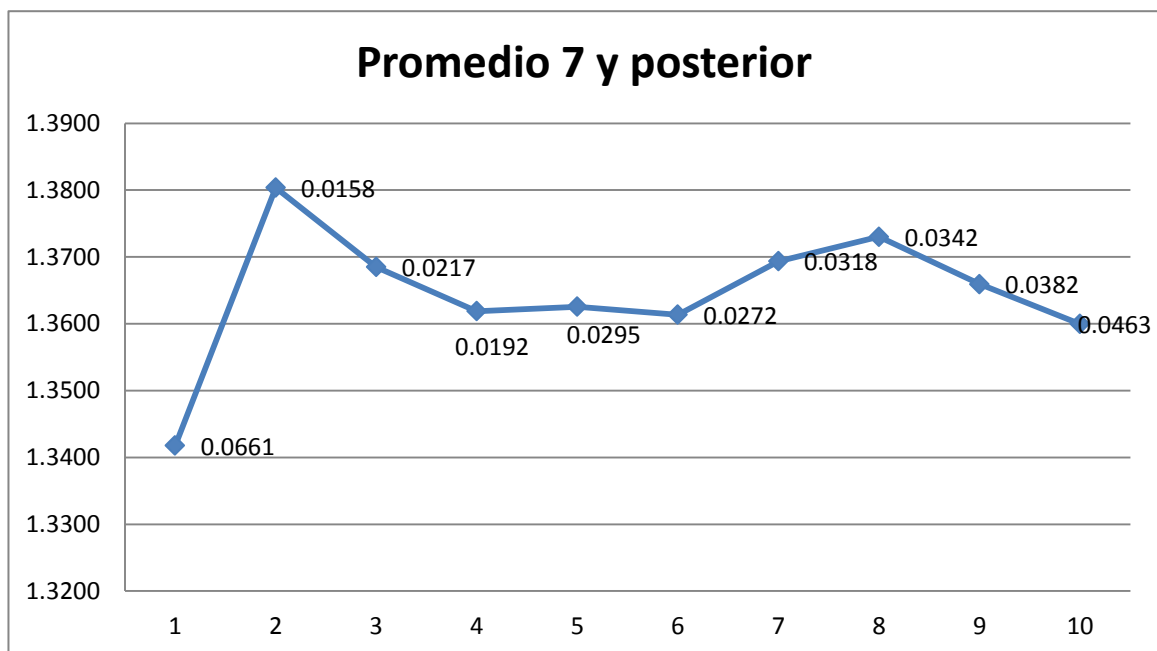
Gráfica No. 43 – Distribución del promedio de elongación de cristales para muestras definidas en campo 5.



Gráfica No. 44 - Distribución del promedio de elongación de cristales para muestras definidas en campo 6.



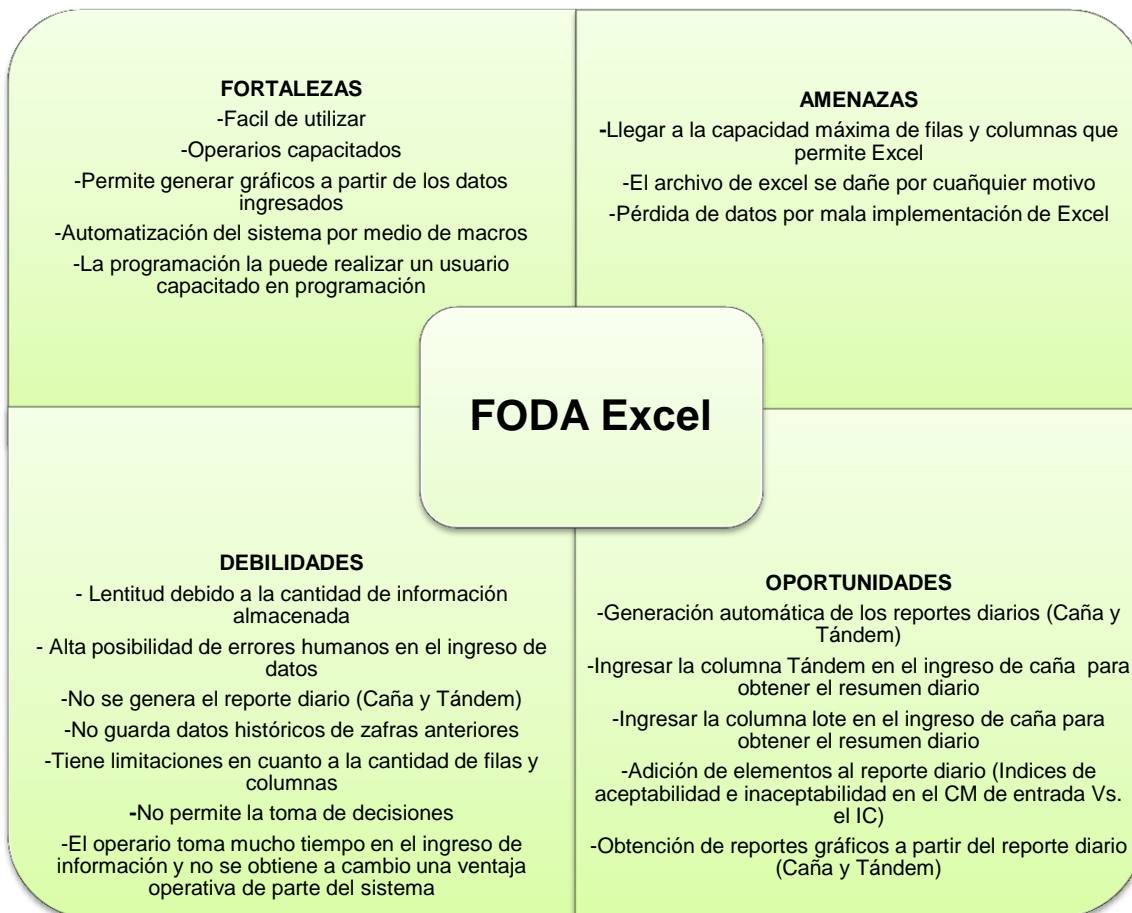
Gráfica No. 45 - Distribución del promedio de elongación de cristales para muestras definidas en campo 7 y posterior.



Z. Análisis de la base de datos actual

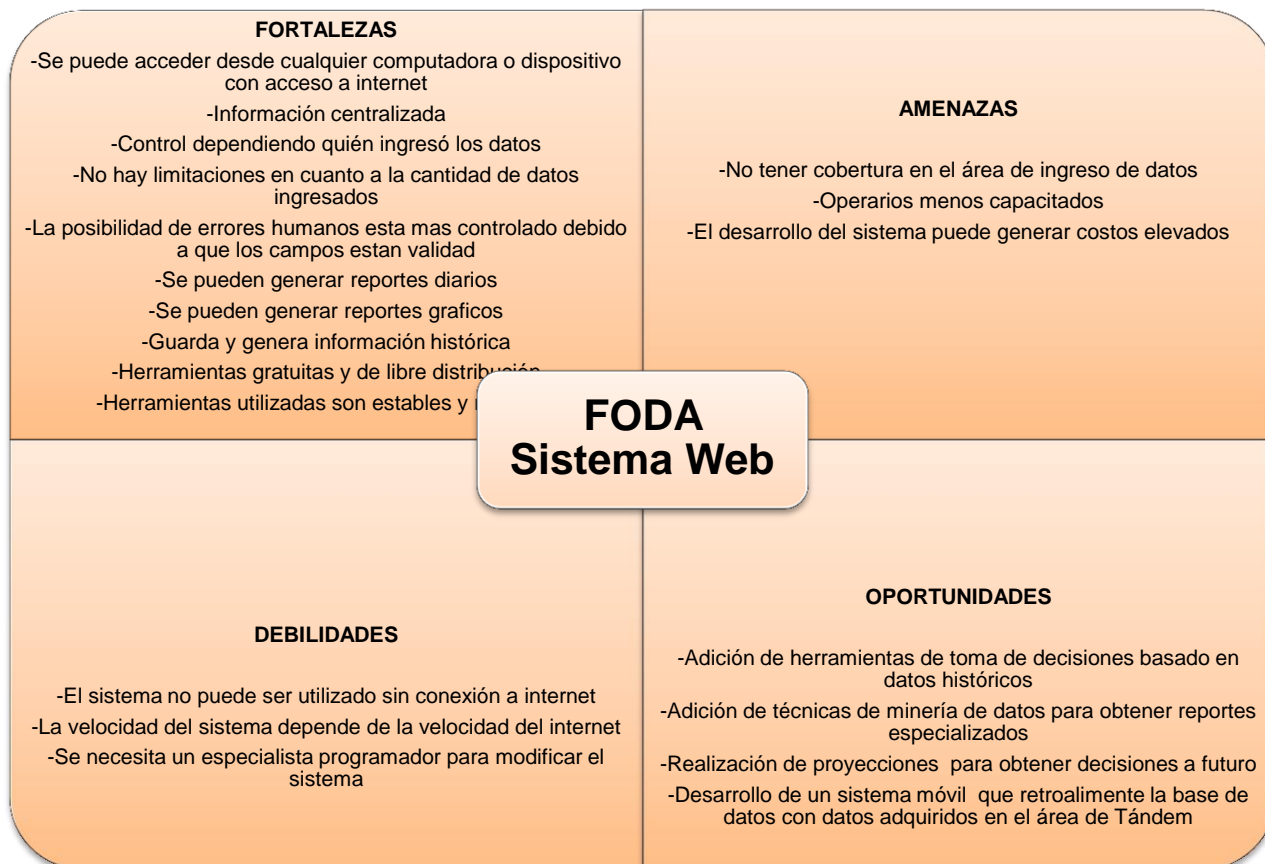
1. FODA Excel

Tabla No. 32 – Análisis FODA del sistema actual



2. FODA Sistema Web

Tabla No. 33 – Análisis FODA del sistema web.



AA. Determinación e implementación de aspectos a mejorar de la base de datos actual

Con base en el análisis se tomaron en cuenta los siguientes aspectos a implementar para la mejora de la base de datos actual realizada en Excel:

Tabla No. 34 – Mejoras implementadas al sistema en Excel.

MEJORAS IMPLEMENTADAS A LA BASE DE DATOS ACTUAL EN EXCEL
1. Inserción de la columna “tándem” en la hoja de ingreso de datos de área de caña.
2. Inserción de la columna “Lote” en la hoja de ingreso de datos de área de caña.
3. Generación del reporte diario del área de caña automáticamente desde la base de datos actual en Excel.
4. Generación del reporte diario en el área de tándem automáticamente desde la base de datos actual en Excel.
5. Generación de reportes gráficos con base en la generación del reporte diario en el área de caña.
6. Generación de reportes gráficos con base en la generación del reporte diario en el área de tándem.
7. Implementación de los rangos de aceptabilidad e inaceptabilidad del IC con respecto al CM del jugo primario en el reporte diario de tándem.

BB. Redacción de DERCAS para sustituir el sistema actual por uno más acorde a las necesidades de información y decisiones operativas

Se obtuvo como resultado la realización de un DERCAS (Documento de especificaciones, requerimientos y criterios de aceptación de software) para mejorar y sustituir el sistema actual por uno vía Web y hacer más eficiente y operativo la labor de los operarios en el momento de ingresar los datos. En el DERCAS se incluyó:

- Módulo de administración: En donde se gestiona el usuario de los operarios y su contraseña.
- Módulo de laboratorio de caña: En donde se ingresaran los datos de las muestras tomadas en el laboratorio de caña y generación de reportes.
- Módulo de área de tándem: En donde se ingresan los datos de las muestras tomadas en el área de tándem y generación de reportes.
- Móvil: Plataforma creada para que los datos del área de tándem sean ingresados por medio de un dispositivo móvil y se retroalimente la base de datos vía Web.

El DERCAS se puede observar en el Anexo.

CC. Estimación de consumo adicional de productos y problemas operativos en el área de tratamiento de jugo provocados por la actividad microbiana

1. Consumo adicional de productos debido a un incremento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado. A continuación, se presentan el consumo adicional de cada uno de los productos empleados para la formulación del sacarato.

a. Cantidad de sacarato por aumento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado. El volumen de sacarato que se utiliza por un aumento en el CM se representa con la siguiente fórmula: (Aguirre, 2012)

$$\text{Volumen de Sacarato} = 31.177x + 1.5459$$

Gráfica No. 46 – Volumen de sacarato utilizado con relación al incremento del CM promedio en el jugo sulfitado.

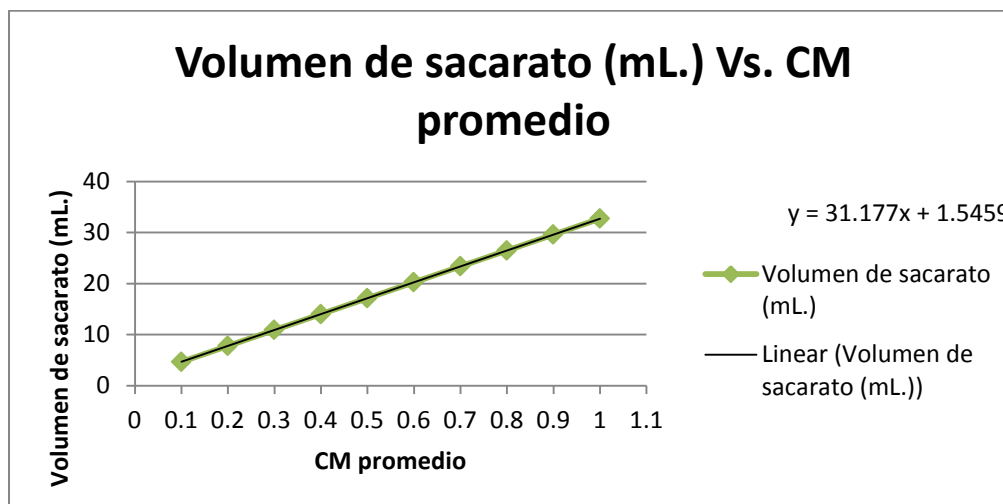


Tabla No. 35 – Consumo de productos adicionales por un incremento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado.

C M	Volumen de sacarato (mL.)	Cal (mL.)	Agua (mL.)	Jugo clarificado (mL.)	Meladura (mL.)
0.1	4.6636	0.15618396	1.3041291	1.643032916	1.560254016
0.2	7.7813	0.26059574	2.17596273	2.741429803	2.603311728
0.3	10.899	0.36500751	3.04779636	3.83982669	3.64636944
0.4	14.0167	0.46941928	3.91962999	4.938223577	4.689427152
0.5	17.1344	0.57383106	4.79146362	6.036620464	5.732484864
0.6	20.2521	0.67824283	5.66329724	7.135017351	6.775542576
0.7	23.3698	0.7826546	6.53513087	8.233414238	7.818600288
0.8	26.4875	0.88706638	7.4069645	9.331811125	8.861658
0.9	29.6052	0.99147815	8.27879813	10.43020801	9.904715712
1	32.7229	1.09588992	9.15063176	11.5286049	10.94777342

b. Cantidad de cal por aumento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado. La proporción de cal en la mezcla de sacarato representa el 3.349%. Por lo tanto se puede deducir la siguiente fórmula para poder obtener la cantidad de cal utilizada en dicha mezcla:

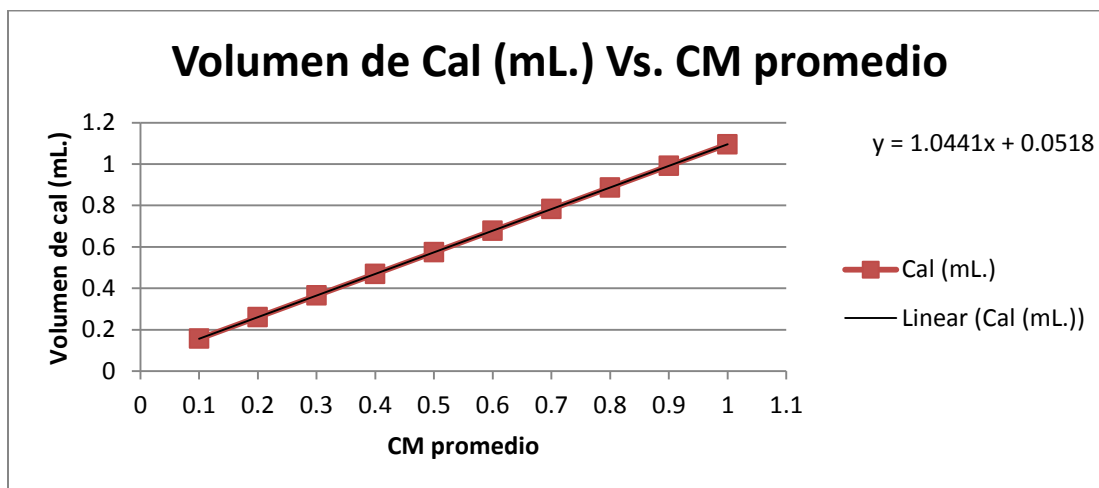
$$c = (31.177x + 1.5459) * 0.03349$$

Dónde:

c= la cantidad de cal a ser utilizada por un aumento de CM (mL.)

x=coeficiente microbiológico "CM"

Gráfica No. 47 – Volumen de CAL utilizado con relación al incremento del CM promedio en el jugo sulfitado.



La gráfica anterior muestra que por cada incremento de 0.1 en el CM, el volumen de cal se debe incrementar en 0.10441 % v/v

c. Cantidad de agua por aumento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado. La proporción de agua en la mezcla de sacarato representa el 27.964%. Por lo tanto se puede deducir la siguiente fórmula para poder obtener la cantidad de agua utilizada en dicha mezcla:

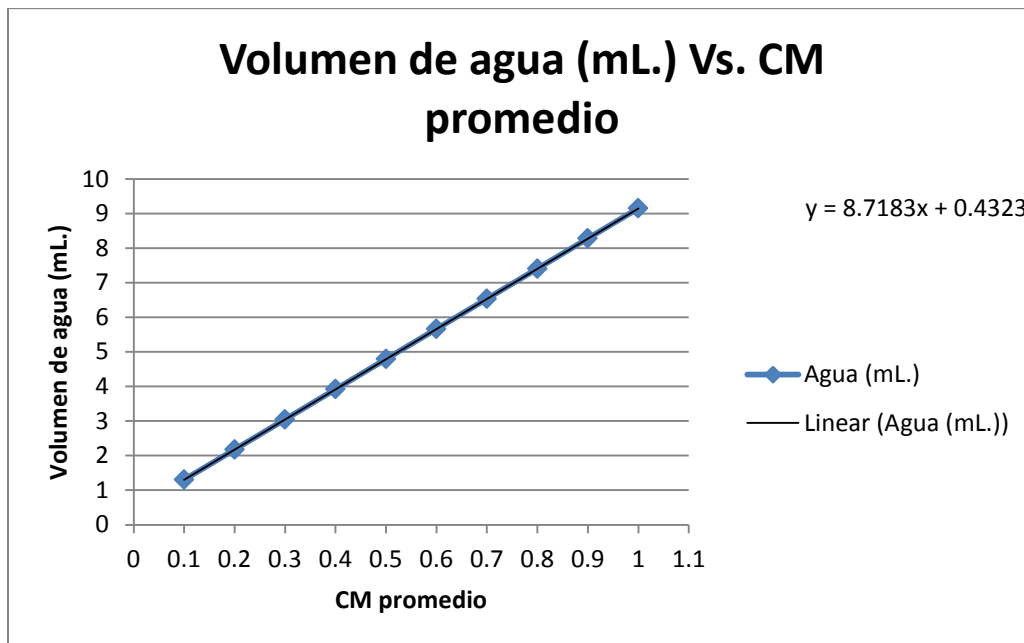
$$a = (31.177x + 1.5459) * 0.27964$$

Dónde:

c= la cantidad de agua a ser utilizada por un aumento de CM (mL.)

x=coeficiente microbiológico "CM"

Gráfica No. 48 – Volumen de agua utilizada con relación al incremento del CM promedio en el jugo sulfitado.



La gráfica anterior muestra que por cada incremento de 0.1 en el CM, el volumen de agua se debe incrementar en 0.87183 % v/v

d. Cantidad de jugo clarificado por aumento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado. La proporción de jugo clarificado en la mezcla de sacarato representa el 35.231%. Por lo tanto se puede deducir la siguiente fórmula para poder obtener la cantidad de jugo clarificado utilizado en dicha mezcla:

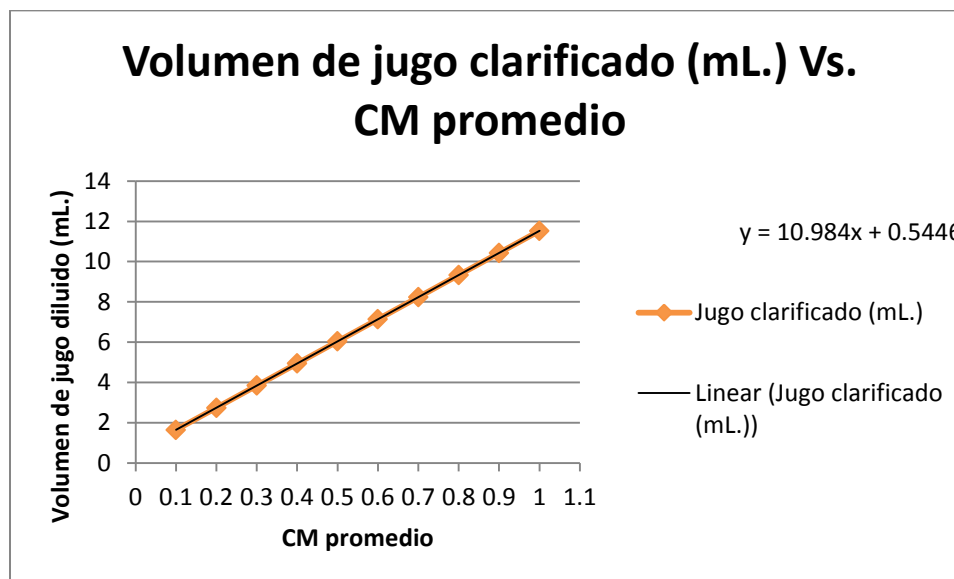
$$j = (31.177x + 1.5459) * 0.35231$$

Dónde:

j= la cantidad de jugo clarificado a ser utilizado por un aumento de CM (mL.)

x=coeficiente microbiológico "CM"

Gráfica No. 49 – Volumen de jugo clarificado utilizado con relación al incremento del CM promedio.



La gráfica anterior muestra que por cada incremento de 0.1 en el CM, el volumen de jugo sulfitado se debe en 1.0984% v/v

e. Cantidad de meladura por aumento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado. La proporción de meladura en la mezcla de sacarato representa el 33.456%. Por lo tanto se puede deducir la siguiente fórmula para poder obtener la cantidad de meladura utilizada en dicha mezcla:

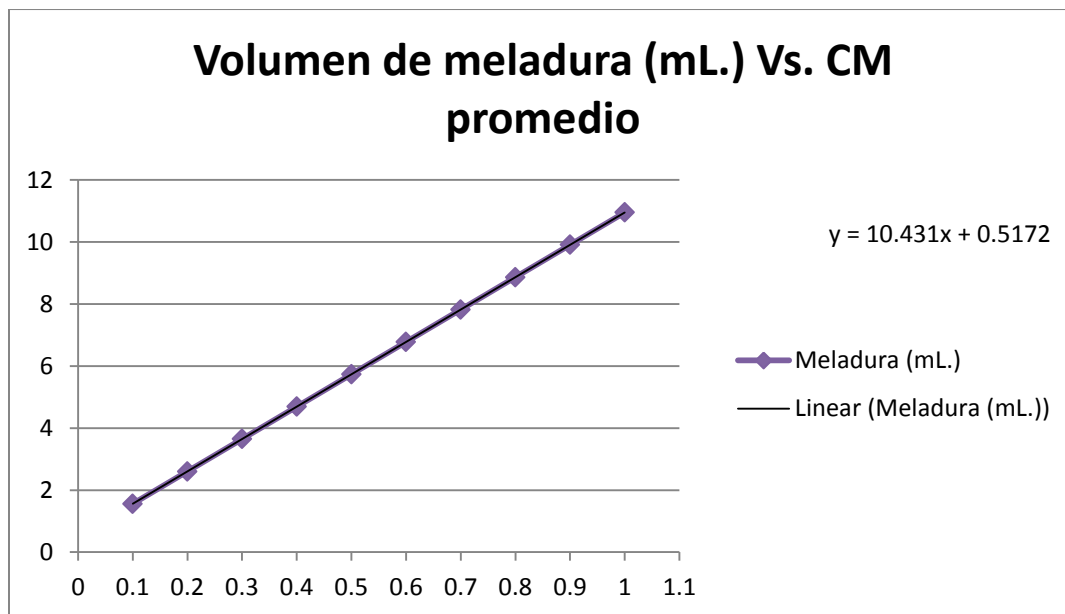
$$m = (31.177x + 1.5459) * 0.33456$$

Dónde:

m= la cantidad meladura a ser utilizada por un aumento de CM (mL.)

x=coeficiente microbiológico "CM"

Gráfica No. 50 – Volumen de meladura utilizada con relación al incremento del CM promedio en el jugo sulfitado.



La gráfica anterior muestra que por cada incremento de 0.1 en el CM, el volumen de meladura se debe incrementar en 1.0431% v/v.

2. Consumo adicional de productos debido a un incremento de 0.933 en el CM del jugo diluido. El estudio realizado anteriormente fue con jugo sulfitado; sin embargo en el ingenio se toman muestras del jugo diluido por lo que la ecuación que relaciona el CM según estudios realizados por el ingenio durante la zafra es la siguiente:

$$CM_{\text{jugo diluido}} = CM_{\text{jugo sulfitado}} * 1.23 + 0.81 \quad (\text{Nuñez 2012})$$

Con dicha ecuación se pudo obtener cuanto es el CM del jugo diluido cuando hay un aumento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado.

Tabla No. 36 – Relación entre CM del juro sulfitado y CM del jugo diluido.

CM jugo sulfitado	CM jugo diluido
0.1	0.933
0.2	1.056
0.3	1.179
0.4	1.302
0.5	1.425
0.6	1.548
0.7	1.671
0.8	1.794
0.9	1.917
1	2.04

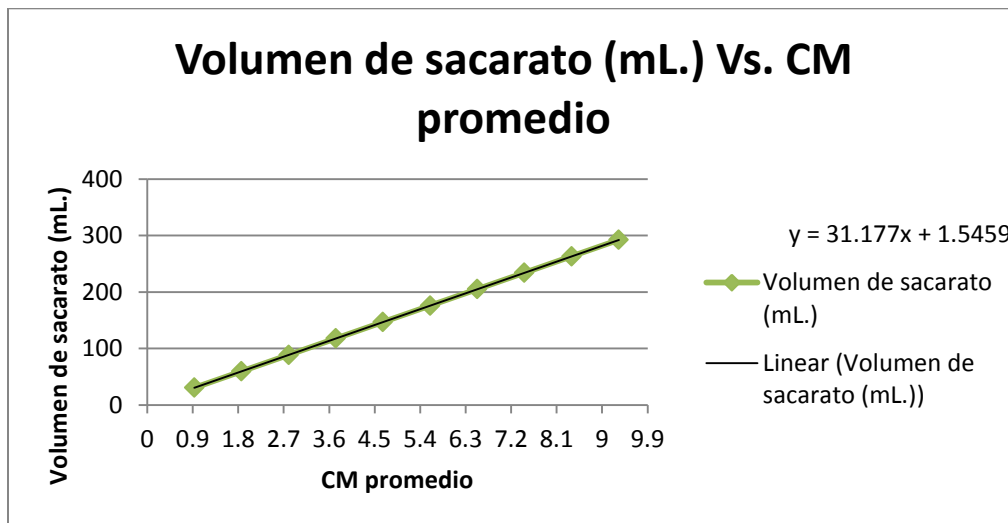
En base la conversión realizada entre el jugo sulfitado y el jugo diluido se pudo encontrar el consumo adicional de cada uno de los productos y generar las gráficas que muestran la relación entre el volumen de cada uno de los productos Vs. un incremento de 0.933 en el CM del jugo diluido.

Tabla No. 37 – Consumo de productos adicionales por un incremento de 0.933 en el CM del jugo diluido.

CM	Volumen de sacarato (mL.)	Cal (mL.)	Agua (mL.)	Jugo clarificado (mL.)	Meladura (mL.)
0.933	30.634041	1.02593403	8.566503225	10.79267898	10.24892476
1.866	59.722182	2.00009588	16.70071097	21.04072194	19.98065321
2.799	88.810323	2.97425772	24.83491872	31.2887649	29.71238166
3.732	117.898464	3.94841956	32.96912647	41.53680785	39.44411012
4.665	146.986605	4.9225814	41.10333422	51.78485081	49.17583857
5.598	176.074746	5.89674324	49.23754197	62.03289376	58.90756702

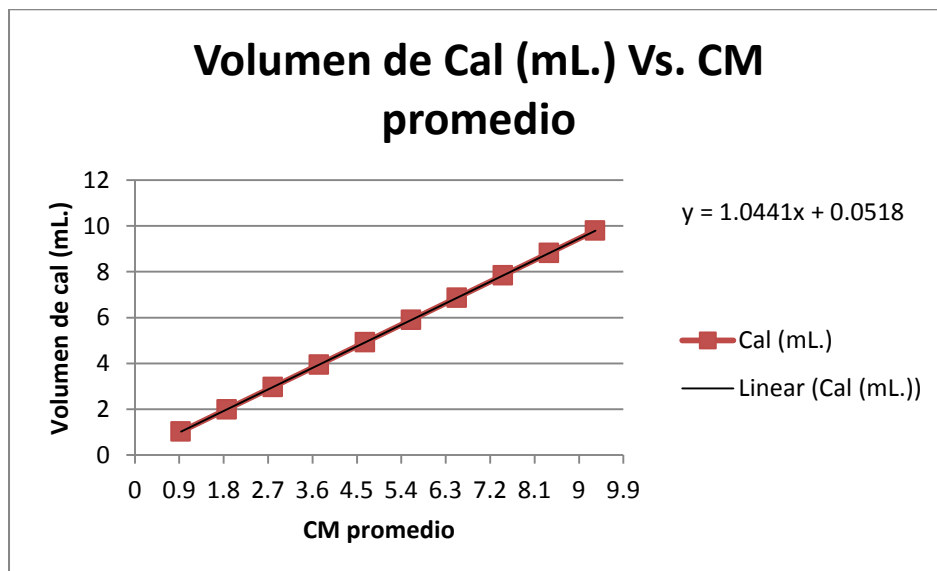
a. Cantidad de sacarato por aumento de 0.933 en el CM del jugo diluido

Gráfica No. 51 – Volumen de sacarato utilizado con relación al incremento del CM promedio en el jugo diluido.



b. Cantidad de cal por aumento de 0.933 en el CM del jugo diluido

Gráfica No. 52 – Volumen de cal utilizado con relación al incremento de 0.933 en el CM promedio del jugo diluido.



DD. Estimación de costos adicionales en el área de tratamiento de jugo provocado por la actividad microbiológica

1. Estimación de costos adicionales causados por el incremento en el CM del jugo diluido

Tabla No. 38 – Datos generales, zafra (2011-2012) (Alvarado 2012).

Molienda zafra (2011-2012)	4,656,806.52 toneladas de caña
Cal utilizada zafra (2011-2012)	1.03 Kg de cal/Ton de caña
Precio de la cal (Horcalsa)	0.98025 Q./kg de cal

Tabla No. 39 - Relación entre jugo sulfitado y jugo diluido.

$CM_{\text{jugo diluido}} =$	$CM_{\text{jugo sulfitado}} * 1.23 + 0.81$
$CM_{\text{jugo diluido}} =$	$0.1 * 1.23 + 0.81$
$CM_{\text{jugo diluido}} =$	0.933

Tabla No. 40 – Cantidad de cal ahorrada.

$Cantidad\ de\ cal\ ahorrada =$	$\% \text{ de cal incrementada} *$ $Cantidad\ de\ cal\ utilizada\ Zafra\ (2011-2012)$
$Cantidad\ de\ cal\ ahorrada =$	$0.0311 * 1.03 \frac{kg\ de\ cal}{ton\ de\ caña}$
$Cantidad\ de\ cal\ ahorrada =$	$0.032 \frac{kg\ de\ cal}{ton\ de\ caña}$

Tabla No. 41 – Cantidad de cal ahorrada en la zafra 2011-2012.

<i>Cantidad total de cal ahorrada (2011 – 2012) =</i>	Cantidad de cal ahorrada por tonelada de caña * toneladas de caña molidas Zafra (2011-2012)
<i>Cantidad total de cal ahorrada (2011 – 2012) =</i>	0.032 $\frac{\text{kg de cal}}{\text{ton de caña}}$ * 4,656,806.52 ton de caña molida
<i>Cantidad total de cal ahorrada (2011 – 2012) =</i>	149,017.48 kg de Cal

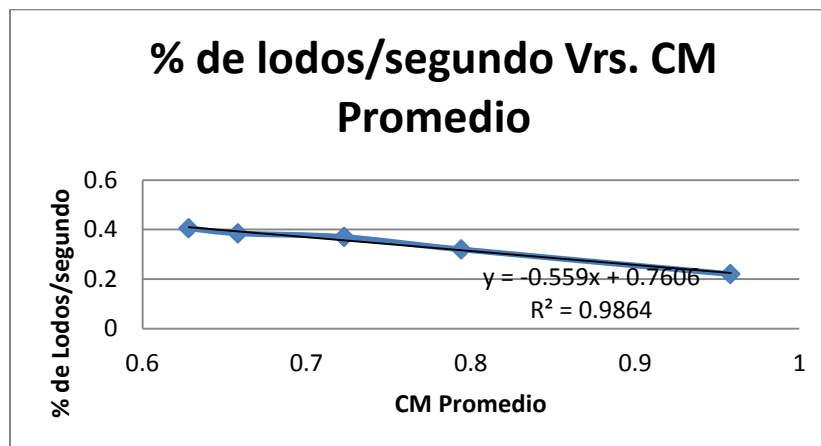
Tabla No. 42 – Ahorro monetario.

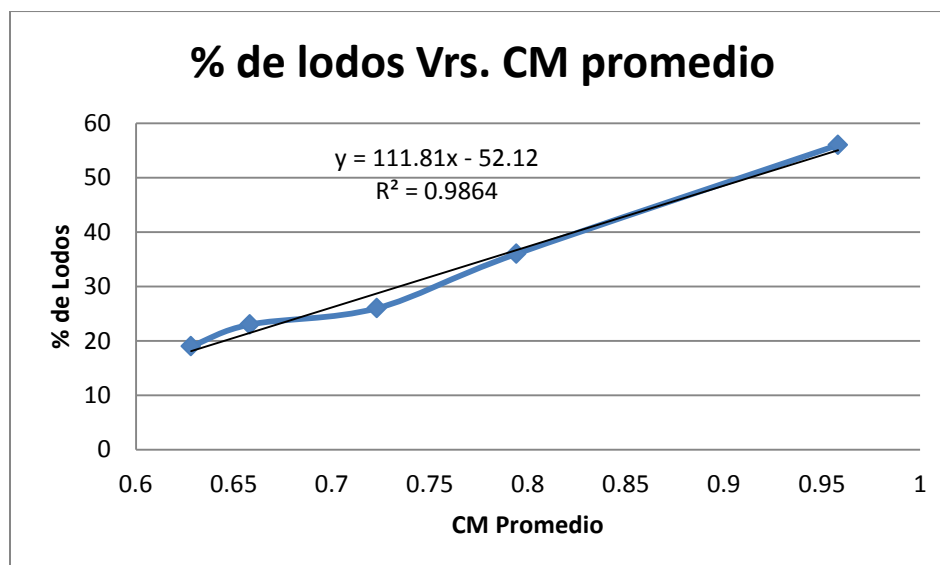
<i>Q. ahorrados =</i>	Cantidad de cal ahorrada en la Zafra 2011-2012 * Precio de la cal
<i>Q. ahorrados =</i>	149,017.48 kg de Cal * Q. 0.98
<i>Q. ahorrados =</i>	Q 146,037.1304

Al disminuir 0.933 en el CM del jugo diluido o 0.1 en el CM del jugo sulfitado se tendrá un ahorro de Q. 146,037.1304 durante la zafra.

2. Estimación de costos debido a la pérdida de azúcar por el incremento de lodos.

Gráfica No. 53 – Movilización de lodos y CM promedio de jugo sulfitado.



Gráfica No. 54 – Porcentaje final de lodos y CM promedio de jugo sulfitado.

En la gráfica se puede observar que por un aumento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado o 0.933 en el CM del jugo diluido el porcentaje de lodos se incrementa en un 11.18%.

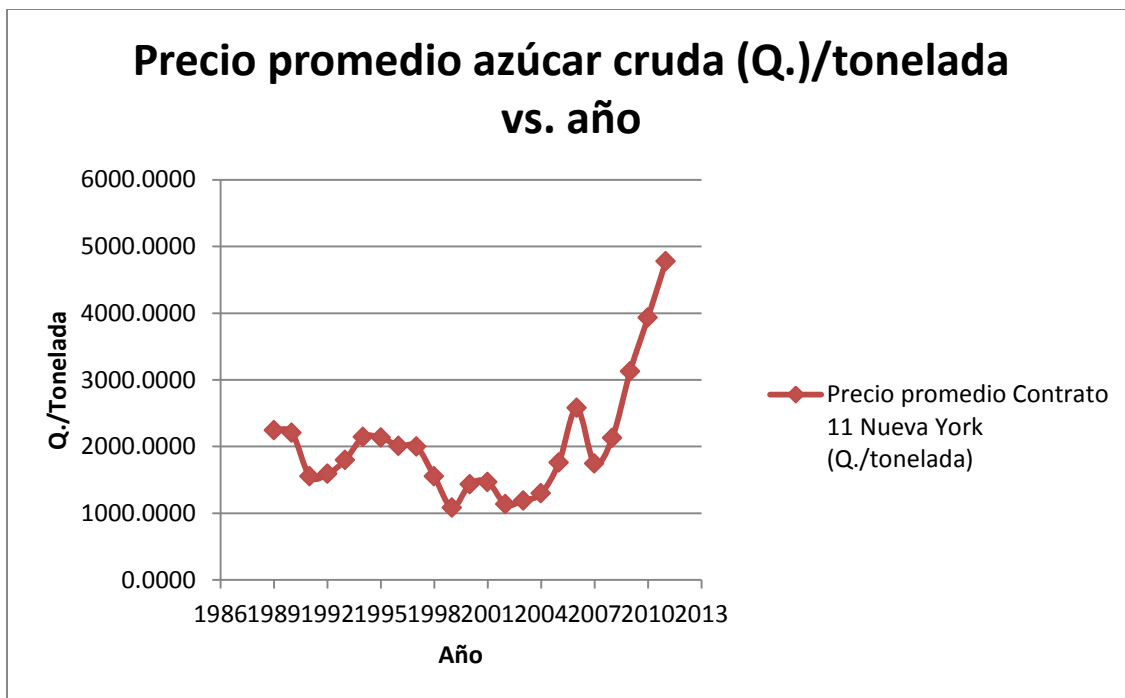
Tabla No. 43 – Precio promedio mensual azúcar crudo, Nueva York contrato 11(FOB) US\$ CENTS/LB

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	PROMEDIO
1989	9.96	10.67	11.82	12.30	12.02	12.62	13.86	13.80	14.10	13.77	14.57	13.59	12.76
1990	14.45	14.69	15.46	15.37	14.67	12.92	11.83	10.84	10.92	9.70	9.92	9.69	12.54
1991	8.99	8.66	9.15	8.56	7.90	9.44	9.11	8.80	9.11	8.76	8.61	8.87	8.83
1992	8.44	8.10	8.33	9.58	9.60	10.50	9.69	9.36	9.01	8.78	8.68	8.30	9.03
1993	8.45	8.75	11.05	11.52	12.10	10.44	9.84	9.48	9.48	10.58	10.34	10.65	10.22
1994	10.54	11.00	12.03	11.18	11.92	12.09	11.73	11.92	12.48	12.60	13.75	14.75	12.17
1995	14.88	14.44	14.27	13.32	11.62	11.93	10.27	11.01	11.02	10.58	10.80	11.42	12.13
1996	11.75	12.41	12.01	11.33	10.95	11.76	11.66	11.70	11.61	10.71	10.51	10.61	11.42
1997	10.55	10.82	10.87	11.21	11.00	11.29	11.31	11.65	11.27	11.87	12.25	12.28	11.36
1998	11.43	10.57	9.72	9.30	8.84	7.98	8.60	8.40	7.16	7.62	8.17	7.96	8.81
1999	7.92	6.74	5.76	5.15	4.77	5.57	5.72	6.13	6.86	6.83	6.53	5.95	6.16
2000	5.56	5.25	5.28	6.15	7.00	8.46	9.74	10.65	10.06	10.41	9.51	9.72	8.15
2001	10.11	9.68	8.75	8.57	8.98	8.89	8.55	7.95	7.39	6.60	7.28	7.41	8.35
2002	7.43	6.25	6.06	5.77	5.64	5.40	5.79	5.86	6.73	7.28	7.52	7.56	6.44
2003	7.89	8.79	7.86	7.51	7.03	6.53	6.73	6.71	6.02	5.70	5.57	4.67	6.75
2004	5.83	5.63	6.50	6.56	6.62	7.05	8.17	7.88	7.91	8.96	8.67	8.80	7.38
2005	8.92	8.92	8.90	8.42	8.51	8.92	9.60	9.88	10.44	11.61	11.81	13.93	9.99
2006	16.19	17.94	17.08	17.21	16.90	15.27	15.86	12.98	11.41	11.51	11.73	11.70	14.65
2007	10.90	10.72	10.37	9.63	9.09	8.86	9.90	9.61	9.52	9.99	9.89	10.45	9.91
2008	11.66	13.13	12.88	11.85	10.93	10.80	13.21	13.68	12.29	11.70	11.83	11.32	12.11
2009	12.24	13.01	12.93	13.12	15.47	15.54	17.82	21.72	22.25	22.58	22.19	24.49	17.78
2010	28.38	26.60	19.26	16.12	14.60	15.81	17.62	19.22	23.72	26.94	28.90	31.09	22.36
2011	32.09	31.77	28.15	25.43	21.85	26.07	29.47	28.87	27.70	26.30	24.52	23.42	27.14
2012	24.05	24.88	24.73	22.98	20.25	20.44	22.76	20.53	19.47				

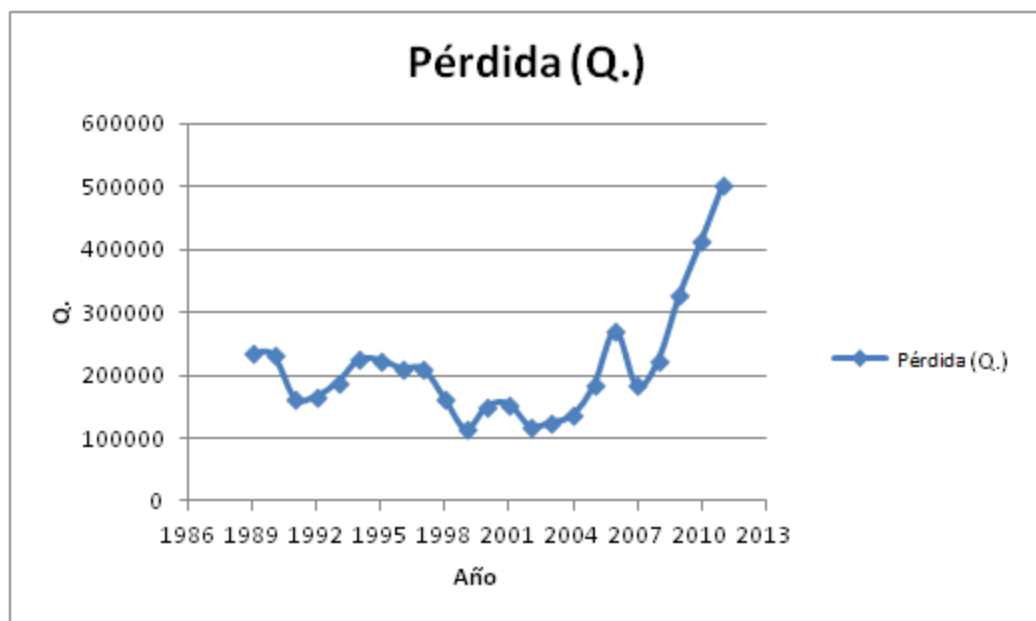
Tabla No. 44 – Precio promedio por tonelada de azúcar y pérdida (Q.)

Año	Precio promedio Contrato 11 Nueva York (US cents/lb)	Precio promedio Contrato 11 Nueva York (US \$cents/tonelada)	Precio promedio Contrato 1 1 Nueva York (US \$/tonelada)	Precio promedio Contrato 11 Nueva York (Q./tonelada)	Pérdida (Q.)
1989	12.76	28064.66	280.6466	2245.1732	235361.5021
1990	12.54	27583.68	275.8368	2206.6946	231327.7971
1991	8.83	19426.61	194.2661	1554.1291	162919.3569
1992	9.03	19866.87	198.6687	1589.3499	166611.5498
1993	10.22	22490.73	224.9073	1799.2583	188616.2498
1994	12.17	26764.91	267.6491	2141.1929	224461.2539
1995	12.13	26688.47	266.8847	2135.0778	223820.2095
1996	11.42	25120.06	251.2006	2009.6051	210666.9003
1997	11.36	24999.09	249.9909	1999.9275	209652.4
1998	8.81	19385.59	193.8559	1550.8476	162575.3503
1999	6.16	13552.23	135.5223	1084.1787	113654.4521
2000	8.15	17929.13	179.2913	1434.3306	150360.879
2001	8.35	18360.90	183.6090	1468.8716	153981.813
2002	6.44	14170.57	141.7057	1133.6454	118840.0486
2003	6.75	14852.74	148.5274	1188.2192	124561.0211
2004	7.38	16237.70	162.3770	1299.0159	136175.8382
2005	9.99	21972.81	219.7281	1757.8249	184272.7844
2006	14.65	32226.10	322.2610	2578.0876	270260.9244
2007	9.91	21801.11	218.0111	1744.0886	182832.8057
2008	12.11	26635.08	266.3508	2130.8065	223372.4458
2009	17.78	39114.19	391.1419	3129.1348	328027.2046
2010	22.36	49181.77	491.8177	3934.5419	412458.0305
2011	27.14	59698.22	596.9822	4775.8572	500653.1117

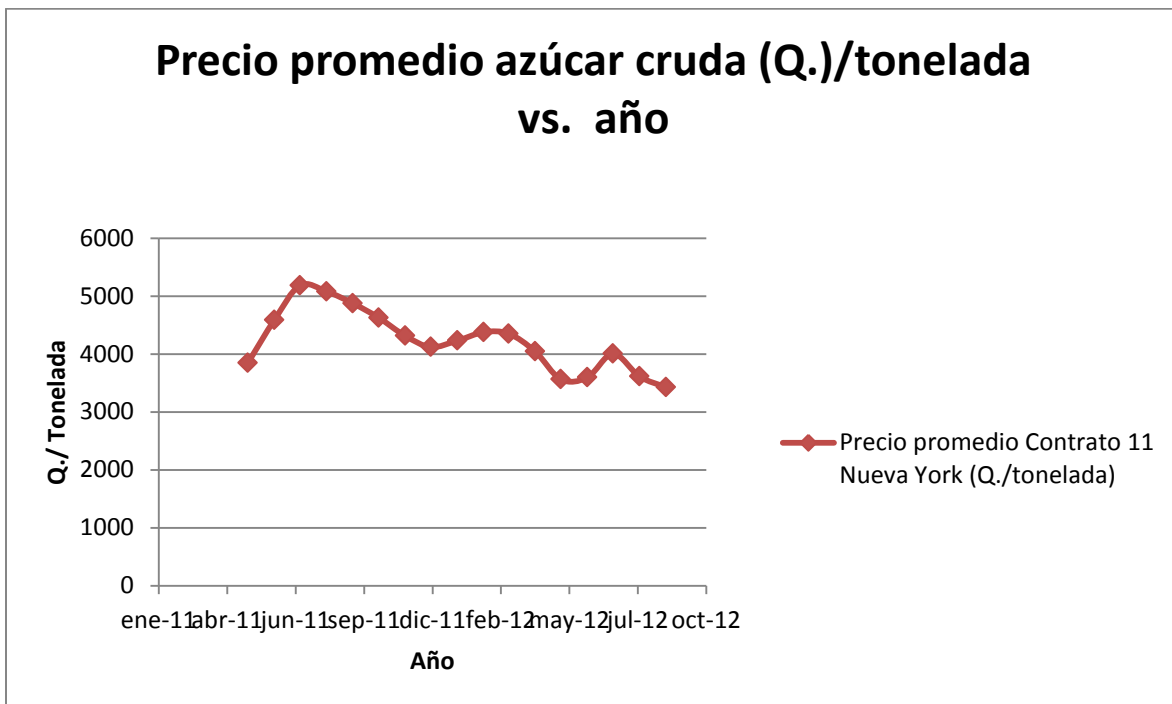
Gráfica No. 55 – Precio promedio del azúcar cruda vs. Año.



Gráfica No. 56 – Pérdidas (Q.) por un incremento en el CM vs. año.



Gráfica No. 57 – Precio promedio de azúcar cruda durante la zafra 2011-2012.



Gráfica No. 58 – Tendencia de precios (zafra 2011-2012).

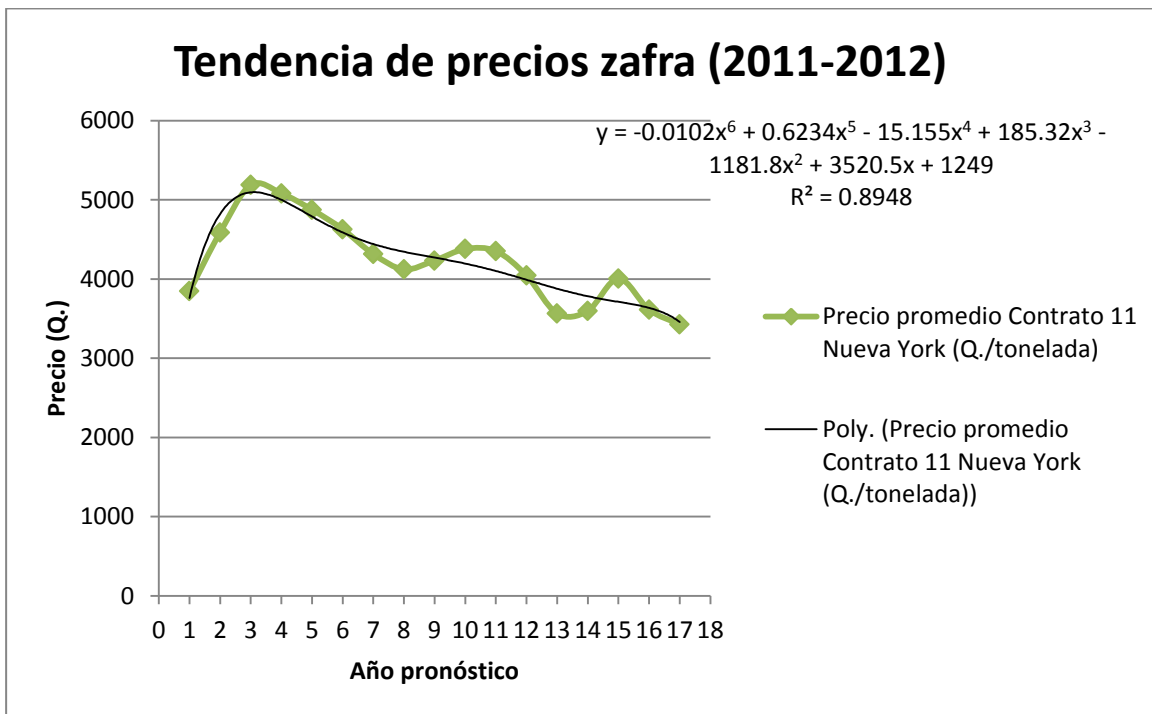


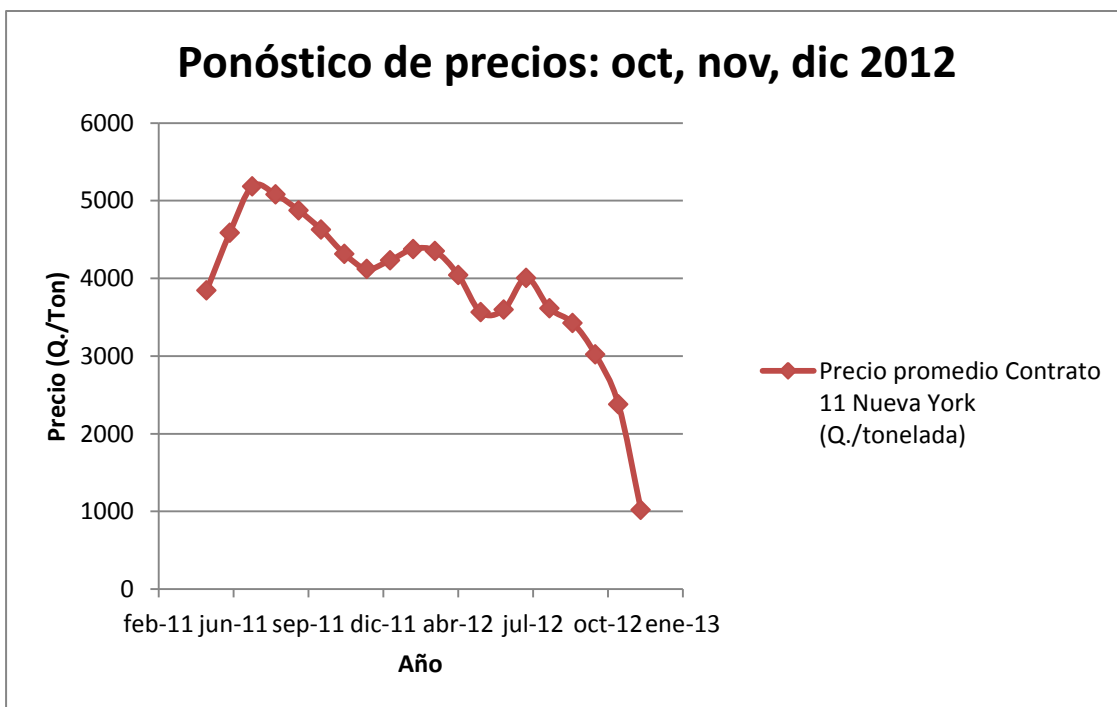
Tabla No. 45 – Pronóstico del precio para el mes de octubre, noviembre y diciembre y posible pérdida por un incremento en el CM.

Año	Año pronostico	Precio promedio Contrato 11 Nueva York (Q./tonelada)	Pérdida (Q.)
may-11	1	3845.6	403134.248
jun-11	2	4588.32	480993.5856
jul-11	3	5186.72	543723.8576
ago-11	4	5081.12	532653.8096
sep-11	5	4875.2	511067.216
oct-11	6	4628.8	485237.104
nov-11	7	4315.52	452395.9616
dic-11	8	4121.92	432100.8736
ene-12	9	4232.8	443724.424
feb-12	10	4378.88	459037.9904
mar-12	11	4352.48	456270.4784
abr-12	12	4044.48	423982.8384
may-12	13	3564	373614.12
jun-12	14	3597.44	377119.6352
jul-12	15	4005.76	419923.8208
ago-12	16	3613.28	378780.1424
sep-12	17	3426.72	359223.0576
oct-12	18	3023.5712	316960.9689
nov-12	19	2378.4743	249335.4609
dic-12	20	1021.6	107094.328

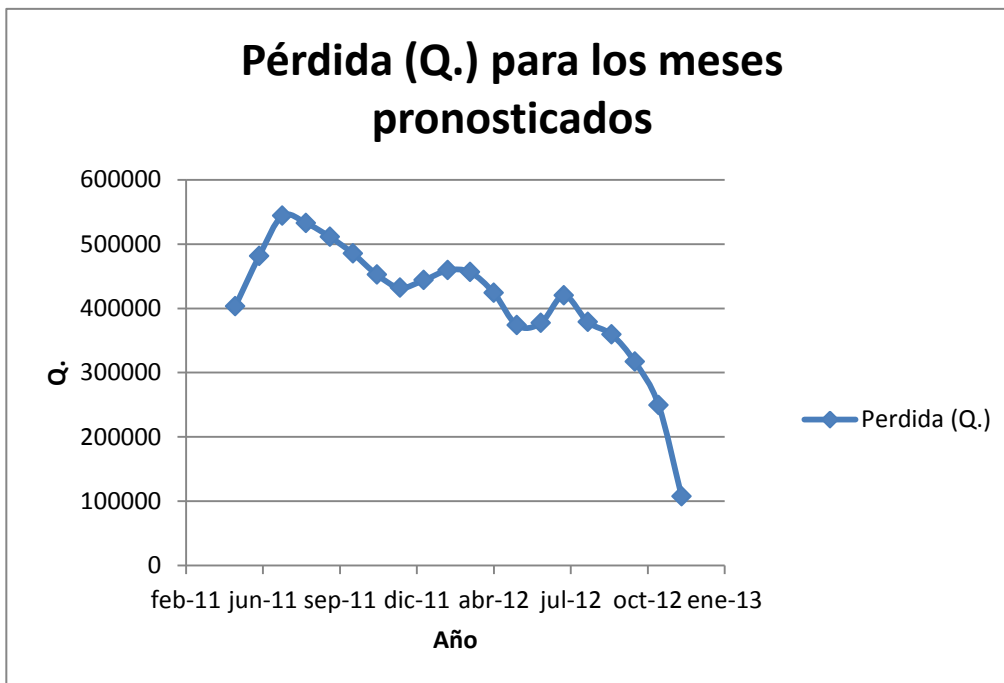
Tabla No. 46 – Pérdidas debido al incremento de lodos.

<i>Pérdida =</i>	Toneladas de azúcar perdidas*Precio promedio de la tonelada
<i>Pérdida =</i>	104. 83 ton de azúcar* 4144.29714 Q. /ton
<i>Pérdida =</i>	Q 434446.6695

Gráfica No. 59 – Pronóstico de precios para el mes de octubre, noviembre y diciembre de 2012.



Gráfica No. 60 – Pérdida para los meses pronosticados.

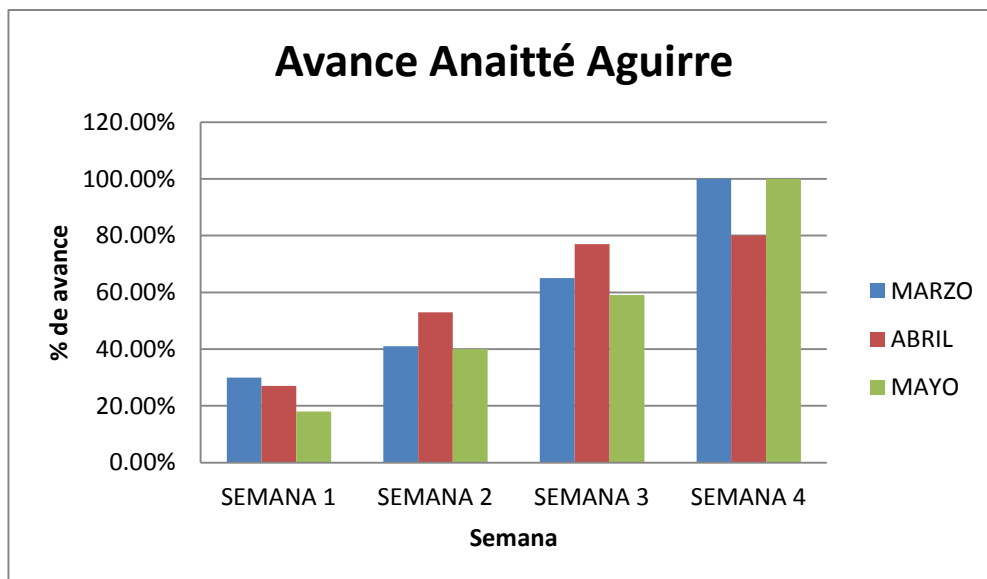


EE. Diseño e implementación de un método para evaluar el cumplimiento de las metas y la participación de los integrantes del proyecto y evaluación del cumplimiento de metas con el método implementado

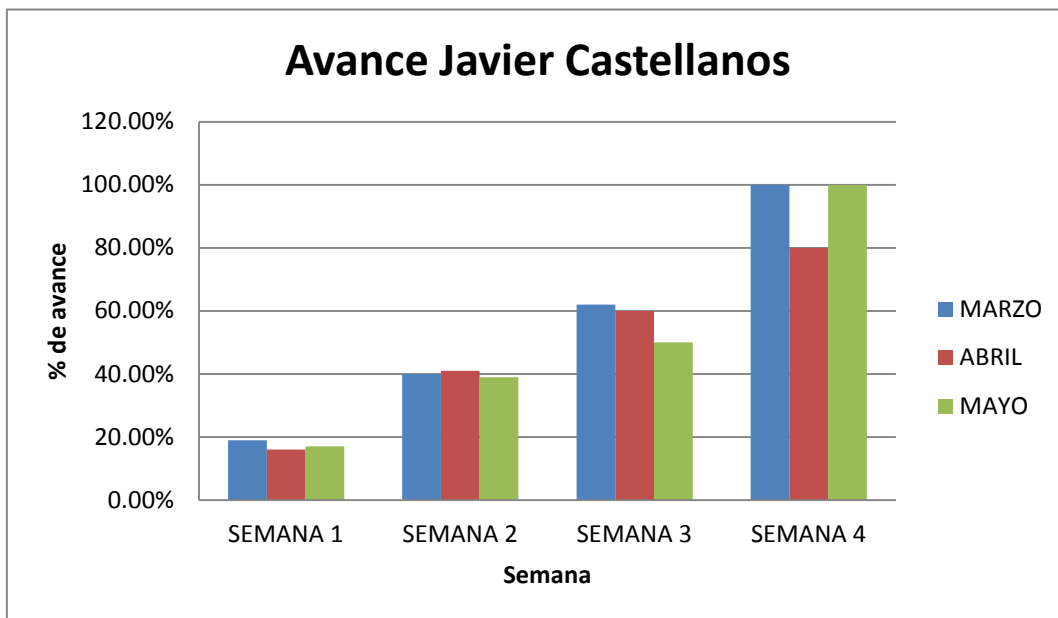
Integrantes del departamento de Ingeniería Química:

- Anaítté Aguirre
- Javier Castellanos
- Crista Villatoro

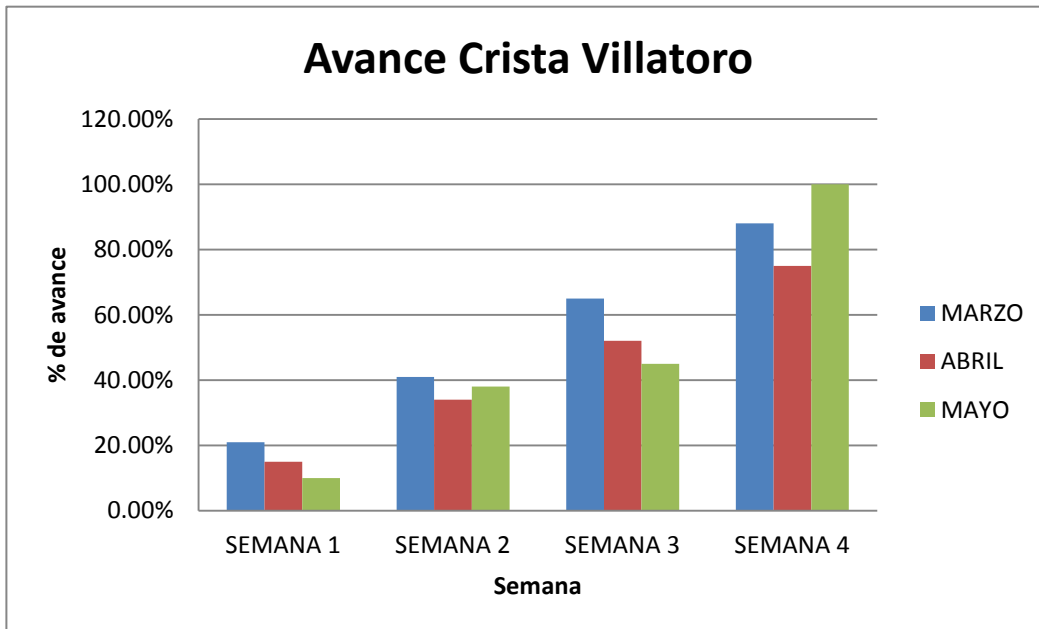
Gráfica No. 61 – Avance de Anaítté Aguirre.



Gráfica No. 62 – Avance de Javier Castellanos.



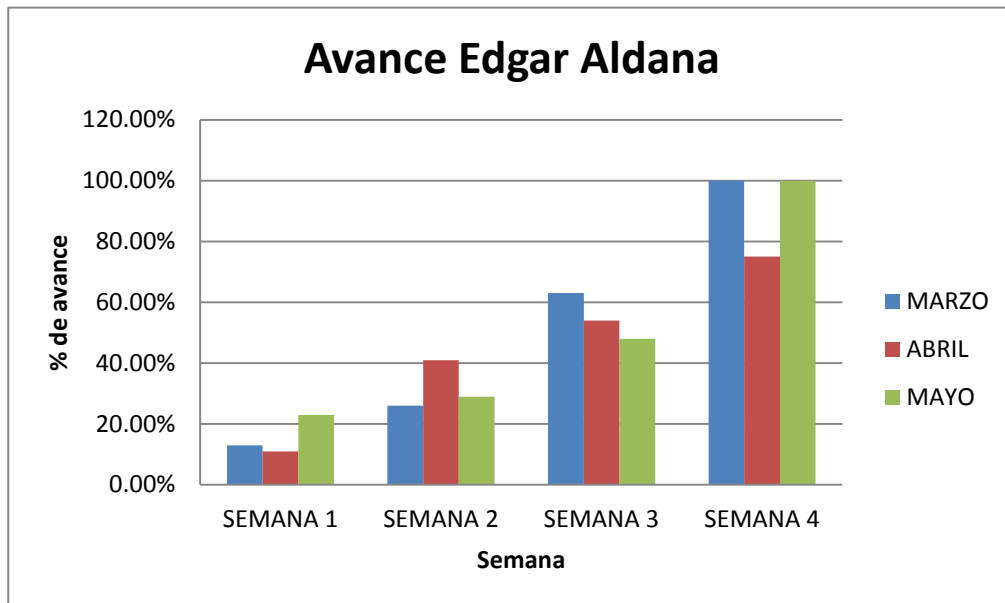
Gráfica No. 63. Avance de Crista Villatoro.



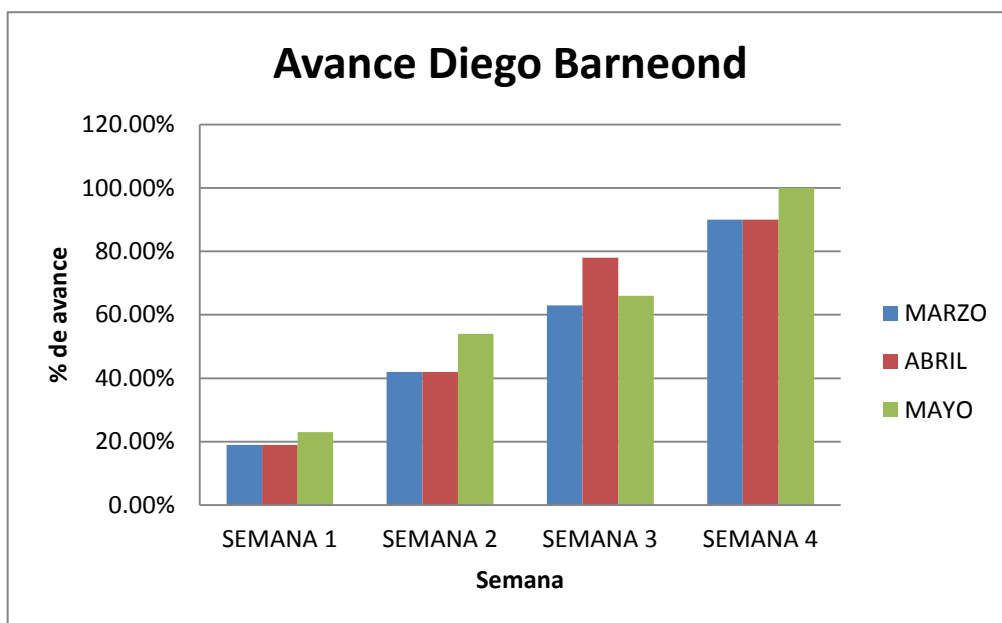
Integrantes del departamento de Ingeniería Industrial:

- Edgar Aldana
- Diego Barneond
- Gabriela Franco
- Karla Ortiz

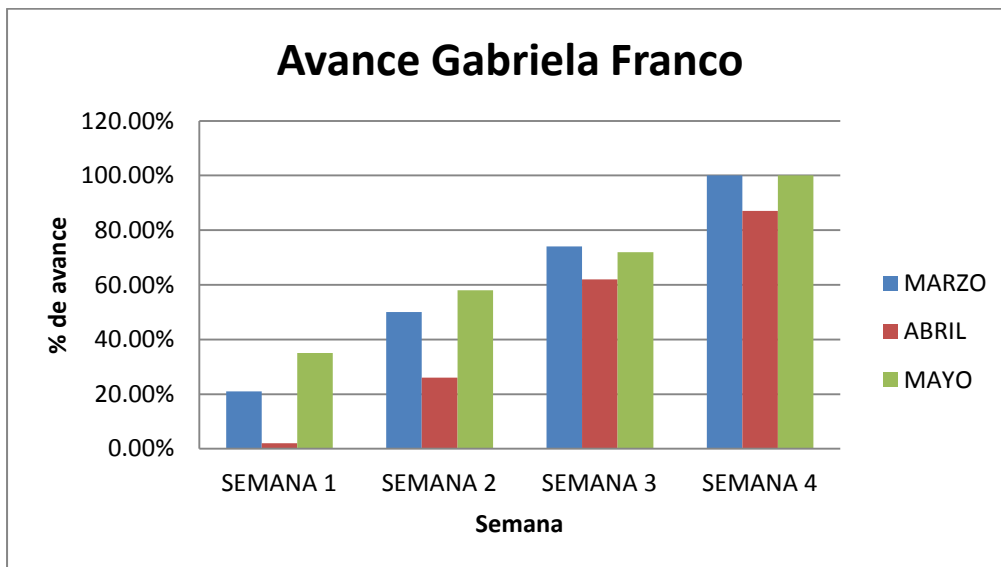
Gráfica No. 64 – Avance de Edgar Aldana.



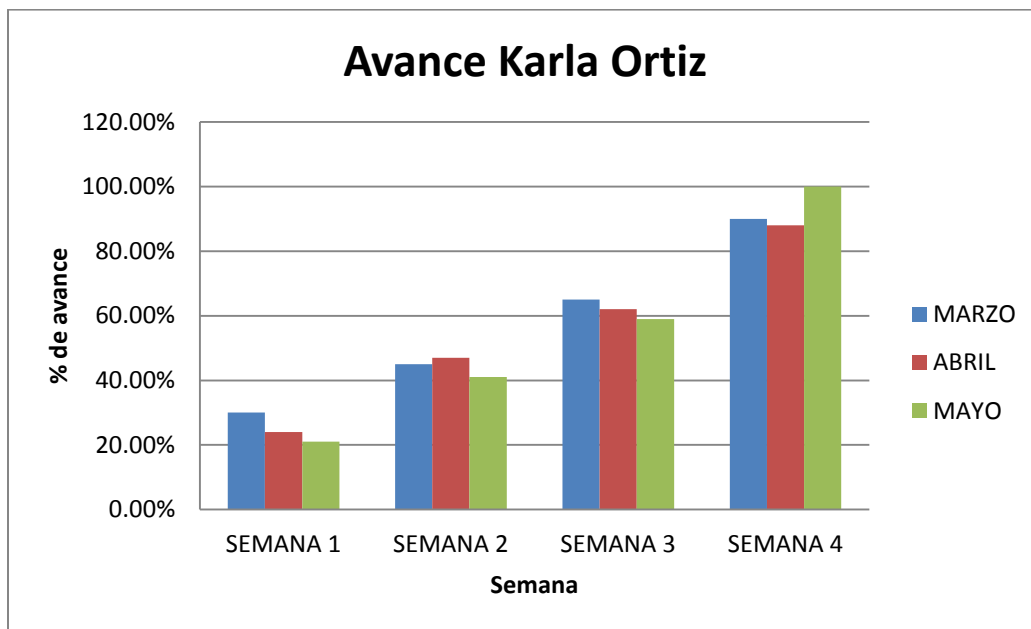
Gráfica No. 65 – Avance de Diego Barneond.



Gráfica No. 66 – Avance de Gabriela Franco.



Gráfica No. 647– Avance de Karla Ortiz.



VII. DISCUSIÓN

A. Análisis de los datos generales obtenidos de los resultados del control microbiológico de la caña en la zafra analizada (2011-2012)

1. **Análisis de resultados zafra 2011- 2012.** Previo a mostrar los resultados, se debe mencionar el tipo de monitoreo microbiológico que se realizó a lo largo de la zafra 2011-2012. El muestreo se realizó a las mismas muestras de control habitual, siguiendo el procedimiento establecido por las áreas agrícolas y de fábrica. Todas las muestras que ingresaban al laboratorio de caña se les realizaban el test de resazurina. El laboratorio de caña llevó a cabo pruebas de resazurina durante toda la zafra, es decir las 24 horas de lunes a domingo, en los distintos turnos diarios. Dando inicio de 14 de noviembre de 2011 al 10 de mayo de 2012. Los datos analizados representan el 100% de tiempo de zafra, sin embargo existe factores de error que pudieron haber alterado los resultados.

2. **Resultados general del Coeficiente Microbiológico.** Usando el registro diario ingresado a la base de datos del sistema, se logró obtener el resultado promedio general del Coeficiente Microbiológico (CM) sobre el comportamiento de la caña muestreada. Se tomaron en cuenta los resultados diarios de cada finca evaluada, siendo en total 21, 828 las muestras analizadas con el test de resazurina.

Según el total de las muestras analizadas, se puede inferir que un gran porcentaje se clasifica en la categoría de “caña buena”. Ya que el promedio general de CM de todas las muestras fue de 1.87, es decir menor a 1.90 lo que corresponde a “bueno”. Sin embargo este resultado no representa que en el día a día el CM siempre fue bueno, ya que algunos días se pudieron obtener con valor de CM más alto. La Ilustración 15 representa una media de cual fue el comportamiento de la caña de azúcar a lo largo de la zafra. Este resultado se ve reflejado en la clasificación de resultados y cuál fue el porcentaje de cada categoría, es decir, si fue bueno, alerta, malo o crítico. Ya que como se observa en la Ilustración 17 la mayoría de las muestras se encuentran en el rango de 1.5 a 2 de CM, lo que significa que son buenas, sin embargo en los picos superiores muestra como excede la categoría de buenas, siendo éstas, alerta, malo y crítico.

3. Resultados de CM por sistemas de corte. Como parte de los resultados generales, también se realizó un análisis de los distintos sistemas de cosecha que el ingenio posee. En ingenio Pantaleón usualmente se manejan dos tipos de corte, sin embargo existen más.

Para determinar lo que cada cosecha establece cortar es necesario tomar en cuenta los porcentajes de operación de cada sistema de corte. Por lo tanto se establece que un 75% del área se realiza con corte manual y el 25% con corte mecanizado. De los datos obtenidos para la zafra 2011-2012 las proporciones por tipo de corte fueron aproximadamente el 80% de corte manual, mientras que 20% para corte mecanizado, ya que en el ingreso de datos en las hojas de registro, los operarios técnicos del laboratorio de caña generalizaron todas las muestras de modo que se asumió que todas las eran verdes, fueron con sistema mecanizado y la caña quemada, sería manual.

4. Resultados del sistema de base de datos. En la zafra 2011-2012 con ayuda del personal técnico se logró obtener información para poder determinar los resultados de la clasificación de tipos de corte. En el análisis de resultados, se tomaron en cuenta únicamente dos sistemas, el verde mecanizado y el quemado manual. El análisis se considero exclusivamente para las muestras que pasaban por el laboratorio de caña, de esas se obtuvieron los siguientes resultados:

La Ilustración No. 47 muestra la distribución general promedio de coeficiente microbiológico del Ingenio Pantaleón para la zafra 2011-2012. Las muestras analizadas dieron un total de 21 828 muestras de cuales se obtuvo un total del %60 en muestras buenas, un 25% en el rango de alerta, un 14% en el de malas y 2% de muestras en nivel crítico.

De un total de muestras para el corte manual en caña quemada se obtuvo un total de 59% en muestras buenas, un 25% en el rango de alerta, un 14% en el de malas y 2% de muestras en nivel crítico. Mientras que para el corte mecanizado en caña verde se obtuvo un total de 60% en muestras buenas, un 24% en el rango de alerta, un 14% en el de malas y 2% de muestras en nivel crítico.

Durante años en los análisis de cosechas pasadas se han asociado factores que se cree que influyen en el incremento de la actividad microbiana en la caña, las cuales son la quema en la

caña y el corte mecanizado. En la Gráfica No. 1 se muestra que estos factores no inciden. La obtención de datos realizada en la zafra del presente año se hizo de manera general ya para la clasificación según el sistema de corte.

Nada más aquellas muestras que pasaban por el laboratorio de caña, eran analizadas e ingresadas a la base de datos del Ingenio. La Gráfica No. 2 presenta el porcentaje según el coeficiente microbiológico de cada sistema de corte. Para el sistema de corte manual se analizaron 17, 305 muestras mientras que para el sistema de corte mecanizado se analizaron 4519, dando un pequeño porcentaje de error de 1.8% con respecto al total de muestras, sin saber cual fue el sistema de corte aplicado a estas muestras faltantes.

Sin embargo lo que se comprobó en los resultados de la Gráfica No. 3 es que ambos métodos de corte son factores igualmente influyentes en cuanto a la actividad microbiana. La zafra pasada, 2010-2011 se analizaron cuatro tipos de corte los cuales eran manual verde, manual quemado, mecanizado verde y mecanizado quemado, los extremos de estos presentaban mayor índice de coeficiente microbiológico, mientras que manual quemado y mecanizado verde presentaron porcentajes muy parecidos.

En general, observando los resultados finales de la tabla de comparación de ambos métodos evaluados se puede decir que no hay diferencia en cuanto a la actividad microbiana, entre la cosecha verde mecanizada y la quemada manual.

Un factor que pudo haber influenciado en los resultados es que el corte mecanizado comparado con el corte manual, es de menor calidad debido a que el corte manual el operario debe cortar en la parte inferior de la planta y algunas veces un corte en la parte superior para despuntarla. Sin embargo en la caña se tienen únicamente dos posibles entradas para que existan infiltraciones de plagas o enfermedades. Por otra parte, el corte mecanizado, debido al sistema que utiliza de troceado, por cada caña se pueden realizar de 5 a 9 trozos de caña que poseen pocos de infiltración en ambos lados, lo que da mayor facilidad de acceso a las plagas, microorganismos y enfermedades, comparado con el sistema manual.

5. Resultados de CM por fincas. Para el monitoreo del control microbiológico de las fincas se eligieron según los frentes con los que Pantaleón cuenta, ya que facilitó el análisis de las fincas. En algunos casos se tienen fincas y frentes con solamente una muestra, así mismo con más de 10 muestras, de forma que se puedan determinar el CM de cada una. Se decidió establecer estos parámetros para que mostraran el porcentaje de cada una de las categorías de coeficiente microbiológico.

El análisis se llevó con los 30 frentes que trabajan para Ingenio Pantaleón, estos fueron divididos en grupos. El primer grupo cuenta con siete frentes que se consideran Excepcionales ya que 5 de ellos tienen escasas de muestras y dos por resultados, mientras que del resto de muestras se determinaron el resto de frentes más buenos y más malos.

En la Gráfica No. 4 se muestran los cinco frentes determinados excepcionales por no contar con muestras suficientes, lo que hace que no sean significativas para tomar alguna decisión de acuerdo a los resultados obtenidos.

En la Gráfica No. 5 se muestran dos frentes que fueron determinados excepcionales, ya que contaban con una cantidad suficiente de muestras para poder determinar los porcentajes de CM. En ambos frentes más del 70% del total de las muestras está en el rango de muestras buenas, y en menor proporción el resto, como lo son alerta y malo. En este caso no se cuenta con muestras con CM crítico. Se debe señalar que el frente MA es de un tipo de cosecha especial llamado maleteada.

En general, excepto los frentes MA y 09 que son ostensiblemente mejores por lo que no hay diferencia significativa en la actividad microbiológica del resto de los frentes (con suficiente número de muestras).

En los frentes con mejor resultado de CM se tiene un alto número de muestras, siendo el menor número de 60 muestras y el mayor de cinco, 282 muestras. Estos 5 frentes en relación al resto que no son excepcionales son los mejores. De los cinco frentes, todos tienen más del 60% de muestras buenas, teniendo un menor porcentaje de muestras en alerta.

Así mismo, se realizó un análisis de la misma manera para determinar cuáles fueron los frentes con peor coeficiente microbiológico. Fueron llamados los frentes más malos, Sin embargo

los resultados obtenidos no se encuentran muy alejados del coeficiente general promedio de la zafra, así mismo podrían considerarse aún en el margen promedio ya que ninguno de los frentes tiene menos de 50% en el rango de bueno.

También se hizo un análisis de fincas excepcionales debido a la escasez de muestras, ya que se puede observar un resultado determinante, que sin embargo no resulta ser significativo. Para este tipo de fincas fueron analizadas 10 fincas inicialmente. Es claro que a raíz de estos resultados no se podrán tomar decisiones por la que muestra no es suficiente, además no quiere decir que el resto de la finca se comporte de la misma manera.

En la clasificación que se realizó de las fincas, se dividió en dos grandes categorías las cuales fueron fincas excepcionales y fincas con más de cinco muestras para la determinación de resultados. Dentro de las fincas excepcionales se clasificaron las que tenían menor valor de CM, con pocas muestras, no que no resulta ser suficiente para determinar un resultado final. En la Gráfica No. 6 se presentan 10 fincas de las cuales, la mayoría presentan gran porcentaje en el rango de muestras buenas, así mismo algunas fincas presentan porcentajes en las categorías de alerta y malo. Sin embargo solamente tres fincas tienen muestras malas, y ninguna finca con muestras críticas.

Además de las fincas con CM bajo, también se analizaron cuatro fincas excepcionales con un nivel más alto de CM, debido a que las muestras para estas fincas no son suficientes, no son significativas para tomar alguna decisión en el comportamiento de éstas. De las cuatro fincas solamente una tiene valores en la categoría de bueno, y el resto de fincas malo y crítico. Ninguna de las fincas analizadas cuenta con muestras en la categoría de alerta.

Del resto de fincas analizadas se separaron buenas y malas con más de cinco muestras para que se pudiera considerar un resultado significativo. Las más buenas, como se muestra en la Gráfica No. 9, quiere decir que en todos en rango de muestras buenas el porcentaje fue 100% del total de muestras. Se analizaron cinco fincas, de las cuales la que menor cantidad de muestras era tenía era seis y la mayor cantidad fue de 77.

También se analizaron las fincas más malas, para ello se identificaron cinco con mayor nivel de CM, pero en esta ocasión se observó mayor diversidad en los porcentajes de los rangos de CM, ya que cuatro de las cinco fincas tienen muestras buenas, sin embargo todas las fincas

presentan porcentajes en las categorías de alerta y malo, además solamente una de las fincas tiene muestras en rango crítico. Para este análisis era necesario que las fincas tuvieran más de cinco muestras para que el resultado fuera significativo, la finca que tiene menor cantidad de muestras es la 243, con siete muestras mientras que la finca con mayor cantidad es la 246 con 69 muestras.

En general, los muestreos nos ayudan a determinar los elementos, como la finca, el frente, el tipo de corte, etc., con mayor tendencia al deterioro microbiológico y de así poder tomar las medidas necesarias en campo y fábrica y contrarrestar sus nefastos efectos. En el análisis realizado se puede concluir que sí existe diferencia significativa en las fincas en cuanto a la actividad microbiológica.

B. Observación y análisis de la implementación de lazos operativos con las áreas involucradas

Se presentó detalladamente la descripción de los lazos operativos desarrollados e implementados del presente proyecto, para ello es necesario mencionar simultáneamente la forma en cómo se observó, se analizó y se implementó el canal de comunicación más eficiente. El primer análisis que se realizó, fue en el laboratorio de caña ya que de ahí parte todos los canales realizados. Dicho laboratorio se encarga de establecer comunicación con el área de *Core Sampler*, ya que el principal facilitador de muestras del ingenio. Además también establece canales de comunicación con el jefe de turno de la fábrica, así como los técnicos de área de tándem.

También es importante mencionar uno de los principales factores, que es el área de torre de control, el cual es manejado por ATRV (Alza, Transporte y Red Vial), que a su vez están coordinados por la dirección de cosecha.

1. Observación, análisis de control microbiológico y establecimiento de lazo operativo con área de tándem. El análisis del control microbiológico realizado en el laboratorio de caña consiste en la realización de pruebas de resazurina a cada una de las muestras que son enviadas desde el *Core Sampler*. El fin de realizar las pruebas previamente es para prevenir una mayor contaminación y propagación de actividad microbiana en el área de molinos y el resto del proceso de la extracción de azúcar.

Para el establecimiento del primer lazo operativo de laboratorio de caña con área de tándem se determinaron ciertos parámetros. El laboratorio de caña al momento de tener la primera muestra de caña mala de alguna finca el primer paso es avisar al área de tándem que ingresó un lote de caña con coeficiente microbiológico alto. Se realizaron varias pruebas para verificar cual sería la forma óptima de comunicación entre el laboratorio y el área de tándem, ya que esta última no cuenta con teléfono, nada más con altavoz. Debido a la comunicación limitada entre ambas áreas, se optó por el altavoz. Una vez establecido el modo en el que se comunicarían las áreas se estableció quien daría el aviso. En el caso del laboratorio de caña siempre hay un técnico de CM, así que esa persona es la encargada de avisar al área de tándem cada vez que se presente una muestra mala, y en caso del área de tándem siempre hay un operario encargado de realizar las muestras y aplicación de bactericida en los molinos, así que sería a esa persona a quien se le da el aviso.

Cuando el operario del área de tándem recibe el aviso debe asegurarse que minutos antes no se haya aplicado bactericida, ya que no puede estar aplicándolo muy seguido. En caso que no se haya aplicado, es responsable de hablar con el técnico de bactericida para que aplique la dosis correcta según lo requiera la caña y el área específica de los molinos. Debido a que las bacterias tienden a propagarse con el transcurso del proceso, no importa el momento de aplicación de bactericida ya que lo que se espera es prevenir o eliminar la mayor parte de actividad microbiana que haya.

Uno de los inconvenientes que se encontró es la forma de comunicación que se empleó ya que el altavoz que hay en el área de tándem, obviamente se encuentra adentro de la fábrica por lo que siempre hay ruido y no permite que el operario pueda escuchar con facilidad cuando se le solicita en el altavoz. Por otra parte al inicio los operarios del laboratorio presentaron molestias ya que por ese medio todo Ingenio oye, lo que las avergonzaba un poco. Sin embargo, con el tiempo se fueron acostumbrando y notaron que era algo normal y parte de la labor que debían cumplir.

La implementación del lazo operativo de las áreas de laboratorio de caña- área de tándem inició caso un mes antes que finalizara la zafra 2011-2012, teniendo una duración de aproximadamente 26 días. Más adelante se muestran los resultados obtenidos acerca de la implementación y como fue el desempeño que los técnicos de laboratorio tuvieron con el sistema. Son varios factores los que influyen para que el sistema se lleve a cabo en su totalidad.

Para la complementación del lazo, adjunto al proceso, el operario que se encuentre en el laboratorio de caña es responsable de anotar el aviso que realizó en un registro, el cual posteriormente se hará una descripción más detallada.

2. Observación de actividad y establecimiento de lazo operativo con jefe de turno de fábrica. Debido a que el jefe de turno de la fábrica es quien supervisa y autoriza a los operarios y técnicos del área de tándem a realizar cualquier actividad, antes de iniciar con el lazo operativo fue necesario reunirse con el Gerente de fábrica para informarle de los planes que se tenían para la implementaciones de los canales de comunicación entre las diferentes áreas. Gracias a la flexibilidad y apoyo del jefe de fábrica se llevo a cabo la implementación de los lazos operativos.

La idea de incluir al jefe de turno de fábrica es mantenerlo informado acerca de los lotes infectados que están teniendo ingreso a los molinos, sin embargo se desea establecer el aviso al jefe de turno de fábrica hasta que la finca se declare en emergencia, y no por cada lote infectado. Inicialmente él se consideró como un posible canal para conectar al laboratorio de caña con la torre de control, es decir tener contacto con los camiones, no obstante no se tomó en cuenta ya que se que era alargar los pasos y retrasar más el proceso.

Otro beneficio acerca de la reunión con el jefe de fábrica fue que se pudieron mencionar recomendaciones en cuanto al área de trabajo del laboratorio de fábrica, ya que es un gran factor que afecta el desempeño del técnico encargado de muestrear la caña. Además es necesario establecer un puesto de trabajo formal, con radio o teléfono, para facilitar el acceso de comunicación a dicha área.

3. Observación, análisis y establecimiento de lazo operativo con área de ARTV, dirección de cosecha (planificación de corte). En el proceso de corte, alza y transporte el departamento de ATRV que por sus siglas significa Alza, Transporte y Red Vial, dicha área esta ligada a la dirección de cosecha ya que son ellos los que coordinan y planifican los cortes de la caña (fincas, lotes, horas, frentes, etc.).

La manera como estas áreas funcionan es a través de la planificación diaria. La torre de control es la responsable de monitorear el recorrido de los camiones, además de verificar que cumplan con la carga correcta diariamente. Al inicio de cada día el departamento agrícola envía a

supervisor de torre de control los saldos de caña que hay disponibles en cada finca, la tarea de la torre de control es asignar fincas por lote a cada camión

Los pilotos que conducen los camiones se encuentran en constante comunicación con el supervisor de turno de la torre de control, estos últimos monitorean constantemente la ruta de los camiones con el fin de controlar su recorrido y tener conocimiento de su ubicación para saber que la programación se cumplirá como en un inicio fue planeada, ya que la torre de control es el ente encargado de verificar que la programación del alza se cumpla. Por ejemplo, si en un día la finca “Los Manantiales” debe tener cortado 1000 toneladas de caña de azúcar, los de la torre de control son los responsables de realizar la programación y asignar la cantidad de camiones destinados a dicha finca para que la caña sea trasladada a la fábrica en las horas establecidas. El Ingenio Pantaleón cuenta con camiones propios además presta servicio de estos, cada jaula tiene capacidad de 25 a 27 toneladas, y existen camiones que pueden jalar hasta seis jaulas, usualmente y dependiendo los caminos entre las fincas los camiones jalan cuatro jaulas. Por lo que para el ejemplo mencionado se necesitaría 10 viajes, es decir 10 camiones con cuatro jaulas para completar con la programación de corte y transporte asignada.

Al conocer la capacidad de respuesta que puede llegar a tener la torre de control, con lo que le es solicitado, se decidió crear un lazo operativo directamente con esta área de modo que los técnicos del laboratorio de caña creen un canal de comunicación entre ambas áreas. Al establecer los dos puntos que sería parte del lazo operativo se establecieron las condiciones para los avisos.

Una de las ventajas que posee la torre de control, es que cuentan con un área de trabajo completamente equipada, donde el medio de comunicación facilitaría la transferencia de información, es decir en la torre de control hay teléfono, radio, computadora (con internet). Estos factores permiten que el sistema pueda completarse.

El proceso que conlleva el lazo operativo de torre de control con laboratorio de caña es el siguiente:

- *Laboratorio de caña*

La primera etapa inicia en el laboratorio de caña cuando son analizadas las muestras de las fincas y se les realiza el test de resazurina, una vez el lote de alguna finca sea detectado como mala debe ser anotada en el registro de muestras malas, aquí comienza el estudio de las fincas

malas. En el diagrama de flujo se muestra como procede la toma de decisiones según los resultados obtenidos.

En un inicio cuando se planteó la cantidad de muestras que serían necesarias para determinar el resultado del estado de las fincas, se consideró que 4 muestras eran necesarias para establecer del estado de las fincas, es decir si sería Finca en Emergencia o Finca en Observación. Al momento de empezar con la implementación del lazo operativo era necesario reunir las 4 muestras de cada finca “mala” sin embargo realizando pruebas se llegó a la conclusión que 4 muestras requeriría mucho tiempo, por lo que se considerarían reunir únicamente 3 muestras ya que son representativas para tomar una decisión.

En el diagrama de flujo, de la Ilustración No. 82 se explican detalladamente las condiciones que debe realizar el técnico del laboratorio de caña. Una vez inspeccionado el registro diario de muestras de CM se puede continuar con el siguiente paso, si se completan las cuatro muestras se debe analizar si tiene 2 o 3 muestras con CM “alerta”, si es el caso, por definición se declara la “Finca en Emergencia”. Mientras que si no se completan las cuatro muestras se acude al área de *Core Sampler* para que muestree más camiones de la finca que se esté analizando, con el fin de proporcionar con mayor agilidad las muestras de caña.

Seguidamente se contemplan dos posibles situaciones, que si las recientes muestras brindadas por *Core Sampler*, primero, que sea una muestra con CM “alerta”, entonces se sacará una muestra más, si es nuevamente “alerta”, la finca por definición se declara “Finca en Emergencia”. Mientras que si se sacan dos muestras “buenas” se deberá sacar una quinta muestra, si la quinta muestra es “alerta o mala”, entonces la finca se declara “En emergencia” y si la quinta muestra es “buena” entonces se declara “Finca en Observación”.

La otra situación es cuando no se tiene ninguna muestra con CM “alerta” entonces surgen 4 posibles situaciones. En la primera se tendrán tres muestras con CM “bueno” y cero muestras con CM “malo”, entonces por definición se declara “Finca en Observación”. Segundo, una muestra con CM “bueno” y dos con CM “malo”, entonces se declara “Finca en Emergencia”. Tercero, dos muestras con CM “bueno” y una “mala” entonces se sacará una quinta muestra, donde si es muestra con CM “bueno” entonces se declara “Finca en Observación”, mientras que si la quinta muestra tiene CM “malo o alerta” entonces se declara “Finca en Emergencia”. Por último, la

cuarta posible situación es cero muestras con CM “bueno” y tres muestras con CM “malo”, por definición se declara “Finca en Emergencia”.

Como se mencionó previamente, en este diagrama se consideró tomar 4 muestras por finca, sin embargo se realizó otro diagrama de flujo con menor cantidad de muestras, es decir, 3 muestras. Este cambio mejoró en cierta parte el proceso, ya que vuelve da más agilidad a los pasos. A continuación se presenta el diagrama de flujo mejorado, con las 3 muestras posteriormente establecidas.

- *Diagrama de flujo 3 muestras*

En este caso se consideran las primeras condiciones que para el diagrama anterior, se deberá avisar a tándem, además de revisar el registro diario de CM, y en este caso se deberá completar 3 muestras, y en base a éstas determinar el estado de las fincas. Si sí se completan las tres muestras, se tendrá una posible situación, la cual es tener dos muestras con CM “alerta”, entonces se declara “Finca en Emergencia.

Mientras que si no se completan las tres muestras, se tendrá el mismo procedimiento acerca de dar aviso al *Core Sampler*, en este caso también se tendrán dos posibles situaciones. La primera es considerar una muestra de CM “alerta”, entonces se deberá sacar una muestra más, si esta es “alerta” por definición se declara “Finca en Emergencia”, mientras que si se saca una muestra “buena” se deberá sacar una cuarta muestra, y los pasos en este caso son los mismo que el diagrama de flujo de cuatro muestras.

La otra situación es cuando no se brinda ninguna muestra adicional con CM “alerta” por el *Core Sampler*, en este caso nada más se tendrán se tendrán 3 posibles situaciones, descartando una con respecto al diagrama anterior. Las posibles opciones son: primero, dos muestras con CM “bueno” y cero muestras con CM “malo”, entonces la finca se declara “Finca en Observación”. La segunda situación es cuando se tiene una muestra con CM “bueno” y otra con Cm “malo”, entonces la finca se declara en “En Emergencia” y por último cero muestras con CM “bueno” y dos muestras con CM “malo o alerta”, entonces se declara como “Finca en Emergencia”.

Una vez establecidos los resultados como Finca en Emergencia o en Observación se procede a realizar el lazo operativo con torre de control. Se le llamará “Finca en Observación” a los lotes de las fincas que no se considerar con riesgo por actividad microbiana, mientras que las

finca consideradas “En Emergencia” serán aquellas a las que se les dará prioridad al ingreso del ingenio, además de darle prioridad al momento de trasladar la caña del campo hacia la fábrica. Es aquí cuando debe iniciar los canales de información que ayudaran a prevenir que afecte la productividad de la caña.

Adicional al establecimiento del estado de las fincas, el técnico de CM documenta cada aviso en un registro de aviso a torre de control.

- *Torre de control*

La torre de control recibirá un aviso por parte del laboratorio de caña, donde indicará qué finca se encuentra en estado de emergencia para que el supervisor de turno de la torre de control tome las respectivas decisiones sobre darle prioridad a dichas fincas.

La implementación del lazo operativo se llevó a cabo durante las últimas dos semanas de la zafra 2011-2012, ya que fue hasta entonces que se logró tener comunicación con el ingeniero supervisor del área de ATRV y se logró la autorización de éste para poder llevarlo a cabo. Inicialmente los operarios del laboratorio cuando determinaban el estado “En Emergencia” de alguna finca, realizaban un aviso a torre de control, donde atendían amablemente y comentaban estar informados acerca de la situación actual de dicha finca. Ellos eran responsables de dar aviso a los camiones para que agilizaran el corte (si aun no estaba cortado todo el lote), además de improvisar sobre el traslado de la caña del campo a la fábrica.

Se cree que el sistema pudo haberse terminado en dicho proceso, ya que por parte de la torre de control no existió ningún registro o documento que verifique que ellos estaban enterados sobre la situación de las fincas “En Emergencia”. Aunque el laboratorio de caña si tenía registros sobre las llamadas realizadas, esto no fue suficiente para comprobar que el sistema tuvo éxito.

El objetivo principal de realizar estos lazos operativos que incluyen laboratorio de caña-torre de control, y laboratorio de caña - área de tándem, es prevenir que la caña en mal estado empeore su condición. Lo que se busca es que esta pérdida no tenga mayor repercusión en la productividad de la caña y que la pérdida de sacarosa no sea tanta.

- *Resultados implementación de lazos operativos*

Para poder medir de alguna forma los resultados de la implementación se creó un sistema, cuantificando las muestras que malas que salieron desde que inicio la implementación de los lazos operativos en el laboratorio de caña. Con dicho sistema se contabilizaron las muestras de las fincas malas ingresadas en el registro diario de CM contra las muestras que fueron documentadas en el registro de “Muestras Malas”. En la siguiente tabla se puede observar detalladamente los resultados de los lazos operativos de las áreas involucradas.

Los resultados de la implementación pudieron medirse a través de un conteo del total de fincas malas que se identificaron en el desarrollo de los lazos operativos. En la Tabla No. 49 se puede observar que 162 fincas iniciaron el estudio, por definición las 162 fincas son declaradas “En Observación”. 219 finca no iniciaron el estudio por posible error técnico.

Por otra parte, de las fincas que sí empezaron el estudio solamente el 64% terminó el estudio, de estas fincas, 85 fueron declaradas en emergencia, esto quiere decir que del resultado final el 82% fue correcto. Observando los datos, se puede concluir que la implementación tuvo un buen resultado, ya que se tuvo error en la decisión del estado en emergencia de un 18%.

En cuanto a los avisos por parte del laboratorio, de las fincas detectadas malas se tuvo un 33% de los avisos. De los avisos a la torre de control se tuvo un 29% sobre las fincas que se declararon en emergencia, este resultado se dio tan bajo ya que la implementación del lazo operativo con torre de control tuvo una duración de 8 días, con respecto a los 26 días que tuvo el lazo operativo con tándem.

C. Establecimiento de registros adicionales para el soporte de la actividad

Para poder llevar a cabo las actividades de los lazos operativos fue necesario que los operarios de CM del laboratorio de caña documentaran todos los datos que posteriormente serían necesarios para la determinación de un resultado.

Cuando el operario detecta una muestra con CM “malo”, es responsable de anotar en el siguiente registro cada una de las fincas. El fin del documento es llevar un control de la cantidad de muestra por finca para poder determinar el estado de ésta, es decir si reúne tres muestras malas o alertas, esta se considera en estado de emergencia. Cada apartado corresponde al estudio de

cada finca por separado. En los pequeños recuadros se debe indicar, el número de la muestra que aparece en el registro diarios de CM, la hora inicial, además de indicar si la muestra que se encontró es la primera, anterior, o posterior a la analizada. También es necesario el tiempo en horas del resultado de la prueba de resazurina, ya que es más fácil identificar el rango (bueno, alerta, malo o crítico) con el tiempo que con el índice de CM.

D. Evaluación general del resultado del trabajo y proyección futura

1. Presentación a gerencia agrícola e industrial. Para presentar los resultados de la implementación de lazos operativos se hizo presente el Ingeniero Manuel Molina, jefe de ATRV además los supervisores de turno de la torre de control. También uno de los supervisores del área agrícola. El fin de la presentación fue informar a la gerencia del área, cuáles fueron los resultados de lo que se ejecutó durante abril-mayo, 2012 con las áreas involucradas.

E. Manejo de caña en el patio

Los supervisores de patio son los encargados del manejo de caña esta área y se coordinan con el “periférico” (persona encargada del orden de ingreso de los camiones a las mesas), para que este le envíe camiones de dos jaulas al patio. Los supervisores se encargan de dirigir a los camiones en el patio y les indican cuando deben descargar la caña en el mismo. Como se mencionó anteriormente, no existe un sistema de gestión de caña en el patio y son los supervisores quienes manejan dicha caña según su criterio y conveniencia.

Los supervisores de patio tienen a su cargo a dos operadores encargados de manejar los cargadores frontales que a su vez son los encargados de los movimientos de la caña en el patio. Actualmente son tres los supervisores de patio, uno por cada turno y cada uno tiene su forma de realizar el manejo de la caña en el patio.

Los camiones descargan la caña en el área de descarga lateral, (Ver Ilustración No. 76), y luego mueven por conveniencia la caña en el patio. Los puntos críticos del manejo de la caña son el almacenaje y movimientos en el patio. En teoría deberían de haber sólo dos montículos de caña. Sin embargo, en el área de patio se forman de dos hasta cuatro montículos de caña y estos están distribuidos entre las dos mesas.

Ilustración No. 76 – Área de descarga lateral.



Los movimientos de caña se realizan únicamente cuando existe una demanda en los molinos. Sin embargo, estos movimientos no son constantes y en consecuencia se manejan hasta más de cien toneladas caña, especialmente al inicio de zafra, ya que en el inicio el ingenio tiene dificultades para encontrar un balance y existen muchas contingencias. Sin embargo, durante los primeros meses los volúmenes de caña siguen siendo los mismos.

F. Toma de muestra y análisis

Los dos tipos de caña que se manejan en el patio son:

- **Caña de granel:** La caña de granel es prácticamente la materia prima principal del ingenio y es la caña que se quema y se corta manualmente. Por ser la materia prima del ingenio, esta caña es la que tiene el mayor volumen de manejo en el patio.
- **Caña verde:** La caña verde o maleteada es la caña que se corta manualmente pero tiene la característica que se corta verde y viene en forma de maleta. Esta caña no se quema por lo tanto es la que menor deterioro trae.

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.

Para la caña de granel, se puede observar que la diferencia entre los CM es considerable, el muestreo indica que el cambio de CM es de 1.97 a 2.5 en el lapso de 4 – 12 horas en el cual la caña se encuentra tirada en el patio a la intemperie. Según la valoración del CM, el promedio del primer muestreo se encuentra en una valoración aceptable y el promedio del segundo muestreo se encuentra en una valoración mala.

Para el muestreo de la caña verde se observa que los dos resultados de CM se encuentran por debajo de dos, lo cual indica que la caña verde se encuentra en una valoración aceptable aunque si hubo incremento de actividad microbológica de 0.1 en la escala CM. Este tipo de caña tiene menor actividad microbológica que los otros tipos de caña que se manejan en el patio y esto es debido a que esta caña no se quema por lo cual tiene mayor resistencia y el proceso de deterioro es más lento.

La principal repercusión del incremento de actividad microbológica en la caña a través del tiempo constituye el gasto adicional del bactericida para desinfectar la caña al ser procesada en el tándem. (Woc, 2011)

Claramente se puede observar que hubo una caída de pureza en el segundo muestreo para las cañas de granel y verde, situación que demuestra la existencia de caída de pureza en la caña que se maneja en el patio.

Sin embargo, se debe mencionar que el valor de la pureza de la caña, no es del todo confiable y podría llegar a ser más alto, debido a que para este tipo de caña la actividad microbológica 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. (Woc, 2011)

G. Observaciones

El propósito del estudio de observación fue para identificar las causas principales del deterioro de la caña en el patio, las cuales son:

- **Falta de capacitación a los colaboradores del área de patio:** Los supervisores de patio no tienen ningún conocimiento acerca del deterioro de la caña en el patio por la actividad microbiológica.
- **Falta de comunicación entre el laboratorio de caña y el área de patio:** Los supervisores de patio no se comunican con el laboratorio de caña para pedir información acerca de la calidad de la caña que está ingresando al ingenio.
- **Espacio reducido para trabajar:** El espacio para trabajar en el patio es reducido por lo que los operadores acumulan la caña en donde puedan.
- **Suciedad en el patio:** A pesar que el patio es de cemento, hay mucha suciedad. Por ser un espacio abierto, este se ensucia de polvo muy fácilmente. Los tráileres traen tierra y lodo que se queda en el patio y los cargadores frontales arrastran esta tierra y lodo junto con la caña y la introducen a los conductores. (Ver Ilustración No. 77)
- **Factores climáticos:** Debido a que la caña está a la intemperie, ésta se ve afectada directamente por el sol y las constantes lluvias. Las altas temperaturas favorece que los microorganismos tengan condiciones favorables para su reproducción. Otro factor importante es la lluvia, debido a que la propagación de microorganismos se da mejor en medio líquido.
- **Se maneja de tres a cuatro áreas de caña:** En el patio se acumulan de tres a cuatro áreas de caña y el resultado son grandes volúmenes de caña deteriorándose.
- **Se hacen montículos de caña:** En las áreas se acumulan grandes montículos de caña. El problema con estos montículos, es que la primera caña que llega al área se queda hasta abajo y se acumula caña encima de esta hasta formar los montículos. Esta caña no solo es la primera en acumularse en el patio sino también es la última caña que se agrega a los conductores. (Ver Ilustración No. 78)
- **La caña pasa tirada más de doce horas:** Una emergencia es muy difícil de determinar o predecir, por que los supervisores de patio siempre tienen que estar alerta a cualquier emergencia que suceda. Los supervisores mantienen siempre caña en el patio, sin embargo algunas veces esta caña pasa tirada hasta más de doce horas, tiempo en que esta caña sufre un deterioro considerable.

- **Cargadores frontales:** Los cargadores frontales son equipos de carga, acarreo de tierra o materiales. Son generalmente articuladas para permitir maniobras en un espacio reducido. Actualmente los cargadores frontales utilizan la cuchara frontal y arrastran la caña de un área a otra, pero en este proceso lastiman la caña y hasta llegan a aplastar la caña.
- **Grúa de hilos:** La grúa de hilos no introduce la totalidad de la caña en la mesa, cierta cantidad se cae de la mesa y otra parte de la caña se va en los camiones. La caña que se cae es aplastada por los camiones y los cargadores frontales. Problemas y posibles soluciones.

Ilustración No. 77 – Suciedad en el área de descarga lateral.



Ilustración No. 78 – Montículos de caña.



Las causas no controlables no tienen solución definitiva, solamente se puede reducir el efecto de deterioro que causan en la caña de patio por medio de la solución definitiva de las causas controlables.

Para dar solución a las causas controlables se establecieron principios para el manejo de la caña en el patio. Estos principios forman parte de una propuesta para una nueva metodología del manejo de caña en el patio con el objetivo principal de reducir el deterioro de la caña en patio y establecer un procedimiento estándar para el manejo de la misma.

H. Formulación de nueva metodología

1. Principios para el manejo de la caña en el patio. Con base en los resultados del estudio que se realizó, se propuso aplicar algunos principios para el manejo de la caña en el patio. El propósito de estos principios es de reducir el deterioro de la caña de patio e introducir un procedimiento estándar para el manejo de la caña. Los principios fueron los siguientes:

2. Que la caña en el patio no permanezca más de seis horas almacenada. Unos de los factores principales del deterioro de la caña en el patio es que permanece más de seis horas. Durante el estudio se observó que en varias ocasiones la caña pasa almacenada en el patio hasta doce horas. Es necesario tomar en cuenta que la caña cuando es cortada no se traslada inmediatamente al Ingenio, sino pasa cierto tiempo en el campo. Por lo que, la caña que se almacena en el patio se le incrementa las horas que ya traía desde su quema-corte. Por lo anterior, es de vital importancia que la caña que se almacena en el patio no pase más de seis horas almacenada.

3. Reducir la cantidad de caña maltratada en el patio. La caña maltratada es un factor que no se puede evitar. Cuando las grúas descargan la caña en las mesas, cierta parte de la caña no entra en la mesa y cae en el camino de los camiones. Debido a que se debe mantener un flujo constante, los camiones no dejan de transitar y estos pasan encima de la caña que esta tirada. Cuando la cantidad de caña aplastada es abundante, los cargadores frontales se encargan de mover esa caña y la colocan en un pequeño espacio a la par de la mesa del tándem A. También cuando los cargadores frontales mueven la caña de un área a otra, cierta cantidad de caña se queda tirada en el camino y tanto los cargadores frontales como los camiones pasan encima de la caña y la aplastan. La caña maltratada puede pasar hasta más de seis horas almacenada en el patio y esto produce que el deterioro sea mayor, de ahí que es importante que se disminuya la cantidad de caña maltratada en el patio debido al deterioro que sufre y de igual manera se agrega a los conductores.

4. Mantener volúmenes de caña adecuados en el patio. Dentro del patio se crean grandes montículos de caña. El problema con estos montículos es que la primera caña que se almacena en el patio se queda hasta abajo y se acumula caña encima de esta hasta formar los grandes montículos. Esta caña no sólo es la primera en acumularse en el patio sino también es la última caña que se agrega a los conductores y en consecuencia esta lleva más deterioro. Se dejó a criterio del supervisor la cantidad de caña que se debe almacenar en el patio, pero se recomendó de mantener volúmenes de caña apropiados con el objetivo de evitar que se formen montículos de caña, reducir el volumen de caña en deterioro y tener el volumen de caña necesaria para suplir la demanda de los molinos en caso de emergencia.

5. El manejo de 2 áreas en el patio. Se determinó que para un buen manejo de la caña en el patio y la reducción del deterioro de la misma, se debe manejar solamente dos áreas. El área I, es el área donde se descarga la caña en el patio. El área II, es un área que queda en medio de las dos mesas.

El manejo de sólo sólo áreas de caña en el patio es un factor importante dentro del manejo de la caña en el patio, el objetivo principal es reducir el volumen de caña en el patio para que el manejo de la misma sea más eficiente.

Para una mejor apreciación de las áreas donde se almacenará la caña se utilizó la herramienta de *Google Earth*, con esta herramienta se ubicó en un mapa virtual la localización del Ingenio Pantaleón y se delimitó las áreas que se utilizarán para el almacenamiento de la caña en el patio, (Ver Ilustración No. 79).

Ilustración No. 79 – Área I y II.



6. Control operativo de patio. El objetivo principal de este control es que el supervisor de patio tome la decisión de almacenar o no almacenar la caña en el patio a partir de los resultados de los análisis que realiza el técnico de laboratorio y además que este tenga un control de los movimientos de la caña dentro del patio. El control inicia en el momento que el conductor del camión entrega la boleta de envío al supervisor de patio. Esta boleta contiene información referente a la caña como: peso del camión, hora de entrada al Ingenio, tándem a donde se dirige la caña, tipo de caña (granel o mecanizada), número de finca de donde viene la caña y el número de OT (código del camión). Para que el supervisor recopile y guarde esta información se creó una hoja de registro, (Ver Tabla No. 56). El diseño de la hoja de registro es el siguiente:

1. **No.:** Este campo se anota el número de orden de entrada de caña al patio
2. **Camión:** En este campo se anota el OT del camión.
3. **Hora:** En este campo se anota la hora de entrada de la caña al patio.
4. **Hora traslado de la última caña:** En este campo se anota la hora en que traslada toda la caña del área I al área II.
5. **Hora molida última caña:** En este campo se anota la hora en que se introduce la última caña al conductor.
6. **Tándem A o B:** En este campo se anota en que tándem se introduce la caña.
7. **Resultado Control Microbiológico:** Este campo lo llena el técnico de laboratorio después de haber analizado la caña almacenada en el patio. En este campo se anota cual fue el resultado de los análisis, se describe en qué estado (buena, observación o emergencia) se encuentra la caña.
8. **Orientación Control Microbiológico:** Este campo lo llena el técnico de laboratorio y es para complementar el control operativo. En este campo se anota que debe de hacer el supervisor de patio con el resultado del control microbiológico, es decir, se le indica al supervisor que hacer con la caña en cada estado en que se encuentre.
9. **Observaciones:** Este campo es para que el supervisor de patio anote cualquier observación que el note durante el proceso del manejo de la caña en el patio. Para ayudar al trabajo del supervisor de patio se le solicitó al técnico del laboratorio que apuntara el número de finca que tienen en la base de datos del laboratorio.

Con la información completa, el supervisor de patio realiza el control. En este control el supervisor de patio revisa en qué estado se encuentra la caña que entra al patio. Si el estado de la caña es bueno, ésta puede estar en el patio. Si el estado de la caña es malo o en observación esta se descarta y no se introduce en el patio. Si los resultados muestran que cierta caña viene en estado de observación o emergencia y esa caña está almacenada en el patio, ésta se introduce inmediatamente en los conductores para evitar que se siga deteriorando y se agrega otra caña en el patio.

7. Control operativo Microbiológico de Laboratorio de Caña. El objetivo principal de este control es que el técnico de laboratorio analice la caña que se almacena en el patio para determinar la calidad de la caña y poder transmitir esta información al supervisor de patio. También se estableció un muestreo sistemático para los diferentes turnos que se manejan en el ingenio. El control inicia cuando el técnico del laboratorio toma los la hoja de registro del control operativo microbiológico de patio del turno anterior y del turno actual y recopile la información necesaria para realizar el control. Para que el técnico del laboratorio recopile y guarde esa información se creó una hoja de registro, (Ver Tabla No. 55); esta hoja de registro sirve también para apuntar los resultados del análisis de la caña. El diseño de la hoja de registro es el siguiente:

1. **Camión:** En este campo se anota el número de OT que tiene el supervisor de patio en su hoja de registro.
2. **Finca:** En este campo se anota el número de finca correspondiente al OT que tienen en la base de datos del laboratorio.
3. **Hora:** En este campo se anota la hora en que se realizó la prueba de la resazurina a la caña.
4. **No:** En este campo se anota el número de muestra que aparece en el registro diario de CM.
5. **CM:** En este campo se anota el resultado de la prueba de CM.
6. **Observaciones:** Se agregó este campo para que el técnico de laboratorio agregara cualquier observación que haya encontrado durante el análisis.

Se agregaron dos campos más en el registro. Uno fue para un segundo muestreo y otro para un tercer muestreo. Se agregaron estos campos con el propósito de que si el técnico de laboratorio necesitara realizar más muestreos tuviera un lugar para anotar los resultados de los análisis.

Con estos datos el técnico de laboratorio puede terminar el control operativo microbiológico. Después de tener los resultados, el técnico de laboratorio compara sus resultados de CM con los resultados del control de muestras malas. Este control determina, según la cantidad de resultados de CM de una determinada finca, en qué estado se encuentra la finca. La finca puede estar en estado buena, estado de observación y estado de emergencia. Se determinó que si la finca se encuentra en estado buena, toda caña que proceda de esta finca es apta para que se almacene en el patio. También, se determinó que si la finca se encuentra en estado de observación o emergencia, toda caña que proceda de esta finca no es apta para que se almacene en el patio.

Después de comparar los resultados de CM con los resultados del control de muestras malas, el técnico de laboratorio determina en qué estado se encuentran las fincas y llena el registro del supervisor de patio con estos resultados. En la columna de resultado control microbiológico se anota en qué estado se encuentran las fincas y en la columna de orientación control microbiológico se determina que si la finca se encuentra en estado buena no se escribiría nada y si la finca se encuentra en estado de observación o emergencia se escribiría descartar. En el cuadro de observación se decidió que el técnico de laboratorio escribiera el número de finca para que el supervisor tuviera más control sobre la caña que entra al patio.

El propósito de realizar este control con la hoja de registro del turno anterior es para que el supervisor tenga una referencia sobre el estado de la caña que entra al patio y para que en su turno pueda tomar las decisiones correctas a partir de este registro.

Si el técnico de laboratorio encuentra un resultado de una finca mala o en observación que se ingreso al patio después de haber realizado el control operativo microbiológico, este debe avisar al supervisor de patio sobre el estado en que se encuentra la caña, para que el supervisor la ingrese inmediatamente en los conductores y agregue otra caña en el patio.

Parte del control operativo es el muestreo sistemático que el técnico de laboratorio debe realizar. El objetivo de este muestreo, es para llevar un control de la caña del fondo de la pila dy de la caña maltratada. Para recopilar esta información se agregó una tabla en la parte inferior de la hoja de registro del control operativo microbiológico del laboratorio de caña. El diseño de esta tabla fue la siguiente:

1. **No.:** En este campo se agrega el número de orden de la toma de muestra.
2. **Lugar:** En este campo se anota de qué lugar se tomó la muestra.
3. **Hora:** En este campo se anota a qué hora se realizó el análisis de CM.
4. **Detalle:** En este campo se anota qué tipo de caña se muestreo.
5. **CM:** En este campo se anota el resultado del análisis de CM

8. Observaciones: En este campo se anota cualquier observación que se haya encontrado durante el análisis.

El trabajo principal del técnico de laboratorio es realizar las pruebas de CM y debido a que en el Ingenio hay un flujo constante del ingreso de caña, todo el tiempo los técnicos de laboratorio están realizando estas pruebas. El tiempo libre que tienen es muy limitado por lo que se decidió que se realizará el control en el tiempo más conveniente para ellos.

9. Manejo de la caña según escenarios

a. Caña maleteada. Como se mencionó anteriormente, la caña verde o maleteada, es la caña que se corta manualmente pero tiene la característica que se corta verde es decir que esta caña no se quema y viene en forma de maleta. Esta caña tiene la particularidad que no es muy frecuente debido a la dificultad de cortarla verde por lo cual no ingresa todos los días al ingenio. La caña maleteada llega a ciertos horarios durante el día. Regularmente la caña llega en la mañana en un horario de 9 a.m. – 11 a.m. y por la tarde llega en un horario de 3 p.m. – 6 p.m., la caña llega en forma de maleta y se almacena en el patio aproximadamente de 25 – 50 toneladas. Esta caña es colocada a la par de la mesa del tándem B, se coloca en esa área debido al espacio reducido del patio y por razones de espacio esta caña es rápidamente introducida en los conductores. Durante este proceso hay que evitar que la caña maleteada se mezcle con la caña a granel. En este escenario no es necesario realizar el control operativo microbiológico debido a que este tipo de caña se introduce a los conductores en un corto período de tiempo.

b. Demanda inmediata por emergencia. Lo ideal para el ingenio es eliminar la caña del patio, pero no es posible ya que hay situaciones en donde la caña del patio es necesaria para mantener un flujo ininterrumpido en el proceso de extracción de jugo. Cuando surge alguna emergencia y el flujo es suspendido, los supervisores de patio son los encargados que los molinos sigan trabajando y se empieza a introducir la caña del patio en los conductores. Hay situaciones en las cuales la caña en el patio no es suficiente y el supervisor solicita más caña con el periférico, este manda los camiones y estos pasan directamente al área de descarga. Esta caña entra directamente a los conductores y de esa manera se repite el proceso hasta que la demanda de los molinos sea satisfecha o la emergencia pueda ser resuelta. En este escenario no es necesario realizar el control operativo microbiológico debido a que este tipo de caña se introduce a los conductores en un corto período de tiempo.

c. Trabajo Estándar I. El trabajo estándar es el trabajo cotidiano. Se estableció una metodología para el manejo diario de la caña en el patio. Cada vez que el supervisor de patio solicitara caña al periférico, éste debe enviar primero el camión al *Core Sampler* para tomar una muestra a la caña. Se utiliza el *Core Sampler* para ahorrar tiempo al técnico del laboratorio y así pueda hacer todos los análisis necesarios para realizar el control operativo microbiológico del laboratorio. Después de que se toma la muestra, el supervisor de patio realiza el control operativo microbiológico de patio. Si el camión pasa el control operativo microbiológico, el supervisor le indica que descargue la caña en el patio y se realiza el proceso del manejo de caña en el patio.

d. Trabajo Estándar II. Se estableció esta metodología para las situaciones en que había mucha cola en el *Core Sampler* y se necesitaba la caña en el patio. El supervisor no puede esperar a que el tráiler pase por el *Core Sampler* así que este pasa directo al patio. Antes que el camión entre al patio el supervisor de patio realiza el control operativo de patio. Si el camión pasa el control operativo, el supervisor le indica que descargue la caña en el patio. Cuando la caña se descarga en el patio, el supervisor debe avisar al técnico del laboratorio para que este venga al patio y tome una muestra de la caña almacenada. Luego que se toma la muestra se realiza el proceso del manejo de caña en el patio.

I. Presentación a personal involucrado del manejo de caña en el patio

El 24 de marzo de 2012 a las 11:00 a.m., se realizó la presentación de la propuesta de estandarización del manejo de la caña en el patio al grupo técnico conformado por: el supervisor de patio, el supervisor de extracción de jugo de los molinos, el técnico de laboratorio y el jefe de molinos. Por no disponer de cañonera, la presentación se realizó desde una computadora portátil. La presentación tuvo una duración de aproximadamente 30 minutos. Sin embargo, la reunión se extendió debido a dudas y comentarios que surgieron del personal encargado sobre el tema propuesto.

1. Comentarios y sugerencias realizados por el personal encargado del manejo de caña en el patio

- Se aprobó el uso de una hoja de registro que ayuda a identificar la cantidad de tiempo que ha pasado cada montículo de caña en el patio. Sin embargo, la principal inquietud del supervisor de patio fue cómo llenar dicha hoja de registro; Y debido a esto el supervisor de patio, encontró dificultades para entender el formato de la hoja mencionada anteriormente, por lo que se ejemplifico con una situación real.
- Entre la propuesta presentada se sugirió para el trabajo estándar II, que el personal que labora en el patio, llegasen a juntar una muestra de caña para el técnico de laboratorio y llevársela al laboratorio; El supervisor de patio no estaba de acuerdo con esta propuesta debido a que el personal del patio esta siempre ocupado con el manejo de caña en el patio y dio como sugerencia que podrían juntar la muestra de caña y dejarla en la oficina del supervisor.
- El supervisor de patio dio su aprobación con el método propuesto para el manejo de caña en el patio y expresó que siempre trata de manejar un volumen pequeño de caña en el patio y trata que la caña no permanezca en el patio más de 12 horas.
- El jefe de molinos expresó que el método propuesto era realizable y aprobó su inmediata implementación; Expresó su agrado con respecto a la presentación, pues del propósito de la misma es que las personas encargadas del manejo de caña en el patio se informen acerca de la importancia de un manejo adecuado y del impacto que ellos pueden causar a la empresa.

J. Implementación de la metodología

1. Capacitación. Para iniciar la aplicación de la nueva metodología, se tuvo que capacitar a los tres supervisores de patio y a los tres técnicos de laboratorio. El primer paso para la aplicación de la nueva metodología para el manejo de la caña en el patio, fue la capacitación a los supervisores de patio, se transmitió toda la metodología para el nuevo manejo de la caña en patio a los dos supervisores que no pudieron estar presentes en la presentación. Pero se capacitó a los tres supervisores en la parte del control operativo microbiológico. Nuevamente se explico la importancia de llevar un control dentro del patio debido a que no estaban conformes con el control, pues ellos solo percibían que este control significaba más trabajo para ellos. A pesar de estos comentarios de inconformidad los supervisores de patio aprendieron muy rápido cómo llenar las hojas de registros y lo aplicaron inmediatamente.

El segundo paso para la aplicación total de la nueva metodología propuesta para el manejo de caña en el patio, fue la capacitación de los técnicos de laboratorio. Aquí el proceso de capacitación fue más difícil. Una parte importante del control es que el técnico de laboratorio tiene que comparar los resultados del análisis de CM para la caña en el patio, con los resultados del control de muestras malas. Los técnicos encontraron demasiada dificultad con esta parte del proceso y por consecuencia no lo hacían. La capacitación duró aproximadamente un mes y todos los técnicos de laboratorio lograron entender cómo realizar el control operativo del laboratorio de caña.

2. Área de patio. La aplicación de la nueva metodología fue de manera inmediata, los supervisores aplicaron los principios para el manejo de los movimientos de caña dentro del patio. En el patio los supervisores utilizaron las dos áreas propuestas y se disminuyo el volumen de caña. Progresivamente fueron aplicando los demás principios de la metodología hasta lograr el cumplimiento total de la metodología.

K. Evaluación de la metodología implementada

1. Cumplimiento de la metodología

a. Área de patio. Los supervisores de patio cumplieron al 100% con la implementación de la nueva metodología. Desafortunadamente al principio los supervisores no pudieron completar el control operativo de patio debido a que la capacitación de los técnicos de laboratorio duró más tiempo. Después de la capacitación de los técnicos de laboratorio, los supervisores de patio obtuvieron la información sobre la calidad de la caña que ingresaba al patio y en consecuencia tenían un mejor control de los movimientos de la misma dentro del patio. Sin embargo, no todos los días los supervisores contaban con esta información debido a la inconsistencia por parte de los técnicos del laboratorio.

b. Laboratorio de caña. La aplicación de la nueva metodología en el laboratorio de caña no fue de manera inmediata, los técnicos del laboratorio encontraron mucha dificultad en llevar a cabo el control operativo microbiológico debido a que no entendían que tenían que hacer. Cada semana se les explicaba nuevamente cómo realizar el control y el muestreo sistemático. El control operativo microbiológico se realizó en el último mes de zafra y tuvo un cumplimiento del 35% debido a la inconsistencia por parte de los técnicos de laboratorio.

L. Evaluación de mejoras establecidas en zafra 2011-2012.

Como se observa en el Tabla No. 9, al comienzo de la zafra 2011/ 2012 el cumplimiento del procedimiento establecido en el instructivo no era una realidad. Se considera que las mejoras propuestas fueron cumplidas aproximadamente en un 60%, por lo que es necesario verificar cuales de ellas son viables para el personal del ingenio, para asegurar un 100% de cumplimiento con el objetivo de mejorar la eficiencia del proceso. Podemos decir que falta de cumplimiento se debe a la falta de capacitación a los operarios de limpieza, los cuales no conocían los cambios realizados al procedimiento en su totalidad. Razón por la cual se cree que algunas de las mejoras propuestas pueden ser sujetas a mejora en la parte de su implementación, dichas propuestas se muestran en Tabla No. 8.

De acuerdo con las propuestas que pueden ser sujetas a mejora, se tomó la decisión de redactar un instructivo mejorado del procedimiento de limpieza en el tándem y elaborar material visual el cual pueda servir como apoyo para su implementación.

M. Redacción del instructivo mejorado del procedimiento de limpieza del tándem. (Procedimiento, Seguridad Industrial, Riesgos)

El instructivo de limpieza mejorado para el operario cumple con los estándares de seguridad industrial y buenas prácticas de manufactura y garantiza que se realice una limpieza más eficiente. Este instructivo incluye un nuevo orden donde se hace énfasis en algunos factores importantes como lo son el procedimiento a seguir, el orden en que debe ser realizada la limpieza, la comunicación entre el control operativo microbiológico operativo y los operarios lo cual mejorará la verificación de puntos críticos y las acciones que deben de ser tomadas con los mismos. Por otra parte se buscó hacer énfasis en los temas de la Seguridad Industrial incluyendo los riesgos a los que el operario se encuentra expuesto con dicha labor y el equipo de protección personal que debe ser utilizado por los mismos. La implementación de dicho instructivo será apoyada con material visual el cual promueve la información y capacitación constante para el operario, incluyendo tres puntos esenciales como los son las medidas que deben ser tomadas antes, durante y después de la limpieza. Este material fue presentado al final de la Zafra 2011/2012 a la directiva de extracción de jugos del ingenio, la cual aprobó para su completa implementación durante la zafra.

N. Monitoreo y evaluación de la implementación del instructivo mejorado del procedimiento de limpieza en el tándem.

Según podemos observar en el Tabla No. 10, al inicio de la zafra se realizó un estudio de tiempo según la división de áreas propuesta previamente por (Iturriaga, 2011) el cual al igual que el elaborado durante la zafra anterior nos muestra que existen deficiencias en los tiempos de limpieza ya que mayor cantidad de tiempo es dedicada al piso, luego al molino interno y por último al molino externo.

Las Gráficas No. 10 y 11 muestran que 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 37% y en el tándem B es 39%. La proporción de limpieza del molino externo es 23% en el tándem A y en el tándem B es 16%. La proporción de limpieza del piso en el tándem A es 40% y en el tándem B es 45%. Se realizaron encuestas a los operarios con el fin de conocer las causas por las cuales los tiempos de limpieza no se encontraban distribuidos de forma correcta, se llegó a la conclusión que la capacitación impartida como inicio de la implementación a los operarios sobre el nuevo procedimiento de mejora fue deficiente, por lo que estos aun se encontraban enfocando su limpieza en áreas incorrectas y realizando su trabajo como lo realizaban previamente. Es por esto que se decidió elaborar una hoja de registro para la toma de tiempos y la calidad de limpieza la cual asistiría a los operarios y supervisores de limpieza en conjunto con el control operativo microbiológico el poder llevar un control del procedimiento de limpieza.

Debido a las deficiencias detectadas en el inicio de la implementación del instructivo y el nuevo procedimiento de limpieza durante el inicio de la zafra 2011/2012 se decidió diseñar una hoja de registro con la cual se llevaría a cabo el monitoreo del procedimiento de limpieza en cuanto a la calidad y tiempos del mismo. (Ver Anexo, Hojas de control de limpieza en el tándem)

Durante el último periodo de la zafra 2011/ 2012 el cual fue de mes y medio, se realizó un estudio de tiempos utilizando las mismas, con el fin de darle seguimiento a la implementación del nuevo procedimiento de limpieza.

Con este nuevo estudio de tiempos se obtuvieron resultados más positivos como podemos observar en las Gráficas No. 12 y 13, probablemente debido al constante control y trabajo en conjunto entre el control microbiológico operativo y los operarios de limpieza; ya que la mayor cantidad de tiempo es dedicada al molino interno, luego al molino externo y por último al piso. Por lo que es una realidad que existen mejoras significativas con el uso del nuevo procedimiento de limpieza y las hojas de control. Sin embargo estos resultados pueden ser sujetos a mejora ya que se tuvo que enfrentar resistencia al cambio por parte de los operarios de limpieza debido a la supervisión continua de sus labores y también del operario de control operativo microbiológico, ya que se tuvieron reclamos en cuanto al tiempo de llenado de las hojas de control. Por lo que se tomó la decisión de darle continuidad a este método de control el cual será sujeto a mejora

durante la zafra 2012/2013 para su implementación definitiva como una herramienta de control para el área de extracción de jugos.

O. Implementación de métodos de comunicación entre el control operativo microbiológico y los operarios del tándem.

En el semáforo microbiológico mencionado en la sección 4 de resultados, los puntos críticos se encontrarán identificados como críticos por una señal roja en el semáforo correspondiente al molino donde sea detectada la actividad microbiológica anormal, dicha identificación será colocada por el operario del Control Operativo Microbiológico y será monitoreada en todo momento.

El operario de limpieza debe prestar atención a los colores que estarán identificando algún punto como crítico. Al visualizar la señal roja deben enfocar su limpieza especialmente en esos puntos, los cuales serían monitoreados por el operario de Control Operativo Microbiológico; quien deberá continuar con dicho estado de alerta hasta que la señal sea cambiada indicando que se tiene un nivel de actividad microbiológica aceptable, convirtiéndolo en un punto no crítico.

El semáforo fue presentado a la dirección de molinos en junio de 2012 y se llevará a cabo su implementación durante la zafra 2012/2013.

Ilustración No. 80 – Presentación de semáforo microbiológico a jefe de área de molinos, Ingenio Pantaleón.



Ilustración No. 81 – Presentación de semáforo microbiológico a personal de área de molinos, Ingenio Pantaleón.



P. Evaluación de los costos asociados al uso de desinfectantes como complemento de la limpieza en el tándem.

Luego de realizar la cotización con la cual se obtuvieron los precios de los bactericidas utilizados por el Ingenio Pantaleón, se procedió a realizar una comparación entre los bactericidas Labs SMB® y Betastab® 10 A (Tabla No. 12) los cuales fueron sometidos a un análisis por los compañeros de Ingeniería Química de la Universidad del Valle de Guatemala para poder conocer las cantidades necesarias de aplicación para el control de los microorganismos. Dicho análisis dio como resultado que la cantidad de aplicación recomendada es de 800 ppm o 15 L, se obtuvieron resultados positivos también con una cantidad de 1000 ppm, sin embargo se ahorraría el costo de 200 ppm, las cuales no influyen de manera representativa en la disminución del coeficiente microbiológico.

Se puede observar en los Cuadros No. 10 y 11, que el bactericida con el cual se obtuvo un costo menor fue el Labs SMB®; sin embargo, existen ciertas limitaciones en cuanto a la cantidad de aplicación requerida para el uso de este bactericida debido a que su principio activo es de origen químico. El Ingenio se encuentra certificado por la ISO- 22000, la cual indica que solamente se pueden utilizar altas cantidades de bactericidas cuyo principio activo sea de origen

biológico. Las cantidades óptimas de bactericida a ser aplicado que fueron calculadas por los compañeros de Ingeniería Química de la Universidad del Valle de Guatemala sobrepasan las cantidades permitidas por dicha certificación para la aplicación de Labs SMB®. Por lo anterior, el Ingenio Pantaleón deberá utilizar el bactericida Betastab® 10A, aun teniendo un costo mayor como lo muestra el Tabla No. 14, ya que usado en cantidades óptimas de aplicación provee mayor reducción del coeficiente microbiológico.

Q. Análisis de dosis óptima de aplicación de bactericida a escala de laboratorio.

El objetivo era determinar la dosis óptima de aplicación de bactericida a escala laboratorio. A través del análisis con el test de resazurina realizado para cada una de las muestras descritas en la metodología (diferentes concentraciones de bactericida), se obtienen los coeficientes microbiológicos de la Tabla No. 58. A partir de esta tabla se realizó la Gráfica No. 14. Por problemas de organización del Laboratorio del Ingenio Pantaleón no se podían compara los dos bactericidas al mismo tiempo, por lo que se realizaron valores porcentuales de la disminución del coeficiente microbiológico respecto a la muestra testigo 1, que fue la muestra analizada inmediatamente después de muestrear.

Como se observa en la Gráfica No. 15 (Tabla No. 59), las dosis más efectivas son 600, 800 y 1000 ppm, el bactericida más efectivo a estas concentraciones es el SMB. También se observa que a bajas concentraciones el bactericida más efectivo es el Betestab.

Para determinar cuál de las concentraciones mencionadas anteriormente es la más efectiva, se realizaron más análisis de jugo con estas concentraciones de bactericida, los coeficientes microbiológicos obtenidos se muestran en la Tabla No. 60. A partir de los datos descritos en dicha tabla, se obtuvieron las Gráficas No. 15 y No. 16, para tándem A y B respectivamente. Para estos datos también se realizó el porcentaje de disminución de coeficiente microbiológico (ver Anexo), estos valores se muestran en la Tabla No. 60, con dichos datos se obtuvo la Gráfica No. 17.

En la Gráfica No. 17, se puede observar que las concentraciones más efectivas son 800 y 1000 ppm, con una diferencia mínima, por lo que para el uso industrial se recomendaría utilizar 800 ppm ya que es igual de efectiva que 1000 ppm y se ahorraría el costo de 200 ppm que no influyen de manera representativa en la disminución del coeficiente microbiológico. En la

comparación de los dos tipos de bactericidas, se confirma que a estas concentraciones el bactericida más efectivo es el Labs SMB®.

Para evaluar el comportamiento del coeficiente microbiológico respecto al porcentaje de inhibición del bactericida a diferentes concentraciones, se utilizó la Gráfica No. 15 obtenida de los datos de la Tabla No. 61. En dicha gráfica se observa que a mayor coeficiente microbiológico inicial es mayor la relación de inhibición y se obtiene un crecimiento exponencial del porcentaje de inhibición del bactericida utilizado; esto indica que el bactericida tiene mayor efecto en las muestras de jugo que poseen mayor actividad microbiológica.

R. Representatividad del jugo primario como indicador de la calidad de la caña que entra a los molinos.

El objetivo era determinar la representatividad del jugo primario como indicador de la calidad de la fibra de caña que ingresa a los molinos. Al analizar el jugo primario y el jugo obtenido de la fibra que ingresa al primer molino, se obtuvieron diferentes coeficientes microbiológicos, antes y después del lavado de molinos, los cuales se describen en las Tablas No. 62 y No. 63, para el tándem A y B respectivamente. A partir de estos datos se obtuvieron las Gráficas No. 4 y No. 5.

En las Gráficas No. 17 y No. 18, se observa que la muestra extraída de la fibra siempre presenta un coeficiente microbiológico mayor que el del jugo primario, en ambos tándemes. También se observa que en el jugo primario del tándem B es menor el indicador de actividad microbiana que el del tándem A, entonces se puede decir que la tendencia es que la fibra que llega más contaminada se contamina menos durante el proceso de extracción. Por lo tanto no es que un tándem se limpie mejor que otro, ya se tiene una población más grande el índice de crecimiento va a ser menor. (O. Nuñez, 2012)

Por lo tanto, en el tándem B al tener menor diferencia entre los coeficientes microbiológicos de la fibra y el jugo primario, tiene más tendencia al incremento de la actividad microbiológica en el molino.

Con los resultados de las gráficas mencionadas anteriormente, se generan dos hipótesis:

- cuando fue analizado el coeficiente microbiológico del jugo primario se evalúa la contaminación de la fibra entrante (como calidad de caña).

- se evalúa conjuntamente la calidad de la caña, más la contaminación del jugo adquirida en el segundo molino;

De ser cierta la segunda hipótesis la limpieza debería disminuir el coeficiente microbiológico del jugo primario, ya que actúa directamente sobre el mismo y analizar el jugo no podría considerarse un indicador de la caña que ingresa a los molinos.

Con los datos obtenidos de las Tablas No. 64 y No. 65, se realizó el cálculo del porcentaje de disminución del coeficiente microbiológico antes y después de lavado respecto a la fibra entrante en cada tándem, a partir de estos datos (Tabla No. 66), se obtuvo la Gráfica No. 19.

De acuerdo con la Gráfica No. 19, se puede decir que en el tándem A muestra un porcentaje de disminución del coeficiente microbiológico de 3%, mientras que el tándem B muestra un porcentaje de disminución del coeficiente microbiológico de 1%, ambos resultados indican que el lavado sí tiene influencia en la disminución de la actividad microbiológica del jugo, por lo que el jugo primario no se puede considerar como un indicador de la actividad microbiológica de que posee la caña que ingresa a los molinos.

Ya que las muestras se tomaron cada 5 minutos, como se indica en el punto B de la metodología, se puede obtener el porcentaje de disminución del coeficiente microbiológico respecto a la fibra, en 5, 10 y 15 minutos antes y después del lavado, estos valores porcentuales se muestran en la Tabla No. 67, y a partir de los mismo se obtiene la Gráfica No. 20.

En la Gráfica No. 19 se observa que el efecto del lavado en el tándem A se ve a los 5 minutos después de que se lava el mismo, ya que se obtiene un porcentaje de disminución de coeficiente microbiológico de 25%, mientras que el tándem B se nota el efecto de lavado a los 10 minutos después de que se lava el mismo, ya que se obtiene un porcentaje de disminución de coeficiente microbiológico de 10%. El lavado ya no tiene efecto en el tándem A, a los 10 minutos de que se lava el mismo, ya que el porcentaje de disminución del coeficiente microbiológico

disminuye en un 7%, mientras que el tándem B disminuye hasta los 15 minutos en un 2%. En el tándem A ocurre esto, ya que la fibra entrante es más contaminada, por lo que al inicio disminuye rápidamente, por el fenómeno del crecimiento de los microorganismos explicado en el punto anterior (Punto A).

Con los resultados anteriormente descritos se propuso que las muestras que son analizadas regularmente en el Ingenio Pantaleón, debiesen ser tomadas 15 minutos después del lavado en ambos tándemes, para que los resultados obtenidos del coeficiente microbiológico no se vean afectados por el efecto del lavado sobre el jugo y que en la evaluación de puntos críticos que se hace de forma sistemática en el tándem, el primer molino debe ser estudiado y evaluado de forma independiente.

S. Análisis de la actividad microbiológica del tanque de jugo diluido.

El análisis en el tanque de jugo diluido se realizó debido a que este tanque contiene la mayoría del jugo del tándem, por lo que es necesario que este mantenga una actividad microbiológica baja.

Se realizó un análisis del tanque de jugo diluido, del tándem A y B, para determinar los puntos a evaluar. Los puntos elegidos contaban con estancamiento de jugo, esto debido al diseño del tanque o al punto de succión de la bomba. Es importante mencionar que respecto al diseño, el tándem A contaba con un extremo inclinado como se muestra en la Figura No. 4, y con una desarenadora.

Cada uno de los tándemes cuenta con un colador en la parte superior del tanque de jugo diluido, cuya función es quitar la mayor parte de bagazo del jugo que ingresa a dichos tanques.

Por lo que los puntos a evaluar en cada tándem son la entrada del jugo al tanque de jugo diluido (salida del colador), fondo del tanque que se encuentra debajo de la entrada del jugo, fondo del final del tanque, toma muestras de jugo diluido y la entrada de la bomba, tal como se muestra en las Ilustración No. 65 y No. 66.

La Gráfica No. 21, se obtuvo de los coeficientes microbiológicos mostrados en la Tabla No. 68. En general se observa que existen puntos en los tanques de jugo diluido en donde la actividad microbiológica es mucho mayor que la que se obtiene en el toma muestras del mismo, lo que supone que son espacios en donde los microorganismos crecen sin que sean detectados y combatidos adecuadamente; los puntos con valores de coeficiente microbiológico mayor a los del toma muestras, en general se deben a espacios que están por debajo del punto de succión de la bomba del tanque o puntos de estancamiento de jugo, de lo que se infiere la necesidad de mejorar el diseño de los tanques del jugo diluido para que no existan dichos puntos, y el establecimiento de toma muestras en los mismos.

También se observó en esta gráfica, que la entrada del jugo diluido al tanque (salida del colador), muestra actividad microbiológica más alta en el tándem B, por lo que se puede decir que el paso del jugo por el colador incrementa la actividad microbiológica del jugo diluido en dicho tándem, por el contrario al tándem A, que al parecer no se ve afectado por el colador.

Los puntos con mayor coeficiente microbiológico son el fondo del tanque en donde entra el jugo, el fondo del final del tanque (solamente se ve afectado el tándem B) y la entrada de succión de la bomba, lo que debe ser originado, como se muestra en la Ilustración No. 67 y No. 68, porque en estos puntos los tanques muestran cierto estancamiento de jugo. En la Figura No. 67 se observa que el tándem A posee cierta inclinación al fondo del tanque, incidiendo en que en este punto no se vea afectado con el aumento de la actividad microbiológica.

Al comparar los resultados obtenidos para cada uno de los tanques de jugo diluido, se observa que respecto al diseño que el tándem B tiene mayores problemas, ya que el tándem A cuenta con la ventaja de ciertas inclinaciones para que el jugo no se estanque, y además de esto cuenta con una desarenadora que no sólo aumenta el caudal sino que también puede que elimine ciertos lodos que contengan actividad microbiológica alta.

Lo anterior debe ser la causa que el tándem B haya dado resultados de mayor actividad microbiológica en todo el fondo del tanque, por lo que se enfatiza en rediseñar dicho tanque lo más rápido posible. Adicionalmente durante el muestreo se encontraron estructuras de polisacáridos semejantes a lo descrito como biofilms, (O. Nuñez, 2012) solamente en este tándem, dicho polisacárido se muestra en la Figura No. 68.

Después de haber encontrado el polisacárido en el fondo del tanque de jugo diluido del tándem B, durante los paros de tándem se realizó una inspección del tanque y en la parte del colador se encontraron más polisacáridos, los cuales se pueden observar en la Figura No. 68, siendo otro indicador, junto al mayor coeficiente microbiológico mayor en la entrada del jugo al tanque, que hay mayor actividad microbiológica en este tándem que en el A.

Los coladores utilizados en la parte superior de los tanques de jugo diluido de ambos tándemes, poseen ranuras de 30 milésimas de pulgada, aproximadamente 0.76 milímetros, como se muestra en la Figura No. 69. Esto podría ser una causa de acumulación de bagazo, ya que si el material que pasa por dichas ranuras tiene medidas mayores tiende a quedar atrapado, y mientras más tiempo se encuentre atrapado entre el colador mayores serán las probabilidades de aumento en la actividad microbiológica en este punto. Por lo que es necesario que se limpie constantemente dicho colador.

Con lo anterior se ve que los puntos elegidos son representativos para continuar con el análisis de diferentes dosis de bactericida, para determinar su influencia en la actividad microbiológica de los mismos.

T. Influencia de diferentes dosis de bactericida en varios puntos, sobre la disminución de la actividad microbiológica en el jugo diluido.

Con el fin de evaluar el efecto sobre los puntos descritos en el punto anterior se probaron diversos procedimientos para la aplicación de bactericida, comenzando por el procedimiento tradicional utilizado en esta zafra, que es el rebozo del molino 2.

Se eligió aplicar el bactericida en el rebozo del molino 2, debido a que la ruta que tendría el jugo con bactericida es la siguiente: el rebozo del segundo molino cae sobre el rebozo del tercero, luego la bomba lo succiona y cae en el “colchón de fibra” del primer molino y luego cae a la bandeja, en donde después ingresa al colador que se encuentra sobre el tanque de jugo diluido. Se aplica de esta manera debido a que el tándem maneja un caudal elevado, por lo que el bactericida no tendría el tiempo idóneo para actuar sobre la disminución del coeficiente microbiológico si se aplica directamente en el tanque.

El bactericida utilizado para estos análisis fue Betastab® 10A, ya que el Ingenio Pantaleón está certificado por la ISO- 22000, la cual indica que solamente se pueden utilizar altas cantidades de bactericidas cuyo principio activo sea de origen biológico, y el origen del principio activo del Labs SMB® es químico, por lo que se descarta el uso del mismo para este análisis.

Las dosis aplicadas fueron de 15 y 20 L (875 ± 29.18 ppm, $1,167 \pm 29.18$ ppm respectivamente, mg/dm^3) para el tándem B y 15 L (928 ± 30.93 ppm, mg/dm^3) para el tándem A. En el tándem A solamente se realizó con la dosis de 15 L debido a que se realizó el análisis primero en el tándem B y con 20 L no tiene mayor efecto sobre los puntos críticos de actividad microbiológica. Los resultados obtenidos para el tándem A se muestran en la Gráfica No. 22 (obtenida de la Tabla No. 69, Anexo).

En la Gráfica No. 22, se observó que en la entrada del jugo diluido al tanque (salida del colador), muestra efecto el bactericida a los 5 minutos de ser aplicado y se ve el efecto del bactericida sobre la actividad microbiológica en dicho punto hasta 15 minutos después de su aplicación, a los 20 minutos el coeficiente microbiológico aumenta por lo que se puede decir que dicho efecto se desapareció. Es probable que en este punto se vea el efecto rápidamente ya que es el punto más cercano al rebozo del molino 2, y no posee estancamientos de jugo en donde la actividad microbiológica tenga probabilidades de aumentar.

Al contrario de los dos puntos descritos anteriormente, la entrada al punto de succión de la bomba, no muestra mayor disminución del coeficiente microbiológico al aplicar el bactericida, y el fondo de la entrada de jugo diluido no se ve afectado por el bactericida, ya que mantiene el coeficiente microbiológico durante los primeros 10 minutos, y después aumenta.

En la Gráfica No. 23 (obtenida de los datos de la Tabla No. 70, Anexo), se observa que al contrario del tándem A, no se muestra mayor efecto de bactericida en la entrada de jugo diluido al tanque (salida del colador), puede que se deba a la acumulación de polisacáridos que se da en este punto. También se observa que el punto que posee el mayor coeficiente microbiológico es el fondo de la entrada de jugo al tanque.

En la Gráfica No. 24 (obtenida de los datos de la Tabla No. 71, Anexo), se observa que al aplicar 20 litros ($1,167 \pm 29.18$ ppm, mg/dm^3 , Anexo) de bactericida en el tándem B muestra un comportamiento similar al descrito anteriormente para la aplicación de 15 litros (875 ± 29.18

ppm, mg/dm³, Anexo), por lo que no es significativo aumentar la dosis de bactericida ya que significaría mayor gasto sin aumentar la efectividad sobre la disminución de la actividad microbiológica en el jugo diluido.

Con los resultados descritos anteriormente se confirmó que la dosis efectiva de bactericida obtenida a escala laboratorio, es la misma a escala industrial, que es mayor de 800 ppm (mg/dm³).

U. Evaluar preliminarmente la utilización de dispositivo para aplicar bactericida en puntos de difícil acceso.

Con el fin de tener una referencia del jugo que entra al primer molino en este análisis también se muestreó el jugo primario, además era necesario muestrear el jugo diluido entrante al tanque (jugo saliente del colador), esto para determinar si la actividad microbiológica del fondo era mayor, es decir, si siempre mostraba el comportamiento descrito anteriormente.

Para el tándem A se colocó el embudo en el fondo de la entrada del jugo diluido al tanque, esto debido que este punto de análisis mostraba el mayor coeficiente microbiológico en análisis anteriores, esto se realizó de la misma manera para el tándem B.

En las Gráficas No. 25 y No. 26 (obtenidas de las Tablas No. 72 y No. 73 respectivamente, Anexo), se describen los coeficientes microbiológicos obtenidos para el tándem A y B, después de la aplicación de bactericida por el embudo.

Al comparar la Gráfica No. 24 con la Gráfica No. 22 (análisis sin embudo), ambas gráficas para el tándem A, se observó que el embudo es efectivo y que 15 minutos después el coeficiente microbiológico sigue disminuyendo; si observamos la Gráfica No. 24 se observó que el tiempo en el que la actividad microbiológica disminuye mayormente, es a los 20 minutos. Después de 20 minutos se puede observar que el coeficiente microbiológico aumenta en el fondo de la entrada de jugo, puede explicarse por el caudal grande que se tiene en este punto del tanque, ya que se encuentra cerca la entrada a la desarenadora.

Al comparar la Gráfica No. 25 con la Gráfica No. 23 (análisis sin embudo), ambas gráficas para el tándem B, se observó que de igual manera que en el tándem A, el embudo presenta mayor eficiencia en la disminución de la actividad microbiológica. A diferencia del

tándem A, al observar la Gráfica No. 25, a los 20 minutos de la aplicación del bactericida el coeficiente microbiológico sigue disminuyendo, por lo que se puede decir que el embudo es más eficiente en el tándem B que en el A.

De acuerdo con los resultados obtenidos se generan tres propuestas de solución para el problema de estancamiento de jugo en los tanque de jugo diluido, la primera es la implementación de dispositivos auxiliares (embudos) en los puntos críticos analizados, además colocar un toma muestras en estos puntos para que se aplique bactericida por el embudo solamente cuando la actividad microbiológica en dichos puntos sea alta. La ubicación de los dispositivos auxiliares se describe en la Ilustración No. 70 y No. 71, para el tándem A y B respectivamente.

La segunda propuesta sería el rediseño de las algunas áreas de cada tanque, con el fin de eliminar puntos de estancamiento de jugo en los mismos, tal y como se describe en la Ilustración No. 72 y No. 73, para el tándem A y B respectivamente.

La tercera propuesta consiste en rediseñar totalmente cada tanque, ya que según la norma API 650 y API 620, el diseño del tanque debe ser optimizado para eliminar puntos de estancamiento del fluido, para que el mismo sea succionado totalmente, el diseño propuesto se muestra en la Ilustración No. 74, para el tándem A y B respectivamente.

V. Levantamiento del área de tratamiento de lodos.

El objetivo fue realizar el levantamiento del área de tratamiento de lodos, para esto se visitó varias veces el lugar, el área cuenta con 6 filtros rotatorios de vacío, que succionan el jugo de los lodos provenientes de los clarificadores. Existen dos tipos de filtro de vacío, el tipo 1 que cuenta con la alimentación y la descarga por los costados de la bandeja, el tipo 2 que cuenta con la alimentación por la parte lateral de la bandeja y la descarga por la parte frontal de la bandeja, por lo tanto para los dos filtros su punto de alimentación es el mismo, mientras que la descarga en el tipo 1 es el lodo que rebalsa en la bandeja del filtro, y en el filtro 2 la descarga es el rebalse por la parte inferior del filtro. En total, el área cuenta 3 filtros de tipo 1 (filtros 2, 3 y 6) y con 3 filtros tipo 2 (filtros 1, 4 y 5).

Con respecto al diseño de los filtros, existen varios elementos que pueden favorecer la actividad microbiana, uno de estos es el tiempo de residencia del lodo dentro de cada filtro, el más afectado es el filtro de vacío tipo 1 ya que tiene la salida de los lodo a un costado, la salida es un rebalse superficial que ayuda a tener un nivel constante dentro del tanque, sin embargo al ser un rebalse solamente superficial esta removiendo el lodo de la parte superior permitiendo estancamiento en la parte inferior del tanque, esto se ve reflejado en la temperatura de la superficie del lodo de cada filtro ya que varía conforme el tipo de filtro.

En comparación con los filtros tipo 2, la salida es un sistema de rebalse por diferencias de altura debido a que la succión se encuentra en la parte inferior del tanque, por lo tanto el flujo de salida es mayor, este a la vez remueve lodo de la parte inferior evitando el problema de estancamiento de los filtros tipo 1.

Los filtros de vacío cuentan con dos sistemas de vacío para succionar el jugo del lodo, el vacío de alta presión que funciona para absorber el jugo mientras el cilindro este sumergido en el lodo y el vacío de baja presión que funciona para evitar que se rompa y se caiga la torta final, al filtro de vacío se le agrega agua en la parte superior para lixiviar el jugo restante en la torta de lodo; la torta final es la cachaza que es raspada con un aspa para desprenderla del cilindro y luego ser utilizada como fertilizante de los campos.

Los seis filtros son alimentados por un tanque de distribución que se divide en secciones como se muestra en la Ilustración No. 95 y No. 96, el tanque de distribución es alimentado por un canal (Ilustración No. 97) donde se juntan los lodos de los cinco clarificadores que se mezclan con bagazo para dar consistencia a la capa en el filtro y con lechada de cal para hacer más permeable la torta de cachaza. Los filtros de vacío son alimentados constantemente por lo que el exceso que no puede ser absorbido se rebalsa y se conduce hacia un tanque de recirculación (Ilustración No. 98) donde se juntan los rebalses de los seis filtros; luego el lodo del tanque de recirculación se bombea hacia el tanque común de alimentación.

El jugo succionado por el vacío de alta presión y de baja presión se dirige hacia un tanque (Ilustración No. 99), para luego ser introducido de nuevo al proceso azucarero, el jugo se envía hacia el tanque de sulfitado y alcalizado.

W. Temperaturas del área del tratamiento de lodos.

La Tabla No. 73 muestra la temperatura promedio de los lodos de cada filtro, si se ordenara desde el filtro con menor temperatura hacia el de mayor temperatura se obtiene: filtro 2 < filtro 1 < filtro 6 < filtro 4 < filtro 5, es importante recalcar que no se cuenta con la temperatura promedio del filtro 3 ya que se mantuvo fuera de servicio durante el tiempo de análisis.

Luego en la Tabla No. 74 se muestra la temperatura promedio de cada sección del tanque de distribución que alimenta cada filtro, si se ordena cada sección por orden de menor a mayor temperatura se obtiene, filtro 1 < filtro 6 < filtro 2 < filtro 5 < filtro 4.

La temperatura de los lodos que salen de los clarificadores es mayor a 80°C por lo que se tomó la decisión de no seguir con el análisis de temperatura en esa área ya que las altas temperaturas no son propensas al desarrollo microbiológico y existe una mayor conservación de los productos.

X. Características microbiológicas de los lodos de los filtros de vacío.

Para analizar las características microbiológicas de los lodos de los filtros de vacío se realizaron 5 análisis, cada filtro se ordenó de forma decreciente en relación a la contaminación microbiológica mostrada en cada análisis.

1. Fermentación espontánea. La Tabla No. 75 muestra las caídas promedio de pH a las 3 y 4 horas de incubación para la corrida 1, tomando como caída 1 el cambio de pH a las 3 horas y como caída 2 el ocurrido a las 4 horas. Los datos de pH inicial, a las 3 y 4 horas de cada corrida se pueden observar en la sección de anexos.

En la Gráfica No. 27 se observa la correlación de los datos de la caída 1 y la caída 2 de pH promedios de la TABLA No. 75, al realizar una regresión lineal para observar la correlación entre los datos se encontró un coeficiente de 0.9661, por lo tanto podemos tomar solamente la caída de pH 1 como dato representativo de la prueba de fermentación espontánea. En un futuro solamente el dato de la caída de pH a las 3 horas es suficiente para determinar si existe o no actividad microbiológica.

En la Gráfica No. 28 se observa la caída de pH promedio de cada muestra para la corrida 1, si los filtros se ordenaran de mayor a menor conforme a la caída de pH se obtiene, filtro 2 > filtro 1 > filtro 6 > filtro 4 > filtro 5.

Es importante mencionar que la corrida 2 no se graficó ya que las caídas de pH no son significativos debido al poco cambio, como se observa en la siguiente tabla.

El poco cambio de pH en las muestras de la corrida 2 confirma que en lodos altas temperaturas existe poca o nula actividad microbiológica. También se ve reflejado cuando se compara la temperatura promedio de cada filtro con la caída de pH promedio, se observa un comportamiento similar.

2. Fermentación espontánea a diferentes concentraciones de bactericida. En las Tablas No. 19, 20, 21 y 22, se muestran las caídas de pH de la corrida 1 con diferentes concentraciones de bactericida, para cada corrida se utilizó un testigo para observar el cambio de pH que tendría la muestra al no agregarle bactericida, así tener información de que tan eficiente es cada concentración de bactericida.

Al graficar los datos de cada tabla (Gráficas No. 29, 30, 31 y 32), se observa que la caída de pH en las muestras de los filtros 1 y 2 se debe únicamente a la actividad microbiológica, ya que agregando grandes cantidades de bactericida no se observa cambio en el pH que puede darse por las altas temperaturas.

Por otro lado se observa que el bactericida es muy efectivo a las concentraciones mayores a 100 ppm (mg/dm^3) (Gráficas No. 29, 30 y 31), por lo tanto una concentración efectiva que elimine la actividad microbiológica en los lodos de los filtros es de aproximadamente 100 ppm, concentraciones más bajas no elimina por completo la actividad microbiológica como se observa en la Gráfica No. 32.

3. Cálculo de las pérdidas de sacarosa asociadas a la actividad microbiológica a partir de la fermentación espontánea. En la Tabla No. 23 se muestran los valores de la estimación de las pérdidas de sacarosa expresadas en porcentaje según el método desarrollado por (Hernández M. , 1986).

En ella se muestra un aproximado de las pérdidas que deben producirse por actividad microbiana en cada uno de los filtros; no se consideró el filtro 5 porque se obtuvo valores muy bajos de caída de pH, y al mismo tiempo, es el único cuya temperatura estuvo siempre por encima de la temperatura experimental en que se desarrolló el ensayo.

Debido a las limitaciones del tiempo de este trabajo no se hicieron mediciones y/o cálculos para conocer el caudal y el tiempo de residencia en cada filtros, datos necesarios para estimar las pérdidas de sacarosa por actividad microbiológica durante períodos de tiempo y en toda la zafra, por lo que se recomienda hacer dichas mediciones en la siguiente, para la que también se propone hacer un monitoreo sistemático de los lodos de los filtros que permita un control operativo sobre la actividad microbiológica en esta área.

4. Test de resazurina. En la siguiente tabla se observan los Coeficientes Microbiológicos (CM) obtenidos con el test de la resazurina de la corrida 1, si las muestras de los filtros se ordenara en forma descendiente se obtiene, filtro 6 > filtro 1 > filtro 2 > filtro 4 > filtro 5, comportamiento similar al mostrado con la prueba de la fermentación espontanea.

5. Conteo de microorganismos. La Tabla No. 25 muestra el conteo de microorganismos, mesófilos y termófilos, se puede observar que en todos los filtros existe presencia de bacterias termófilas, las bacterias pueden sobrevivir a medios hostiles, en este caso las elevadas temperaturas mediante la formación de una estructura muy resistente, la endospora, es una estructura con vida que resiste los cambios fisicoquímicos, la esterilización y desinfección.

En comparación las bacterias mesófilas solamente se encontraron en los filtros 1, 2 y 6, las levaduras mesófilas se encontraron en el filtro 1 y 6, las termófilas en los filtros 1, 5 y 6. La presencia de mohos fue poco significativa, tanto termófilos como mesófilos.

Si ordenamos los filtros de mayor a menor presencia de microorganismos, se observa el siguiente orden, filtro 6 > filtro 1 > filtro 5 > filtro 2 > filtro 4.

Los estudios tintoriales y morfológicos que se realizaron en todas las colonias analizadas resultaron ser Bacilos Gram Positivos Esporulados, que en general son microorganismos que resisten a altas temperaturas por encima de hasta 110°C, crecen y se desarrollan a temperaturas alrededor de 45°C, y algunos casos hasta 55°C.

La conclusión más importante de este ensayo es la presencia de microorganismos en todos los filtros, y en general, su concentración es proporcional a lo esperado según la prueba de la fermentación espontánea y el test de la resazurina.

En los filtros 4 y 5 donde las temperaturas siempre fueron mayores no se encontraron mesófilos, aunque los termófilos fueron más abundantes en algunos casos. Si se toma en cuenta que en estos filtros se encontró menos actividad microbiológica por las pruebas rápidas, esto nos indica que es la microbiota mesófila la más perjudicial, y que las acciones para minimizar dicha actividad deben comenzar por igualar la temperatura de los lodos en todos los filtros a temperaturas alrededor de 60°C.

6. Consideraciones generales. Tomando en cuenta todos los factores (temperatura y diseño) que afectan al desarrollo microbiano, se ordenaron en relación a la contribución de este desarrollo como se observa en la Tabla No. 26.

Los indicadores para detectar el nivel de contaminación (fermentación espontánea, test de resazurina y recuento microbiológico), se ordenaron en relación al nivel de contaminación por indicador utilizado, como se muestra en la Tabla No. 27.

Para analizar el filtro más afectado por los factores y los indicadores, se conformaron valores entre un rango de 0 a 4 puntos para el factor de la temperatura y para los indicadores, con una distribución de la siguiente forma: 4 puntos para el primer lugar, 3 puntos para el segundo lugar, 2 puntos para el tercer lugar, 1 punto para el cuarto lugar y 0 puntos para el quinto lugar.

Para el diseño que se refiere al tipo de filtro de vacío (tipo 1 y tipo 2), una distribución de 4 puntos para el filtro tipo 1 por ser el que más contribuye al desarrollo y un valor de 2 puntos para el filtro tipo 2.

La Tabla No. 28 se obtuvo tomando en cuenta el orden de los factores e indicadores mencionados anteriormente y colocándoles el respectivo puntaje para obtener una puntuación final que sería la suma de los factores e indicadores.

Si los datos de la Gráfica No. 34 los ordenamos de forma descendente en relación a la cantidad de actividad microbiana el resultado es: filtro 6 > filtro 2 > filtro 1 > filtro 4 > filtro 5.

Se observó que los filtros 1, 2 y 6 son donde inciden los mayores problemas coincidiendo los factores estudiados con los indicadores de la actividad microbiológica, por lo que se propone a la dirección de la fábrica mejorar el diseño de los filtros 2 y 6; y mantener la temperatura en todos alrededor de 60°C, así como establecer un monitoreo sistemático para la próxima zafra, para validar los resultados y mejoras realizadas y detectar a tiempo cualquier incremento de dicha actividad.

Y. Desarrollo de un modelo a escala laboratorio del proceso de clarificación y evaporación para medir efectos de la actividad microbiológica

Como desarrollo de un modelo a escala laboratorio de los procesos de clarificación y evaporación para medir efectos de la actividad microbiológica fue necesario clarificar el jugo sulfitado y evaporarlo para evaluar todos los parámetros necesarios: cal en mezcla añadida, porcentaje en lodos y magnitud de las incrustaciones.

Se elaboró una tabla (Tabla No. 30) de retos y soluciones al momento del desarrollo de los métodos mencionados anteriormente. La metodología finalmente usada se encuentra en el capítulo Metodología del presente documento.

Luego de numerosas pruebas se afinaron los métodos de clarificación y evaporación hasta simular ambas a las condiciones dadas dentro del Ingenio, y determinar la validez de ambos al momento de presentar resultados que presentaron congruencia al coincidir con la teoría.

Z. Evaluación de la relación entre la velocidad de deposición, proporción de lodos y la actividad microbiológica en jugo sulfitado. Estimación de pérdidas asociadas

1. Relación entre CM promedio y velocidad de deposición. En la Gráfica No. 35 del capítulo de resultados se muestra la movilización de lodos (% v/v de lodos) por segundo de acuerdo al coeficiente microbiológico del jugo sulfitado, de Tabla No. 100 del anexo.

Como se puede observar, la movilización de la proporción de lodos por segundo disminuye en función del aumento en el coeficiente microbiológico del jugo sulfitado de donde se puede encontrar una relación que según la regresión lineal aplicada, arroja un coeficiente de correlación arriba del 0.98 el cual se considera excelente.

Con base en relación descrita anteriormente, se determinó que por un aumento del 0.1 en el CM de jugo sulfitado se tiene una disminución del 0.0559 de la velocidad de deposición de lodos por segundo lo que provoca un aumento del volumen total de lodos. Debido a la naturaleza del diseño de los clarificadores del Ingenio, siendo estos continuos, cuando un jugo presenta una menor movilización solamente se agrega más floculante sin exceder las 5ppm (mg/dm^3) permitidas por las normas. Por lo tanto para cuantificar las pérdidas que ocurren de haber mayor actividad microbiológica, se tomó el porcentaje de lodos final de cada muestra contra el CM correspondiente, de Tabla No. 101 del anexo.

Como se puede observar en la Gráfica No. 36 del capítulo de resultados, el porcentaje de lodos incrementó proporcionalmente al aumento del CM en jugo sulfitado. En las muestras con bajo CM el aumento en el porcentaje de lodos no fue tan significativo como el que se obtuvo en las muestras con alto CM, tomando en cuenta este aspecto se procedió a obtener una regresión lineal con un coeficiente de correlación lineal de 0.98, este coeficiente es un índice que mide el grado de covariación entre distintas variables relacionadas linealmente y es bastante cercano a 1 lo que indica que la relación de ambos parámetros es bastante cercana a ser lineal. Basado en esta regresión se encontró que por un aumento de CM de 0.1 en jugo sulfitado se tiene un aumento de 11.18% en la proporción de lodos. Esto se traduce a los clarificadores como menor compactación de lodos entonces una mayor cantidad de azúcar estará repartida en los mismos.

En el ingenio está establecido que la cantidad de floculante, que favorece la sedimentación, no debe de exceder las 5ppm (mg/dm^3), pero en el análisis realizado se utilizaron exactamente 5ppm (mg/dm^3) del mismo por lo que, en efecto, no hay un plan de contingencia para minimizar las pérdidas de azúcar en cachaza y se debe, por lo tanto, disminuir la actividad microbiológica. Es decir, al haber una mayor actividad microbiológica la compactación de lodos es menor y esto aumenta el flujo de lodos que conlleva a un incremento en la capacidad de los filtros y, por ende, incrementa las pérdidas de azúcar en cachaza. Como indica la literatura, la microbiota presente en los productos azucarados aumenta la viscosidad por la producción de polisacáridos lo que disminuye la compactación de lodos que resulta en un mayor flujo de lodos en cachaza.

En el análisis realizado se encontró la proporción final de lodos, que también afecta el flujo de los mismos que sale de los clarificadores, con los flujos que maneja cada clarificador, siendo de 0.1514 m³/s y 0.1766 m³/s para dos clarificadores SRI se obtuvo el flujo de lodos al incrementarse la actividad microbiana de jugo sulfitado presentado en la tabla No. 30 del capítulo de resultados. Como se observa en dicha tabla, el flujo de lodos que sale de clarificadores aumenta gradualmente al incrementar la actividad microbiana.

2. Estimación de pérdidas de lodos debido a actividad microbiana. Respecto a las pérdidas de azúcar que acarrea tal incremento en lodos, con los datos de la zafra 2011-2012, se obtiene el siguiente resultado:

$$4,656,806.52 \text{ ton caña} * \frac{4.30 \text{ ton cachaza}}{100 \text{ ton caña}} * \frac{1.20 \text{ ton azucar}}{100 \text{ ton cachaza}} * 11.18\% \text{ incremento lodos} \\ * 33.33\% \text{ flujo de cachaza} = 104.83 \text{ ton azúcar}$$

En la zafra 2011-2012 se obtuvo una pérdida de azúcar de 2,663.23 toneladas en cachaza. Respecto a las toneladas de azúcar incluidas en cachaza, si se aumenta el flujo de lodos aumenta la capacidad de filtros pero el flujo en cachaza se mantiene. Lo que indica que por un aumento en el coeficiente de actividad microbiana de 0.1 en jugo sulfitado se obtendría un incremento de 104.83 toneladas de azúcar perdida, de no perderse todo el azúcar en cachaza un 85% sería recuperable.

Como es conocido, en el Ingenio Pantaleón se está desarrollando un sistema de control microbiano cuyo objetivo es disminuir los efectos de la actividad microbiana y que de forma sistemática se mide el CM del jugo diluido. En un estudio paralelo a este proyecto se determinó que una diferencia de 0.1 en jugo sulfitado representa una diferencia de 0.9 en jugo diluido. Por tanto de acuerdo a lo expresado en el párrafo anterior, también se podría decir que si producto del esfuerzo común en la aplicación de este sistema se logra bajar el CM del jugo diluido en 0.9 unidades en la zafra 2011-2012 se estima una recuperación de 104.83 toneladas de azúcar que representan Q 434,446.67. (Ortiz, 2012)

AA. Evaluación de la relación entre actividad microbiana en jugo sulfitado, la necesidad de cal para ajustar pH y el aumento de incrustaciones en evaporadores.

1. Relación entre necesidad de cal para ajustar pH y coeficiente microbiano.

Seguendo con la metodología propuesta anteriormente, se realizó el análisis para encontrar las pérdidas asociadas en el área de evaporadores debido a la actividad microbiana o al aumento en la misma. Respecto al volumen de sacarato agregado para llevar a pH neutro el jugo sulfitado al momento de la clarificación se graficó este dato con el CM de cada muestra obteniendo la siguiente gráfica de Tabla No. 107 del anexo.

La Gráfica No. 37 del capítulo de resultados, muestra un aumento proporcional de CM promedio y volumen de sacarato. Debido a la regresión lineal realizada a los datos se obtiene un coeficiente de correlación de 0.92 lo que indica un comportamiento bastante lineal por parte de los datos. Si el coeficiente microbiano aumenta en 0.1 el volumen de sacarato incrementa en 3.11% (volumen/volumen). Este dato, como se mencionó anteriormente equivale a un aumento de 0.9 de CM en jugo diluido. La explicación del mayor consumo de sacarato a medida que aumenta la actividad microbiana se atribuye a que los microorganismos producen gran cantidad de ácidos orgánicos débiles lo que indudablemente baja el pH, y lo que es peor, incrementan la capacidad buffer que se define como la resistencia de una solución a cambiar su pH debido al equilibrio entre la molécula del ácido y su sal conjugada.

Cabe mencionar que se encontró que para un jugo sulfitado con baja actividad microbiana se agrega un 1% volumen/volumen de sacarato para llevar a pH neutro según la metodología propuesta, aunque para estandarizar dicha medición es necesario realizar análisis posteriores. En la Gráfica No. 39 del capítulo de resultados se visualiza el porcentaje de sacarato en exceso a partir de la dosis óptima, para cada muestra analizada de Tabla No. 103 del anexo. Donde se puede observar que es evidente el incremento del porcentaje de sacarato en exceso respecto a un jugo con baja actividad microbiana para jugo sulfitado, gracias a la regresión lineal aplicada, es posible decir que por un aumento en 0.1 del coeficiente microbiano en jugo sulfitado, que equivale a 0.9 en CM de jugo diluido, se tiene un aumento del 0.29% en el exceso de sacarato añadido.

2. Incrustaciones asociadas a incremento de actividad microbológica. Como es obvio, las incrustaciones en un evaporador azucarero son inevitables y disminuyen la transferencia de calor entre el metal y el líquido lo que implica mayor demanda de vapor y mayor dificultad de limpieza de las mismas.

En el análisis realizado se determinó la incrustación en kg por área de tubo como se presenta en la Gráfica No. 40 del capítulo de resultados, de la Tabla No. 104 de anexo. Teniendo un diámetro interno de 0.0349 m y una altura de 0.0719 m para cada tubo del análisis.

El comportamiento de la relación entre ambos parámetros presenta una tendencia, que a mayor actividad microbológica en jugo sulfitado, su necesidad de cal aumenta lo que genera una mayor incrustación por unidad de área.

Se trabajó en kg/m^2 para encontrar la masa de incrustación en los evaporadores de tercer efecto, se eligió trabajar con estos cuatro evaporadores ya que a escala laboratorio se ebulló a presión atmosférica al igual que en dicho efecto, aunque los evaporadores con el mismo diámetro interno tengan distinta superficie calórica lo que variaría son los kilogramos de incrustación y sabiendo que los últimos dos efectos no contienen incrustaciones que deban ser removidas químicamente se estableció lo indicado anteriormente. La limitante que se encontró en este análisis es que se llegó hasta obtener de 60 a 65 grados brix, mientras en el tercer efecto del Ingenio se llega a 35-40 grados brix.

Teniendo la superficie calórica promedio de $1,817.21 \text{ m}^2$ (datos proporcionados por el Ingenio), se procedió a encontrar la incrustación formada en cada jugo analizado presentado en la tabla No. 31 del capítulo de resultados. De la cual se graficó el CM promedio de jugo sulfitado y los kilogramos de incrustación formada en el equipo C1-C2-C3-C4 obteniendo la gráfica No. 41 del capítulo de resultados.

La Gráfica No. 41 muestra la relación que existe entre los kilogramos de incrustación y el CM promedio de jugo sulfitado que como puede observarse, va incrementando. Una vez se estableció la regresión lineal que describe a los datos y el coeficiente que la acompaña se procedió a determinar que por 0.1 de aumento en el coeficiente microbológico en jugo sulfitado, que equivale a 0.9 en jugo diluido, se tiene un incremento de 107.8 kg. Independientemente del método de remoción de las incrustaciones, sea físico con la ayuda de un hidrolavadores que

bombear agua a una presión de 1.03421×10^8 Pa, o por método químico con ácido clorhídrico y soda caustica. Este incremento en las incrustaciones se encontrará a lo largo de los evaporadores de tercer efecto por trabajarse a escala laboratorio a las mismas condiciones de evaporación, como se explicó anteriormente.

3. Resultado de la fermentación espontánea en relación al test de resazurina . Como análisis auxiliar se realizó la fermentación espontánea a las distintas muestras de jugo sulfitado. Esto se realizó con vistas a buscar un análisis fiable que sirva de indicador a la actividad microbiológica en el jugo sulfitado debido a que normalmente el test de la resazurina da valores muy bajos, lo que significa demasiado tiempo de análisis. En la Gráfica No. 42 del capítulo de resultados, se presenta la relación entre el CM promedio medido según el test de la resazurina y los valores de Δ pH de la fermentación espontánea datos de la Tabla No. 105 del anexo.

Se obtuvo en este caso que el incremento en el cambio de pH es proporcional al incremento en CM de las muestras de jugo sulfitado. El significado de este resultado es que indica preliminarmente que la prueba de la fermentación espontánea puede usarse como indicador de la actividad microbiana en jugo sulfitado para cualquier control operativo que se establezca.

BB. Selección el número óptimo de campos a observar en la determinación del coeficiente de la elongación de cristales de masas cocidas.

Siguiendo el modelo presentado en la metodología, se procedió a realizar la lectura de las muestras de masas cocidas provenientes de tachos. Como fin último de encontrar el número óptimo de campos a observar, se tomaron las 17 muestras y se realizó la lectura de las dimensiones de cada cristal para obtener el coeficiente de elongación y luego se obtuvo un promedio acumulativo en cada muestra para graficar las mismas y analizar visualmente en qué campo se estabilizaban las mediciones. Al tener las gráficas de cada muestra analizada se separó en cuatro grupos dependiendo del campo en el que se observaba la estabilidad mencionada, siendo estos grupos al campo 3 y 4, campo 5, campo 6, y , campo 7 y dos muestras que no mostraron estabilidad sino luego del campo 7 obteniendo los siguientes resultados.

Para las muestras que se definieron a partir en los campos 3 y 4 se obtuvo la distribución de promedios acumulativos por campo presentada en la gráfica No. 43 del capítulo de resultados, datos provenientes de la Tabla No. 106 de anexo.

Donde el eje “y” representa el coeficiente de elongación de cristales y el eje “x” el número de campos leídos. Dentro de este grupo se encontraron 3 muestras que mostraban una definición en el campo 3 (1) y en el campo 4 (2), como puede observarse hay una tendencia a estabilizarse a partir del campo 5 donde ya no hay grandes variaciones en el coeficiente de elongación. A pesar de separar este grupo en campos 3 y 4, el promedio de todas las muestras se afectaron mutuamente ya que no pertenecían a un mismo campo lo que generó esta discrepancia en la visualización del campo óptimo y éste no estuvo en el campo 3 o 4 para este grupo.

El segundo grupo seleccionado fue el grupo de muestras que se definieron en el campo 5, las cuales fueron 4. Donde se observó una tendencia clara en la estabilidad del coeficiente de elongación de cristales luego de los primeros 4 campos. Para las muestras que se definieron a partir del campo previamente mencionado, se obtuvo la distribución de promedios acumulativos por campo presentada en la gráfica No. 44 del capítulo de resultados, datos provenientes de la Tabla No. 107 de anexo.

En la dicha gráfica se puede observar que el campo 4 presentó un pico que descontroló la tendencia de este grupo de muestras. Este pico pudo deberse a un cristal elongado ya que a lo largo del análisis se pudo determinar que los cristales que presentaban un coeficiente de elongación bastante mayor a 1, modificaban la tendencia de la muestra gravemente.

Como se mencionó anteriormente, a partir del campo 5 se observa una estabilización en el promedio del coeficiente de elongación que su diferencia a partir de ese campo no es mayor a 0.01 lo que demuestra un buen comportamiento para estas cuatro muestras. Si bien como en el grupo pasado los promedios si afectaron mutuamente las muestras, en este caso como se trata de un mismo campo las muestras se comportaron como se predijo.

El siguiente grupo fue el de las muestras que se definieron en el campo 6, constando éste de siete muestras. En la gráfica No. 45 del capítulo de resultados se muestra la tendencia de las muestras previamente mencionadas a partir de los datos de la tabla No. 108 y No. 109 de anexo.

En la gráfica de las muestras que mostraron una tendencia a definirse a partir del campo 6 se puede observar que el primer campo se sale totalmente del rango manejado por el resto de muestras donde pudo ocurrir lo mencionado anteriormente sobre los cristales que presentaban un coeficiente de elongación bastante mayor a uno. Al igual que las muestras que se definieron a

partir del campo 5, las muestras que se definieron a partir del campo 6 variaron en su coeficiente de elongación por menos de 0.01 y ya en los últimos dos campos existe un comportamiento lineal respecto al coeficiente lo que sugiere que a medida que se lee una mayor cantidad de campos, el valor del coeficiente tiende a estabilizarse aún más. Pero debe mencionarse que se necesita de un análisis posterior para llegar a determinar esta sugerencia.

El último grupo se conformó por la muestra que se estabilizó en el campo 7 (1) y por dos muestras que no mostraron una tendencia en cuanto a la estabilización del coeficiente de elongación en sus campos. En la gráfica No. 46 de resultados se muestra la distribución que engloba éstas tres muestras que fueron una minoría, al igual que el grupo 1, a partir de los datos de la Tabla No. 110 de anexo.

Este último grupo fue el que presentó un comportamiento lejos de ser lineal u estable respecto al coeficiente. Iniciando por la diferencia de 0.04 entre el campo 1 y 2 seguida de la pendiente negativa de un diferencial de aproximadamente 0.02 entre los campos 2, 3 y 4, luego se encuentra un comportamiento casi lineal entre los campos 4, 5 y 6 pero a partir del campo 6 hay una pendiente positiva seguida de la pendiente negativa que corresponde a los campos 8,9 y 10.

Entre las posibles fuentes que se cree generaron este comportamiento se encuentra la gran discrepancia en cuanto a los coeficientes de las primeras y últimas muestras debido ya sea a un cristal que presentara mucha o poca elongación que sacó de rango al campo entero como se cree sucedió para el primer campo ya que muestra el menor coeficiente comparado con el resto. Por el contrario, el campo 2 sugiere la presencia de un cristal con un coeficiente de elongación bastante grande lo que sacó de rango al campo entero. Habiendo tanta inestabilidad en cuanto a la definición del campo óptimo a leer en estas muestras no se puede determinar el mismo.

Habiendo mostrado los grupos de muestras y los campos en los que se definieron, es posible entonces determinar que el leer 6 campos es lo óptimo para caracterizar la muestra en cuanto a la elongación de cristales. Se debe tomar en cuenta que esta prueba debe de ser rápida por lo que al llegar al sexto campo es suficiente para entregar un coeficiente de elongación representativo de la misma. Puede decirse que para algunas muestras la definición está dada por el campo 5, pero como la mayoría de muestras estuvieron comprendidas en el grupo que se definió en el campo 6 es preferible realizar el análisis para este último y así cerciorarse que el resultado sea representativo.

1. Comentario final. En general se cumplió con el objetivo principal de este proyecto al dejar establecidos los procedimientos de los modelos para evaluar el efecto de la actividad microbiológica sobre la clarificación y la evaporación. Un indicador de este resultado es que se logró cuantificar la ventaja económica de reducir la actividad microbiológica en los jugos diluido y sulfitado.

Solamente evaluando el consumo de cal y la azúcar que no se hubiera perdido en la cachaza, una disminución de 0.9 del CM de jugo diluido representa Q 580,483.80 de ganancia estimada a la empresa. A esta ganancia habría que añadirle la disminución de costos por los otros productos que forman parte del sacarato de calcio así como meladura, jugo diluido y agua, y por la disminución de incrustaciones según se especifico en los resultados del trabajo.

Esta etapa del proyecto de dos etapas anteriores en las cuales se exploraron los posibles modelos a ejecutar y se hicieron pruebas iniciales de las técnicas analíticas. En una etapa posterior quedaría repetir estos procedimientos para evaluar su repetividad y sus resultados en distintos periodos de la zafra.

CC. Análisis de la base de datos actual

Al realizar el análisis del sistema actual con ayuda del FODA del sistema en Excel (Tabla No. 32) se vio la necesidad de realizar la base de datos en otro sistema el cual cumpla con las necesidades a corto y largo plazo tanto del laboratorio de caña como el área de tándem.

Se analizaron las posibles herramientas que podrían ser útiles para el desarrollo del sistema. En primer lugar se consideró realizar el sistema en Access ya que había sido recomendado en los trabajos precedentes. Sin embargo consultando con especialistas en sistemas recomendaron realizar el sistema vía WEB debido a que podría cumplir con más necesidades y disminuir las debilidades presentadas por el análisis FODA ya que con Access no se podrían superar todas las debilidades encontradas en el sistema de Excel. (García 2002). El análisis FODA para el sistema WEB se puede observar en la (Tabla No. 33).

A mitad de este año se dio inicio el desarrollo del sistema por especialistas en computación.

El sistema está programado en PHP debido a que la herramienta se desarrollará para funcionar en Web y no tiene costo alguno. Se utilizará MySQL como gestor de base datos debido a que es confiable, robusto para la tarea y tiene la capacidad necesaria debido a la magnitud de número de muestras que son ingresadas cada Zafra en el laboratorio. MySQL tampoco tiene ningún costo.

Se decidió crear el sistema vía Web debido a que con el crecimiento en el ingreso de datos se ha complicado el almacenamiento de los mismos y la eficiencia del sistema en Excel es lenta. Con el sistema Web se busca crear una herramienta eficiente y útil para el almacenamiento de datos en el laboratorio de caña y en el área de tándem. Asimismo se busca que el sistema genere reportes, gráficos y guardar un historial de datos de zafras pasadas para que puedan ser consultadas en cualquier momento y sobre todo ahorrarle tiempo al técnico ya que la información podrá ser ingresada por un dispositivo móvil y dedicar más tiempo al trabajo operativo.

DD. Determinación e implementación de aspectos a mejorar de la base de datos actual

Actualmente, el sistema conciliado en Excel por Letona (2011) presenta algunas deficiencias y el sistema no es lo completamente eficiente para el trabajo de los operarios; por ello se decidió implementar mejoras al sistema actual. Las mejoras implementadas se pueden observar en la (Tabla No. 34).

El sistema actual no tiene la configuración de la columna “tándem” en donde se especifica de qué tándem (A o B) es tomada la muestra que será analizada ni la columna “Lote” en donde se especifica de que lote es tomada la muestra que será analizada. Actualmente solo tiene las columnas “Finca” y “Frente”.

Es indispensable la inserción de ambas columnas en la hoja de ingreso de datos del área de caña para generar el reporte diario del área de caña ya que el reporte diario del área de caña se encuentra configurado para el reporte se genere en base a los datos ingresados en la hoja de ingresos de datos.

La generación de los reportes diarios del laboratorio de caña y área de tándem fueron de los principales aspectos a mejorar y se tomó como referencia las hojas de reportes que diariamente realizaban manualmente los técnicos del área de laboratorio de caña y el área de tándem. Los técnicos aproximadamente se tardaban una hora y media a dos horas en calcular los datos para presentar el resumen diario de muestras analizadas un día anterior. Dichos reportes se presenta todas las mañanas en el área de reportes y anuncios en el laboratorio de fábrica para que todos tengan acceso a visualizarlos.

La mejoras que se implementaron en el sistema fue generar el reporte del área de caña y el reporte diario del área de tándem automáticamente desde unas hojas extras en el sistema consolidado por Letona (2011) para facilitar y hacer más eficiente la labor de los operarios la generación del mismo por las mañanas. Para realizar la configuración de ambos reportes diarios (área de caña y área de tándem) se tomó en cuenta el sistema que fue consolidado por Letona (2011) debido a que los datos generados en el reporte diario son un resumen de todos los datos que fueron ingresados en las pestañas de ingreso de datos en el laboratorio de caña y área de tándem en el sistema de Excel.

El reporte diario del área de caña genera:

1. El CM promedio de las muestras analizadas en cada uno de los tándem (A y B) dependiendo el rango de horas en el cual fue ingresada la muestra.
2. La cantidad de muestras buenas, alertas, malas o críticas en cada uno de los tándemes (A y B).
3. La cantidad de muestras según el tipo y corte y el CM promedio de las muestras analizadas.
4. Número de muestras según la finca, el frente y el lote y el CM promedio de las muestras analizadas.

El reporte diario del área de tándem genera:

1. El CM promedio del jugo primario del tándem A de las muestras ingresadas dependiendo el rango de horas en el cual fueron ingresadas las muestras.
2. El CM promedio del jugo diluido del tándem A de las muestras ingresadas dependiendo el rango de horas en el cual fueron ingresadas las muestras.
3. El IC, el cual es la resta del CM promedio del jugo diluido menos el CM promedio del jugo primario en el tándem A.

4. El resultado (Aceptable e inaceptable) según el CM promedio del jugo primario y el IC en el tándem A.
5. El CM promedio del jugo primario del tándem B de las muestras ingresadas dependiendo el rango de horas en el cual fueron ingresadas las muestras.
6. El CM promedio del jugo diluido del tándem B de las muestras ingresadas dependiendo el rango de horas en el cual fueron ingresadas las muestras.
7. El IC, el cual es la resta del CM promedio del jugo diluido menos el CM promedio del jugo primario en el tándem B.
8. El resultado (aceptable e inaceptable) según el CM promedio del jugo primario y el IC en el tándem B.
9. El CM promedio del jugo primario del tándem A y B de las muestras ingresadas dependiendo el rango de horas en el cual fueron ingresadas las muestras.
10. El CM promedio del jugo diluido del tándem A y B de las muestras ingresadas dependiendo el rango de horas en el cual fueron ingresadas las muestras.
11. El IC, el cual es la resta del CM promedio del jugo diluido menos el CM promedio del jugo primario en el tándem A y B.
12. El resultado (Aceptable e inaceptable) según el CM promedio del jugo primario y el IC en el tándem A y B.

Una mejora importante dentro de los reportes diarios en el laboratorio de caña y el área de Tándem fueron los reportes gráficos los cuales se generan a partir de los datos del reporte diario.

El reporte gráfico del área de caña genera:

1. Gráfica de tendencia que muestra la relación entre el CM del tándem A, el CM del tándem B y el CM total (tándem A + tándem B)
2. Gráfica de Pie que muestra el porcentaje de muestras buenas, alertas malas y críticas en el tándem A.
3. Gráfica de Pie que muestra el porcentaje de muestras buenas, alertas malas y críticas en el tándem B.
4. Gráfica de barras que muestra la cantidad de muestras dependiendo el tipo y el corte de la caña con su CM promedio.

El reporte diario del área de tándem genera:

1. Gráfica de tendencia que relaciona el CM promedio del jugo primario, el CM promedio del jugo diluido y el IC en el tándem A.
2. Gráfica de tendencia que relaciona el CM promedio del jugo primario, el CM promedio del jugo diluido y el IC en el tándem B.
3. Gráfica de tendencia que relaciona el CM promedio del jugo primario, el CM promedio del jugo diluido y el IC en el tándem A y B en general.
4. Gráfica de Pie que muestra el porcentaje de muestras buenas, alertas malas y críticas en el tándem A.
5. Gráfica de Pie que muestra el porcentaje de muestras buenas, alertas malas y críticas en el tándem B.

Estos reportes gráficos también se generan automáticamente desde el sistema y son una mejora indispensable para que dichos reportes sean interpretados de una mejor manera. Estos reportes ofrecen la ventaja de funcionar como un apoyo visual para ayudar a la audiencia a examinar e interpretar la información que se está presentando ya que La información a menudo es difícil de entender cuando se presenta en grupos de estadísticas y cálculos en blanco y negro.

En el reporte gráfico diario del área de tándem se incluyó la columna de aceptabilidad o inaceptabilidad según el CM promedio del jugo primario y el IC cada tres horas.

Dicha configuración se realizó en una hoja de Excel llamada “CONFIG_TANDEM” para poder cambiar el límite de los rangos del CM del jugo primario y el IC. Dicha tabla se puede cambiar para que en el reporte gráfico lea los datos de la tabla y automáticamente coloque si es aceptable o inaceptable.

El sistema 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.

Se realizó un manual de las mejoras implementadas al sistema que permitirá al usuario utilizar el sistema con las nuevas funcionalidades aplicadas al sistema consolidado por Letona (2011).

Dicho manual es útil para la continuación del Megaproyecto debido a que a partir de la siguiente Zafra serán los operarios los que generen el reporte diario automáticamente desde el sistema ya que en la Zafra 2011-2012 los operarios del área de caña y área de tándem generaban manualmente los reportes que se presentan diariamente manualmente y aproximadamente tardaban una hora y media a dos horas en realizar todos los cálculos del mismo. La generación de los reportes diarios automáticamente desde el sistema eliminará un paso para los operarios y hará más eficiente el sistema.

El manual consolidado por Letona (2011) está diseñado de forma para que sea fácil de utilizar y comprensible para los usuarios que lo utilizan debido a que está diseñado en Microsoft Excel y los operarios que son los encargados de la toma de muestras tiene un grado técnico y sí han utilizado Excel.

El manual diseñado de las nuevas funcionalidades se diseñó con imágenes y palabras simples que permitan al usuario comprenderlo fácilmente para empezar a utilizarlo en la Zafra 2012-2013. El manual realizado se dividió en dos partes, la primera parte indica el uso del reporte diario para el área de caña y la segunda parte indica el uso del reporte diario para el área de tándem; sin embargo se utilizará el manual realizado por Letona (20011) como guía y se le agregaron las nuevas funcionalidades y mejoras al mismo.

El manual será de gran utilidad para los operarios y estudiantes que le darán continuidad al proyecto en la Zafra 2012-2013. El documento se puede observar en el anexo.

El sistema de registro de datos y procesamiento de la información con las mejoras implementadas 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.

EE. Redacción de DERCAS para sustituir el sistema actual por uno más acorde a las necesidades de información y decisiones operativas

Actualmente, se cuenta con una base de datos realizada en Excel en donde se ingresan los datos obtenidos en el laboratorio de caña y en el área de tándem. La base de datos con la que se

cuenta es un poco deficiente debido a que es lenta y no contiene con funcionalidades esenciales que se podrían obtener con otro sistema más sofisticado.

El principal objetivo de la redacción del DERCAS es replicar la base de datos que se tiene en Excel en un sistema más sofisticado pero que siempre sea de fácil uso y utilidad para los operarios que la utilizarán.

Después de analizar el sistema actual y realizar las debidas implementaciones al sistema realizado en Excel, se llegó a la conclusión de sustituir el sistema por uno más acorde a las necesidades de información y decisiones operativas.

Este sistema se recomienda que sea vía web debido a las diferentes ventajas que podrá proporcionar a los operarios y a los análisis que se realizan en el área del laboratorio de caña y área de tándem. Dichos análisis no solo le servirán a los operarios sino que también les servirá a gerencia para poder tomar decisiones con más certeza y siempre poder saber lo que ocurre con las muestras tomadas y analizadas en las dos distintas áreas.

Para poder proponer mejoras al sistema para poderlo realizar como una base de datos vía web fue necesario realizar un DERCAS (Documento de especificaciones, requerimientos y criterios de aceptación de software) para especificar los requerimientos y mejoras para el desarrollo del nuevo sistema.

La elaboración del sistema vía web trae consigo una gran variedad de ventajas como:

- Ingreso de datos más personalizado debido a que cada operario tendrá su usuario y clave.
- Control en el ingreso de los datos.
- Evitar la pérdida de datos.
- Lugar personalizado para ingresar datos en el área de laboratorio de caña.
- Lugar personalizado para ingresar datos en el área de tándem.
- Migración de los datos de zafras pasadas que fueron ingresadas en el sistema de Excel hacia el nuevo sistema vía web.
- Consulta de reportes de zafras pasadas
- Consulta de reportes gráficos de zafras pasadas
- Ingreso al sistema desde cualquier computadora con acceso a internet

La realización del sistema vía web trae consigo también algunas desventajas como:

- Costos altos debido al desarrollo de la herramienta
- Se necesita una persona que programe el sistema
- Capacitación intensiva a los operarios
- El sistema no sería fácil poderle hacer modificaciones debido a que se necesita de una persona que sepa programar

El DERCAS realizado contiene una parte en donde se especifica el ingreso de datos desde un dispositivo móvil con acceso a internet. Este ingreso de datos es para los operarios del área de tándem debido a que se les dificulta ir al laboratorio e ingresar todos los datos de las muestras. El ingreso de datos en el laboratorio es tedioso y largo por lo que se vio la necesidad de incluir esta parte para facilitarles a los operarios el ingreso de datos.

El DERCAS es importante para especificar lo necesario para la realización del sistema vía WEB y facilitar el desarrollo del mismo a los especialistas en sistemas y proponer mejoras al sistema actual y cómo podría realizarse en otro sistema.

El DERCAS será de gran utilidad para los estudiantes que le darán continuidad al Megaproyecto en la Zafra 2012-2013. El documento se puede observar en el Anexo.

FF. Estimación de consumo adicional de productos y problemas operativos en el área de tratamiento de jugo provocados por la actividad microbiana

Los resultados obtenidos de cada uno del consumo adicional de cada uno de los productos que conforman el sacarato de pueden observar en las Gráficas No. 46, 47, 48, 49, 50, 51 y 52. Dichos consumos adicionales se deben a un incremento de 0.1 en el CM del jugo sulfitado o 0.933 en el CM del jugo diluido. Es importante tener un control en el CM del jugo para así no incurrir a un consumo adicional de algún producto que por lo tanto elevaría los costos.

El consumo más significativo es el consumo de Cal (Gráfica No. 47 y Gráfica No. 52); no por el porcentaje en que se aumenta a medida que el CM del jugo diluido se incrementa sino porque la Cal es el único producto que no es parte del proceso como lo son el agua, el jugo clarificado y la meladura. El Ingenio debe de comprar Cal a un proveedor externo (Horcalsa) lo cual representa costos adicionales si no se controla el CM en el jugo.

GG. Estimación de costos adicionales en el área de tratamiento de jugo provocado por la actividad microbiológica

Se obtuvo que por una disminución de 0.1 en el CM de jugo diluido se obtendría un ahorro de Q.146, 037.13 debido a la cal que se ahorraría en el proceso. El costo principal del sacarato es la Cal debido a que el Ingenio la compra a Horcalsa. Los demás productos que conforman la Cal son propios de todo el proceso por lo tanto no se pudieron obtener sus costos. Luego de haber obtenido el ahorro debido a la cal que se ahorraría por una disminución en el CM del jugo diluido se analizó las toneladas de azúcar que se perderían por el incremento de lodos debido a un aumento de 0.933 en el CM del jugo diluido.

Como se puede observar en la Gráfica No. 55 los precios del azúcar cruda ha ido incrementando en los últimos 10 años (desde el 2002) por lo tanto las perdidas por un incremento en el CM se incrementarían proporcionalmente debido al alza del precio del azúcar cruda. Debido al incremento del precio del azúcar crudo se puede observar que las pérdidas del ingenio se incrementarían más debido a un aumento en el CM del jugo. En la Gráfica No. 56 se muestra que el incremento de pérdidas conforme pasan los años va aumentando. Por lo tanto es de suma importancia tomar en cuenta no solo el alza en el precio del azúcar sino también el control microbiológico en el jugo durante el proceso de fabricación del azúcar para no incurrir en pérdidas innecesarias.

El precio promedio de la Zafra 2011-2012 es de Q4,144.2971 por lo que si se disminuyen los lodos debido a una disminución de 0.933 en el CM del jugo diluido se obtendría un ahorro de Q. 434,446.6695 debido a las toneladas de caña que no se perderían.

El Ingenio obtendría un ahorro total de Q. 580, 483.799 debido a una disminución de 0.9 en el CM del jugo diluido. Como se puede observar en las Gráficas No. 59 y 60 el precio para los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre va en disminución y proporcionalmente a la caída de los precios se ve la pérdida en la que se incurre debido a un incremento en el CM. Sin embargo los precios a lo largo de todos los años van aumentando por lo tanto es siempre estar controlando la actividad microbiológica en el jugo de la caña para así no tener que incurrir en pérdidas innecesarias.

HH. Diseño e implementación de un método para evaluar el cumplimiento de las metas y la participación de los integrantes del proyecto y evaluación del cumplimiento de metas con el método implementado

El proyecto para los años 2,011-2,012 cuenta con la participación de cuatro estudiantes del departamento de Ingeniería Industrial y tres estudiantes del departamento de Ingeniería Química.

Este proyecto es uno de los más antiguos de la Universidad del Valle de Guatemala y con un gran número de estudiantes trabajando en él, por ello es de suma importancia contar con un método para evaluar las metas y la participación de los estudiantes a lo largo del trabajo de graduación ya que los resultados de cada miembro del grupo se encuentran relacionados con los resultados de los demás miembros del equipo y asimismo con el trabajo grupal.

Después de realizar el diseño e implementación del método de evaluación de metas y participación de los integrantes del proyecto se procedió a evaluarlos. Este es el primer año en el que se implementa un sistema en donde se evalúe la participación de los mismos. Es importante evaluar cada mes a los participantes del grupo para finalizar exitosamente el proyecto al final del año.

En las Gráficas No. 61, 62, 63, 64, 65, 66, y 67 se puede observar el avance de los integrantes del proyecto, en algunos casos el porcentaje de avance para la semana 4 de algún mes no fue el 100% sin embargo se realizó la revisión de las actividades para que la actividad que no fue concluida en alguno de los meses se incluyera como una actividad para el siguiente mes para así no dejar sin concluir las actividades pronosticadas para cada mes.

Durante el proyecto se evaluaron los meses de marzo, abril y mayo. Los meses anteriores no se evaluaron debido que se estuvo trabajando en el diseño de la plantilla y el método para analizar cómo se evaluaría la participación de cada uno de los integrantes y los meses posteriores no pudieron ser evaluados debido a que el trabajo que se realizó durante esos meses fue puramente análisis de los datos obtenidos en el trabajo de campo en el Ingenio y redacción del trabajo de graduación.

La plantilla “Valor ganado” y la plantilla de Project será de gran utilidad que le darán continuidad al Megaproyecto para poder llevar un control de las tareas y metas de cada uno de los integrantes del grupo. El manual de la plantilla “Valor Ganado” se puede observar en el Anexo.

Ambas 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.

VIII. CONCLUSIONES

1. Se diseñó e implementó preliminarmente con resultados aceptables una metodología para mejorar la calidad microbiológica de la caña que ingresa al ingenio con una componente estratégica y una operativa basadas ambas en los resultados del laboratorio de caña y ambas con incidencia en cosecha-transporte; la primera en la planificación y la segunda como lazos operativos.
2. No se encontró diferencia entre la proporción de diferentes niveles de actividad microbiana entre la caña quemada con corte manual y la verde con corte mecanizado, solo en excepciones entre los frentes y zonas, y si se encontró diferencias entre fincas.
3. Se implementó y evaluó preliminarmente una metodología que incluye los procedimientos y las decisiones para el manejo de la caña en el patio por parte de la supervisión del mismo con buenos resultados; y complementación con monitoreo y control por parte del laboratorio que no logró su misión en esta etapa, con el fin en general que no entre materia prima al patio con actividad microbiológica alta ni esta última se incremente en el mismo.
4. Los puntos de mayor actividad microbiológica en el tanque de jugo diluido son los que poseen retención de jugo, producida por el diseño de los tanques y la altura de succión de la bomba, se utilizó un embudo para aplicar bactericida en puntos críticos y mostró ser efectivo al presentar una disminución, en la actividad microbiológica, de 64% en el tándem A y 76% en el tándem B.
5. Se diseñaron y/o implementaron mejoras al proceso de limpieza del tándem, fundamentalmente en cuanto al orden y el modo de ejecución de la misma, así como al método de comunicación entre los operarios del Control Operativo Microbiológico y los molinos. La primera mejora se evaluó con resultados positivos, mientras que la segunda fue aprobada por la supervisión para ejecutarla en la próxima zafra.
6. Con la combinación de filtros tipo I y bajas temperaturas relativas (menores a 50°C) se obtuvo la mayor actividad microbiológica en todos los indicadores medidos.

7. Se desarrolló definitivamente procedimientos analíticos de modelos para evaluar los efectos de la actividad microbiológica en las áreas de clarificación y evaporación.
8. Con base en el modelo desarrollado se estimó que con una disminución de 0.9 del coeficiente microbiológico en el jugo diluido, solamente por el ahorro de la cal y en el azúcar que se recupera de los lodos en una zafra como la del 2011-2012 y a los precios actuales, el Ingenio obtendría una ganancia de Q 580,483.80
9. Se evaluó la base de datos de EXCEL en uso y una propuesta nueva, mediante la herramienta FODA (Fortalezas-Oportunidades-Debilidades-Amenazas); como resultado se implementaron siete mejoras a la base actual y se decidió su sustitución a mediano plazo por un sistema web para el que se elaboró el documento DERCAS con las especificaciones que necesitan los especialistas en informática que lo desarrollarán.
10. Se diseñó y estableció un método de evaluación de metas de los integrantes del proyecto que resultó útil para el control y estímulo, lo que se demostró por el cumplimiento de las metas propuestas y la conclusión exitosa del proyecto grupal.

IX. RECOMENDACIONES

1. Planificar la cosecha y transporte de la caña considerando los valores históricos de actividad microbiológica de cada lote, frente o finca y utilizando la clasificación desarrollada en este proyecto, así como el procedimiento operativo para los resultados puntuales durante la zafra.
2. Continuar con la implementación de la metodología de manejo de caña en el patio según el procedimiento estándar elaborado, reforzando la parte del laboratorio, sobre todo, mediante la mejora del personal contratado para la actividad.
3. Continuar el estudio de actividad microbiológica, su incremento y reducción, por sectores en el área de extracción, evaluando los resultados de este proyecto (primer molino y tanque de jugo diluido) y estudiando nuevos puntos.
4. Mejorar el diseño de los tanques de jugo diluido según propuesta acorde con las normas para este tipo de proceso, y mientras tanto, mantener el monitoreo y sanitización adecuada de los mismos mediante el monitoreo especial de los puntos de reposo del jugo y su desinfección mediante el dispositivo de embudos descrito.
5. Mantener el control y evaluación sobre la limpieza del tándem según el procedimiento estándar mejorado que se desarrolló e implementó en este proyecto y la capacitación a sus ejecutantes, así como establecer la comunicación del Control Operativo Microbiológico con los operarios y supervisores de extracción mediante el sistema de semáforo aquí propuesto.
6. Mejorar el diseño de los filtros de lodos de cachaza 2 y 6 según el modelo del resto de los filtros, mantener la operación de todos a temperaturas de 60°C o más, y mantener el monitoreo microbiológico de los mismos en forma sistemática.
7. Utilizar el modelo de simulación de los procesos de alcalización, clarificación y evaporación aquí desarrollados para seguir evaluando, y a la vez validando el procedimiento, el efecto de la actividad microbiológica en el área de tratamiento de jugo.

8. Establecer el método de medición de Coeficiente de Elongación para evaluar el efecto de la actividad microbiológica sobre la etapa de cristalización y como posible indicador preventivo de situaciones críticas en dicha etapa cuando recién comienzan.
9. Realizar todas las actividades pertinentes para implementar con éxito en la próxima zafra, las mejoras introducidas a la base de datos actual del sistema de control microbiológico, como la capacitación a los operarios, información de sus oportunidades a los directivos e introducción con tiempo; mientras, continuar con el desarrollo del sistema web para su culminación lo más rápido posible.
10. Implementar el método de valor ganado para el estímulo, control y evaluación de los participantes en el proyecto desde el inicio de la próxima etapa.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre, Anaité. 2012 «*Desarrollo de métodos para evaluar el efecto de la actividad microbiológica sobre el proceso de producción de azúcar*». Tesis Universidad del Valle de Guatemala.
2. Alvarado, Víctor. *Comunicación personal*. Septiembre de 2012.
3. Álvarez, C, et al. 2008. *Establecimiento de un sistema de control microbiológico para la industria azucarera*. Megaproyecto Universidad del Valle. Guatemala. 431 págs.
4. Antier P. 1996. *Microbiological Control in a Cane sugar Mill: implications on Sugar Quality and on losses*. Proceeding of the South African Sugar Technologist Association. V 7 p. 185 – 188.
5. Antier, P. (1996). *Microbiological control in a cane sugar mill*.
6. ASAZGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala). [Web en línea]: <http://www.azucar.com.gt/index.html>. [Consultada en 01/10/2012]
7. Asocaña (Asociación de cultivadores de caña de azúcar de Colombia). *Precios Internacionales* [Web en línea]:<http://www.asocana.org/modules/documentos/secciones.aspx?tipo=3&valor=196> [Consultada en Octubre de 2012]
8. Avelar, A, et al. (2011). *Control microbiológico, sistemático y Gradual en un Ingenio Azucarero*. Guatemala. 366 págs.
9. Azasgua (Asociación de azucareros de Guatemala). *Nuestra historia* [Web en línea]:<http://www.azucar.com.gt/historia.html>[Consultada en Septiembre de 2012]

10. Azasgua (Asociación de azucareros de Guatemala). *Producción* [Web en línea]: <http://www.azucar.com.gt/economia.html> [Consultada en Octubre de 2012]
11. Balsells, D. P.; De la Peña, B.L. y Rodríguez, F.J. 2009 *Optimización de procedimientos de laboratorio y económicos en control microbiológico en la industria azucarera*. Universidad del Valle de Guatemala. 201 págs.
12. Basterrechea, R. (2011). *Logística de la implementación del control microbiológico en el tándem*. Guatemala.
13. Broadfoot, R. 2001. *Aspects of sucrose losses: impact on profitability, competitiveness and the environment*. En: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, 24, Brisbane, Australia. Proceedings. Mackay, ASSCT, 2001. v.1, p.339-340.
14. Calderon, S., & Ortega, J. (Julio de 2009). Guía para la elaboración de diagramas de flujo. Recuperado el 19 de octubre de 2012, <http://documentos.mideplan.go.cr/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/6a88ebe4-da9f-4b6a-b366-425dd6371a97/guia-elaboracion-diagramas-flujo-2009.pdf>
15. Caso Neira, Alfredo. (2006). *“Técnicas de Medición del Trabajo”* (2ª edición). Madrid: Editorial FC. 235 págs.
16. CENGICANA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña). Chínche Salivosa. [Web en línea]. <http://cengidoc.cengicana.org/Portal/Biblioteca/PublicacionesCENGICANA/Memorias/09-10/MIP.pdf> [Consultada en 02/10/2012]
17. CENGICANA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña). *Tipos de Suelos*. [Web en línea]. <http://www.cengicana.org/es/mapas-zona-canera/Mapas/Suelos/Estudios-de-Suelos/>. [Consultada en 03/10/2012]

18. CENGICAÑA. (2012). *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. Guatemala: Artemis Edinter.
19. CENICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia). *Proceso de obtención de azúcar*. [Web en línea].
http://www.cenicana.org/pop_up/fabrica/diagrama_obtencion.php. [Consultada en 01/10/2012]
20. CENICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia). *Plagas, cucarrón de invierno*. [Web en línea]:
http://www.cenicana.org/investigacion/variedades/sanidad_vegetal.php?opcion=2&opcion_2=2. [Consultada en 03/10/2012]
21. Cenicaña (Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia). *Calidad de la caña de azúcar* [Web en línea]:
http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p337-354.pdf [Consultada en Septiembre de 2012]
22. Cerutti de Guglielmone G.I., Diez O.A., Cárdenas G.J., Oliver G. 2000. *Determinación de contenidos microbianos y cuantificación de dextranos en la Industria Azucarera Tucumana*. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán. V77 #2, p. 19 – 27.
23. Chou, C. (2000). *Handbook of sugar refining*. Estados Unidos: John Wiley and Sons, Inc.
24. Clarke M. 1996. *Dextran in sugar factories: causes and control*. Sugar Processing Research Institute, Inc. Presentation at the Congress of the Association of Sugar Technologist, Acapulco, México. p. 1-30.
25. Comparini Aguirre, Sergio. 2006. *Evaluación de variedades de caña de azúcar en el ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumlaguapa*?. Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala. 131 págs.

26. Coronado, E. (12 de enero de 2012). *Exportación de azúcar chapina subió 19.25%*. Siglo 21.
27. Day D., Cuddihy J. 1995. *Biocide usage at Louisiana Factories*. Midland Research Laboratories, Inc. L.A, USA.
28. De León Monterroso. 2009. “*Auditoria alrededor del Computador a un sistema contable de un ingenio azucarero*”. Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala. 146 págs.
29. Delden, Edward. 1981. *Standard Fabrication Practices for Cane Sugar Mills*. Amsterdam, Elsevier. 248 págs.
30. Donald Mitchell. (Feb 2004), *Sugar Policies: Opportunity for Change*, World Bank Policy Research Working Paper 3222. 16.
31. Duarte E., Guillermo A., Polanco N., López M. 1982. *Análisis microbiológico de productos azucareros*. Editorial científico-técnica. Ciudad de la Habana. 28 p.
32. Faga, Héctor Alberto. (2006). *Como profundizar en el análisis de sus costos para tomar mejores decisiones empresariales*. Segunda edición. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Granica, S.A.
33. Fauconnier, R. y. 1975. *La caña de azúcar*. Barcelona, España: Editorial Blume.
34. Flores, Silverio. 1976. *Manual de caña de azúcar*. Guatemala. INTECAP. 172 págs.
35. FUNDACAÑA (Fundación Azucarera para el Desarrollo, Productividad y la Investigación). *Varietades de caña*. [Web en línea]: http://fundacana.org.ve/?page_id=24. [Consultada en 02/10/2012]
36. García, Lynette. *Comunicación personal*. Enero 2012.

37. Gil Gutiérrez, Israel. 2011. “*Logística para la implementación del monitoreo microbiológico en el laboratorio de caña. Resultados preliminares*”. Tesis. Universidad del Valle de Guatemala. 80 págs.
38. Heizer, Jay. Render, Barry. (2004). “*Principios de administración de operaciones*”. (5ª edición). México: Pearson Educación. 704 págs.
39. Hernández M.T., Dauval C., Pérez M.E. 1978. *Acción de L. mesenteroides y otros microorganismos sobre los componentes del jugo de caña*. Centro Azúcar (Cuba) V5 no 1. Ene-Abr p 69-87.
40. Hernández Orozco, Carlos. (2007). “*Análisis Administrativo: Técnicas y Métodos*”. (1ª Edición). San José, Costa Rica: EUNED. 224 págs.
41. Hernández, M. (1986). *Microbiología de la producción azucarera*. Producciones microbianas derivadas. Cuba: Universidad Central de las Villas .
42. Hoing, P. (1969). *Principios de tecnología azucarera*. México, España y Argentina: Compañía Editorial Continental.
43. Hollaus F. 1978. *The microbiology of beet sugar manufacturing: Practical considerations on operational checks and measures against microorganisms*. La sucrerie Belge. V 97. p 3-11.
44. Honig P. 1969. *Principios de Tecnología Azucarera*. Tomo I: *Propiedades de los Azúcares y no Azúcares*. Págs. 21 - 41. Tomo III: Parte 3: *Microbiología Azucarera*. p. 315 - 454. Compañía Editorial Continental S.A. México, España y Argentina.
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lri/aroche_h_d/capitulo2.pdf

45. Hugot, E. (1963). *Manual para Ingenieros Azucareros*.
46. Hugot, E. (1972). *Handbook of Cane Sugar Engineer*. Amsterdam: Elsevier Pub
47. Hurtado León, Iván. Toro Garrido, Joséfina. (2007). *Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio*. (1ª Edición). Caracas, Venezuela: Editorial CEC, S.A. 167 págs.
48. Industria Azucarera / Alcohol. (s.f) Diagrama proceso de recepción, preparación y molienda de caña de azúcar, recuperado el 2 de Octubre de 2012, de: <http://www.fundicionesuniverso.com/azucar.ph>
49. Ingeniero Molina, Manuel. *Comunicación Personal*. Agosto, 2012.
50. Isaacs, C. (2005). *Mision Tecnologica a la industria azucarera Guatemala*. Santiago de Cali.
51. Isaacs, C. (2006). *Misión Tecnológica a la Industria Azucarera de Guatemala*. Santiago de Cali, Colombia.
52. ISDE. (2011). *Azúcar: análisis sectorial*. Guatemala.
53. Iturriaga, Guido. 2011. «*Mejoras a la logística del proceso de limpieza y desinfección en el tándem*». Tesis Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala». 66 págs.
54. Jenkins, G.H. (1966). *Introduction to sugar cane technology*. Amsterdam: Elsevier Pub.
55. Kalpakjian, Serope. Schmid, Steven. (2002). «*Manufactura, Ingeniería y tecnología*». (4ª Edición). México: Pearson Educación. 1176 págs.

56. Kaplinski, R. (1984). *Sugar processing: The development of a Third-World Technology*. Estados Unidos: Intermediate technology publications.
57. Kirk, R. y. 1962. *Enciclopedia de tecnología química*. México: Editorial Hispanoamericana.
58. Kume, Hitoshi. (2002). "*Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*". (20 Edición). Bogotá: Editorial Norma. 243 págs.
59. *La capacitación en la administración de recursos humanos* (2006), [Web en línea]. <http://www.rrhh-web.com/capacitacion.html> [Consultada en 16/10/2012]
60. Larrahondo, J. 1995. *Calidad de la caña de azúcar*. Colombia, Cali: CENICAÑA.
61. Letona, Juan José. 2011«Logística general de la implementación del sistema y de la participación de estudiantes del proyecto». Tesis Universidad del Valle de Guatemala.
62. Licenciado Núñez, Osbel. *Comunicación Personal*. Abril, 2012.
63. Longenecker, G.J. Moore, C.W. Petty, W.J. (2010). *Administración de pequeñas empresas. Lanzamiento y crecimiento de iniciativas emprendedoras*. (14ª edición). México: Editorial CENGAGE Learning. 744pp.
64. Meade, G. (1985). *Manual del azúcar de caña*. (Novena edición). España: Editorial Montaner y Simon S.A.
65. Meade, G., Spencer, G. (1963). *Spencer-Meade Cane Sugar Handbook*. J. Wiley.

66. Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; y Espinosa, R. (eds). (2012). CENGICAÑA “Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala”. Guatemala: Editorial Artemis Edinter, S.A. 512 págs.
67. Mirón, Danilo. 1998. *Conozca la industria azucarera en Guatemala*. 1^a ed. Guatemala, Artemis Edinter. 109 págs.
68. Molina, A. V. (18 de abril de 2011). *Sobreprecio del azúcar*. El Periódico.
69. Moreno, C. (s.f.). *La problemática industria azucarera y su desafío frente a la globalización económica y la integración regional*. La industria azucarera, 28.
70. Niebel, Benjamin; Freivalds, Andris. 2009. *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12^{va} ed. México. McGraw-Hill. 587 págs.
71. Ortiz, K. (2012). «Implementación de mejoras a la base de datos del sistema y estimación de costos del efecto de la actividad microbiana en el tratamiento de jugo». Tesis. Universidad del Valle. Guatemala
72. Pantaleón S.A. (s.f.) Historia, Recuperado el 2 de Octubre de 2012, de <http://www.pantaleon.com/>
73. Pantaleón. (2010). *Pantaleón*. Recuperado el 06 de junio de 2012, de <http://www.pantaleon.com/industrial>
74. Pantaleón. Ingenio Pantaleón. *Historia de Ingenio Pantaleón*. [Web en línea]: <http://www.pantaleon.com/historia> [Consultada el 29/09/2012]
75. Pérez, O. (2012). *Caracterización de la zona cañera*. En CENGICAÑA, *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala* (pág. 512). Guatemala: Artemis Edinter.

76. Plagas de la caña de azúcar. [Web en línea].
http://wkinsecta.cenicafe.org/index.php/Plagas_de_la_ca%C3%B1a_de_az%C3%BAcar
[Consultada en 02/10/2012]
77. Porta, A. (1955). *Fabricación del azúcar*. (Primera Edición). España: Salvat Editores, S.A.
78. Pulido M.L., Ferrer V. 1977. *Programa coordinado de tratamiento químico para centrales*. Congreso de Asociación de Técnicos azucareros, San Juan de Puerto Rico. Buckman Laboratorios.
79. Ravnö A.B. 2001. *Microbial degradation in sugar cane diffusers*. Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, 24, Brisbane, Australia. Proceedings. Mackay, ASSCT, V.1, p.384-385.
80. Rein, P. (1979). *Manual de Ingeniería de la caña de azúcar*.
81. Rein, P. (2007). *Cane Sugar Engineering*. Berlin.
82. Robbins, Stephen P. y Coulter, Mary.(2005). *Administración*. Octava edición. México: Pearson.
83. Romero, O; Muñoz, D; y Romero, S. (2006). *Introducción a la Ingeniería*. Un enfoque Industrial". México: Editores Thomson, S.A.
84. Ruiz, Agustín; Floría, Pedro y González Diego. 2006. *Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales*. 5^aed. España. FC Editorial. 1,497 págs.

85. Sandra Herrera. (1999). *Azúcar y Transformación del Colonato como Práctica Económica-Social y Referente Identitario en Mozos de Rancherías de la Costa Sur de Guatemala*, tesis, USAC. 6-7.
86. Shingo, Shigeo. 1993. *El Sistema de Producción Toyota desde el punto de vista de la Ingeniería*. 2da. ed.
87. Sidney, M. (1985). *Dulzura y poder: El lugar del azúcar en la historia moderna*. España: Siglo Veintiuno Editores.
88. Siliceo Aguilar, Alfonso. (2004). *Capacitación y desarrollo de personal*. (4ª Edición). México: Editorial Limusa. 251 págs.
89. Subirós Ruiz, Fermín (2000). *El cultivo de la caña de azúcar*. San José, Costa Rica: Editorial EUNED.
90. Universidad de las Américas Puebla. (2012). *La industria azucarera*. México. Visitado el 28 mayo de 2012.
91. Vander poel P.W., Schiweck H., Schwartz T. 1998. *Sugar technology: Beet and Cane Sugar Manufacture*. p. 993 – 1007.
92. Wagner, R. (2005). *Historia del azúcar en Guatemala*. Guatemala: Editorial Galería Guatemala.
93. 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*. Guatemala.
94. Zamora, Jorge. 1978. *Estudio de los niveles tecnológicos utilizados en las fincas que cultivan caña de azúcar en el Departamento de Escuintla*. Guatemala. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 102 págs.

XI. ANEXOS

A. Apéndice 1

Tabla No. 47 – Datos generales de CM.

Rótulos de fila	Valores	
	<input type="checkbox"/> Cuenta de CM	Promedio de CM
Aceptable (2.00-2.49)	5382	2.02
Malo (2.50-2.99)	3103	2.41
Crítico (3.00 en adelante)	335	3.47
Bueno (0-1.99)	13008	1.64
Total general	21828	1.87

Tabla No. 48 – Datos de corte manual quemado.

Rótulos de fila	Valores	
	<input type="checkbox"/> Cuenta de CM	Promedio de CM
Aceptable (2.00-2.49)	4268	2.02
Malo (2.50-2.99)	2480	2.41
Crítico (3.00 en adelante)	261	3.49
Bueno (0-1.99)	10296	1.65
Total general	17305	1.88

Tabla No. 49 – Distribución general por tipo de caña para Ingenio Pantaleón, zafra 11-12.

Rótulos de fila	Valores	
	<input type="checkbox"/> Cuenta de CM	Promedio de CM
Aceptable (2.00-2.49)	1112	2.02
Malo (2.50-2.99)	622	2.42
Crítico (3.00 en adelante)	74	3.37
Bueno (0-1.99)	2711	1.63
Total general	4519	1.86

Tabla No. 50 – Porcentaje de muestras por sistema de corte.

Total de muestras	Muestras Quema Manual	Muestras Verde Mecanizada
21828	17305	4519
100%	79%	21%

Tabla No. 51 – Comparación tipos de corte.

	Manual Quemado	Mecanizado Verde
Bueno	59%	60.0%
Aceptable	25%	24.6%
Malo	14%	13.8%
Crítico	2%	1.6%
	17305	4519

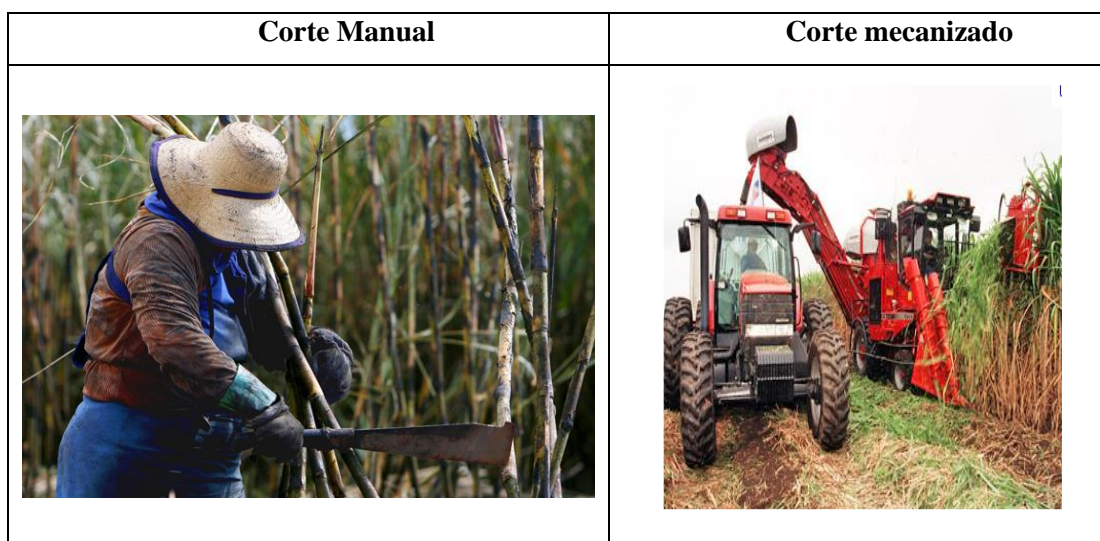
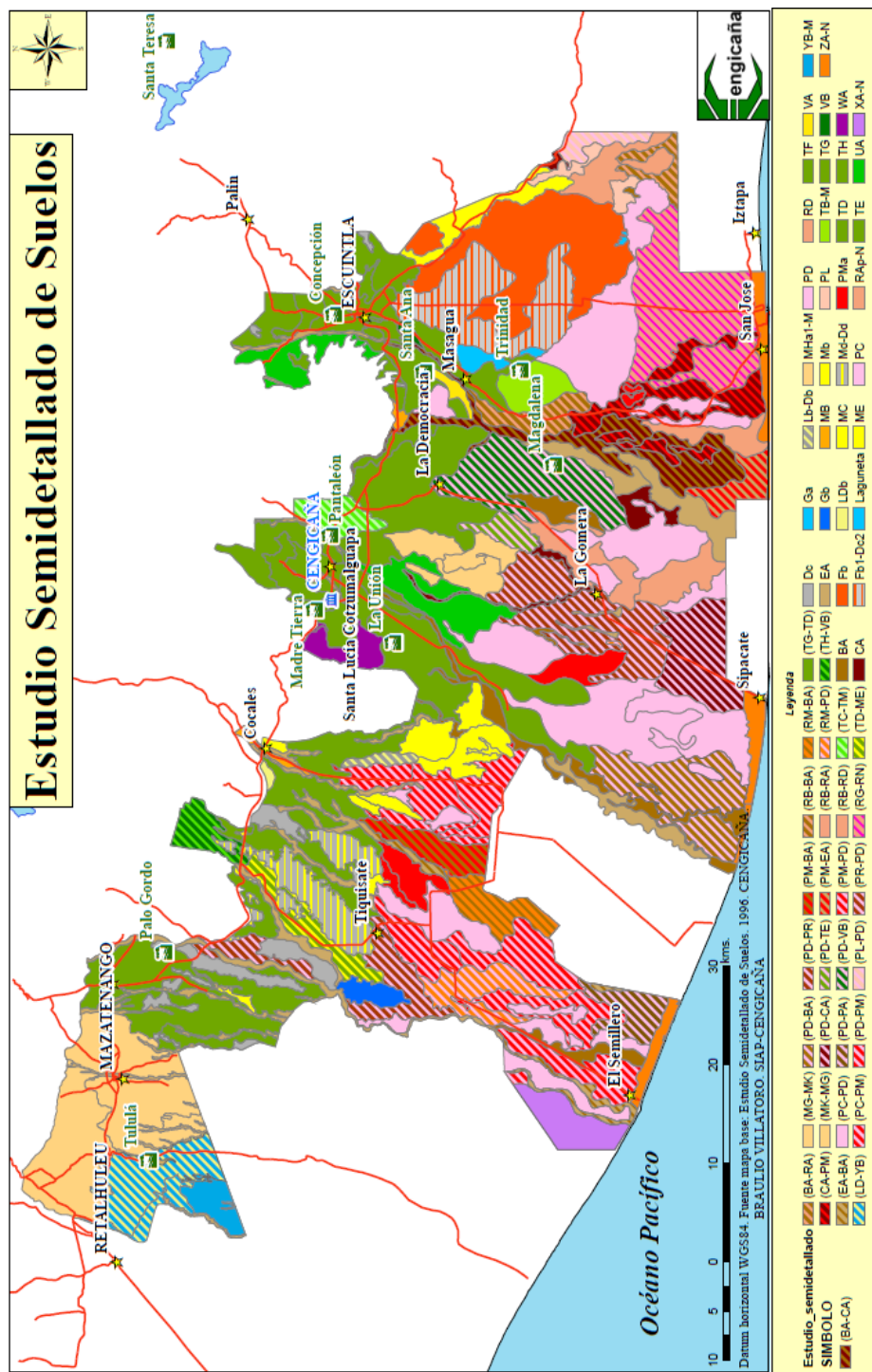
Tabla No. 52 – Ilustración de tipos de corte.

Ilustración No. 82 – Tipos de suelos para la región Costa Sur de Guatemala.



INSTRUCTIVO LABORATORIO DE CAÑA

CONTROL MICROBIOLÓGICO

El técnico encargado de tomar las muestras de CM deberá cumplir con ciertas requisiciones durante el turno. La labor principal se enfoca en tomar las muestras de cosecha y sacar el “CM” de cada muestra. Adicionalmente se crearon lazos operativos con tándem, jefe de turno de fábrica y torre de control con el fin de priorizar la caña en peor estado y poder darle ingreso “rápido” a la fábrica.

Debido a la cantidad de tiempo que la caña permanecía en el patio, provocaba un deterioro significativo el cual afecta el rendimiento en el azúcar, por lo cual se decidió analizar esta caña. El jefe de patio es encargado de anotar todos los lotes que son depositados en el “borde lateral” del patio para dejarlo en espera, haciendo un registro diario de estos.

El operario del laboratorio es encargado de analizar los registros de la caña en patio del día anterior, haciendo un análisis diariamente.

Los pasos siguientes muestran las actividades que debe realizar el técnico de laboratorio encargado de CM.

1. Anotar datos de la muestra a tomar en el registro diario de CM.
2. Realizar prueba de resazurina.
3. Anotar resultado final en el registro diario de CM.
4. Si el resultado final de la muestra de CM es menor de 2.5 horas (CM mayor o igual a 2.25) se deberá anotar en el registro de Control Microbiológico de caña de cosecha de muestras malas.
 - a. Ver diagrama de flujo de “muestras malas”.
5. Recoger hoja de registro de caña de patio del turno anterior a la oficina de Supervisor de patio.
6. Tomar datos para llenar el Control Microbiológico de Caña en Patio “Muestras de Patio”
 - a. Ver proceso de muestras de patio.

Además dos veces por turno se deberá:

7. Recoger dos muestras en el patio, la primera será al fondo de la pila del área 1 “borde lateral”, y la segunda una muestra de caña maltratada de cualquier área del patio.
8. Desfibrar la caña en *Core Sampler*.
9. Realizar prueba de resazurina de “Muestra de Patio”.

C. Apéndice 3**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ingeniería



Instructivo para la mejora del procedimiento de limpieza
en molinos del Ingenio Pantaleón

Realizado por:

Edgar Enrique Aldana Wellmann

Guatemala, octubre de 2012

ÍNDICE

1.OBJETIVO.....	1
2. SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	1
2.1Clases de peligros asociados a la tarea.....	1
2.2Instrucciones y/o equipos de seguridad específico.....	1
2.3Equipo de protección personal (EPP).....	2
3. LIMPIEZA EN MOLINOS.....	2
3.1 Orientaciones generales.....	2
3.2 Preparación previa.....	3
3.3 Procedimiento.....	4
3.4 Posterior a la limpieza.....	5

A. OBJETIVO

El objeto del presente instructivo es estandarizar los pasos para realizar la limpieza en el tándem; esto facilitará la capacitación e inducción a nuevos operarios y así mismo los orientará en su rutina de limpieza para contribuir a la inocuidad del azúcar producido.

B. SEGURIDAD INDUSTRIAL

El Ingenio Pantaleón posee certificación con las normas OHSAS 18,000, las cuales 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.

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, existiendo 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, existiendo 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.

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.

1. Clase de peligros asociados a la tarea

- a. Mecánico:** Traumatismos por atrapamiento de equipos en movimiento, muerte por atrapamiento de equipos en movimiento, traumatismos por caída por piso resbaloso, quemaduras por contacto con el agua caliente, traumatismos por rotura de mangueras.
- b. Biológico:** Enfermedades cutáneas por exposición a bacterias, traumatismos por

exposición a fauna peligrosa.

2. Instrucciones y/o equipos de seguridad específicas

- Utilizar el equipo de protección personal.
- Instalar las señales de seguridad para evitar el paso de personas durante la ejecución del lavado.
- Verificar que no se encuentren personas en el área antes de hacer el lavado y evitar el riesgo de provocar quemaduras.

3. Equipo de Protección Personal (EPP)

- Gabacha y mangas de cuero.
- Tapones de espuma con cordón con una atenuación de 29 dB.
- Casco de polietileno de alta densidad con sus elementos.
- Guantes de cuero de res y lona.
- Lentes de policarbonato transparentes.
- Calzado industrial con suela antideslizante.

C. LIMPIEZA EN LOS MOLINOS

1. Orientaciones generales



a. Orden de la limpieza. Realizar la limpieza comenzando por el sexto molino. El operario superior debe iniciar de primero, al llegar este al cuarto molino debe de comenzar el operario inferior y realizar de manera simultánea la limpieza según el procedimiento hasta llegar al primer molino.


b. Verificación de puntos críticos. 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. 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. Esto para

disminuir la actividad microbiológica en dichos puntos, los cuales se encontraran identificados como críticos por una señal roja en el semáforo correspondiente al molino donde sea detectada la actividad microbiológica anormal, dicha identificación será colocada por el operario del Control Operativo Microbiológico y será monitoreada en todo momento.

c. Medidas a tomar para puntos críticos. El operario de limpieza debe prestar atención a los colores que estarán identificando algún punto como crítico, al visualizar la señal roja debe enfocar su limpieza especialmente en esos puntos los cuales serian monitoreados por el operario de Control Operativo Microbiológico. Continuar con dicho estado de alerta hasta que la señal sea cambiada indicando que se tiene un nivel de actividad microbiológica aceptable, convirtiéndolo en un punto no crítico.

d. Áreas de limpieza según la parte del molino

Área	Recomendación	Ilustración
Molino interno	Concentrarse en las bandejas, entre las mazas y áreas donde se acumula bagazo y retención de líquidos.	
Molino externo	Limpiar de izquierda a derecha enfocándose en los ejes rotativos de las mazas. El azúcar al ser corrosivo para el metal eliminar salpicaduras que posean las columnas metálicas del molino.	

Área	Recomendación	Ilustración
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.	

2. Preparación previa

- a. Verificar la temperatura del agua
 - Verificar que el agua caliente tenga una temperatura mínima de 60 °C (176 °F) y a una presión mínima de 1.034 kPa (150 psi).
- b. Instalar señales de seguridad para evitar el paso de personas durante el lavado.
- c. Verificar que el área esté despejada.

3. Procedimiento

- a. Anunciar al encargado para realizar el trabajo de limpieza.
- b. Colocarse equipo de protección personal.
 - Gabacha y mangas de cuero
 - Tapones de espuma con cordón con una atenuación de 29 dB
 - Casco de polietileno de alta densidad con sus elementos
 - Guantes de cuero de res y lona
 - Lentes de policarbonato transparentes
 - Calzado industrial con suela antideslizante

- c. Verificar que las herramientas de trabajo estén en buen estado y apropiadamente colocadas.
- d. Abrir la llave de paso de agua.
- e. Sujetar la manguera en el extremo donde se expulsa el agua.
- f. Verificar que el área esté despejada de personas y herramientas.
- g. Dirigirse al molino correspondiente sujetando la manguera.
- h. Abrir el mecanismo para que el agua salga por la manguera.
- i. Dirigir el chorro hacia áreas donde se acumula el bagazo entre las masas y áreas dentro del molino.
- j. Limpiar de arriba para abajo y derecha e izquierda.
- k. Concentrar la limpieza en áreas dentro del molino.
- l. Continuar al siguiente molino.

4. Posterior a la limpieza

- a. Cerrar el mecanismo para cortar el flujo de agua
- b. Colocar la manguera en la llave de paso de agua.
- c. Cerrar la llave de paso de agua.
- d. Quitarse el Equipo de Protección Personal
- e. Anunciar al encargado que ya finalizó limpieza.
- f. Proceder a la verificación de una limpieza adecuada por parte del encargado.

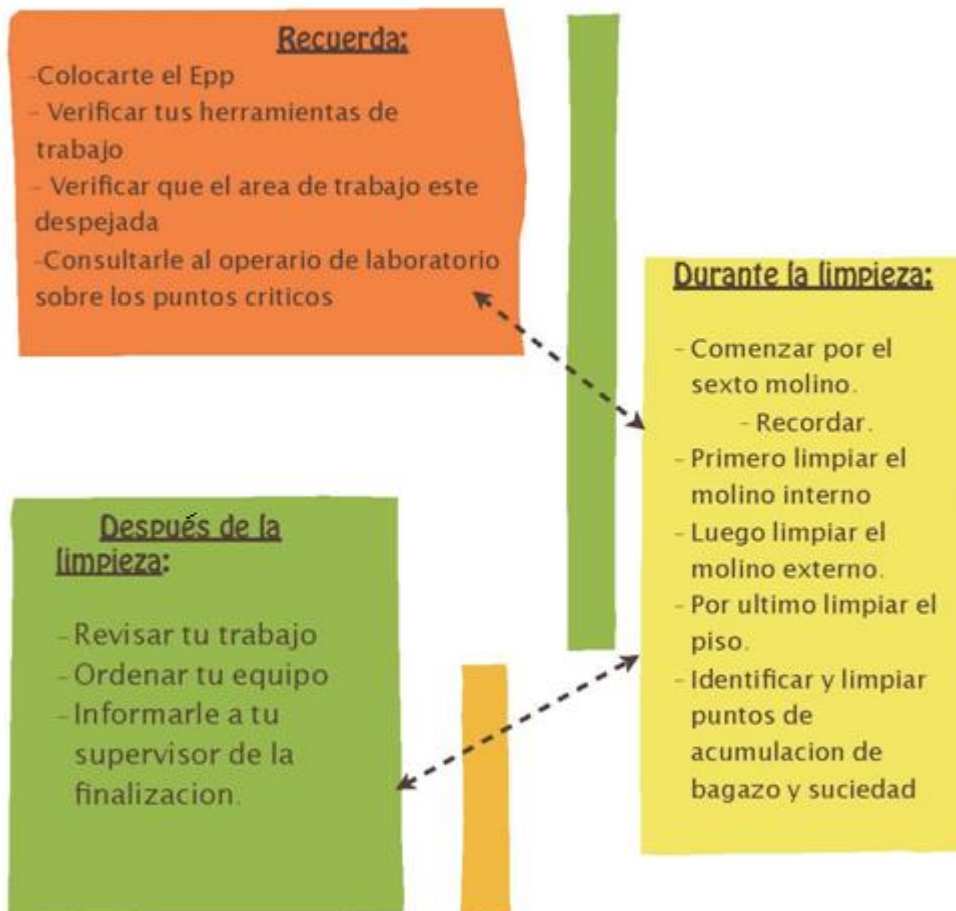
Banner proceso de limpieza tándem

Proceso de Limpieza

Tándem

Ingenio Pantaleón

Zafra 2011 - 2012



Conoce, comparte y vive los valores de nuestra empresa

En Pantaleón estamos comprometidos para que todos alcancemos el éxito.

Ilustración No. 83 – Semáforo microbiológico.

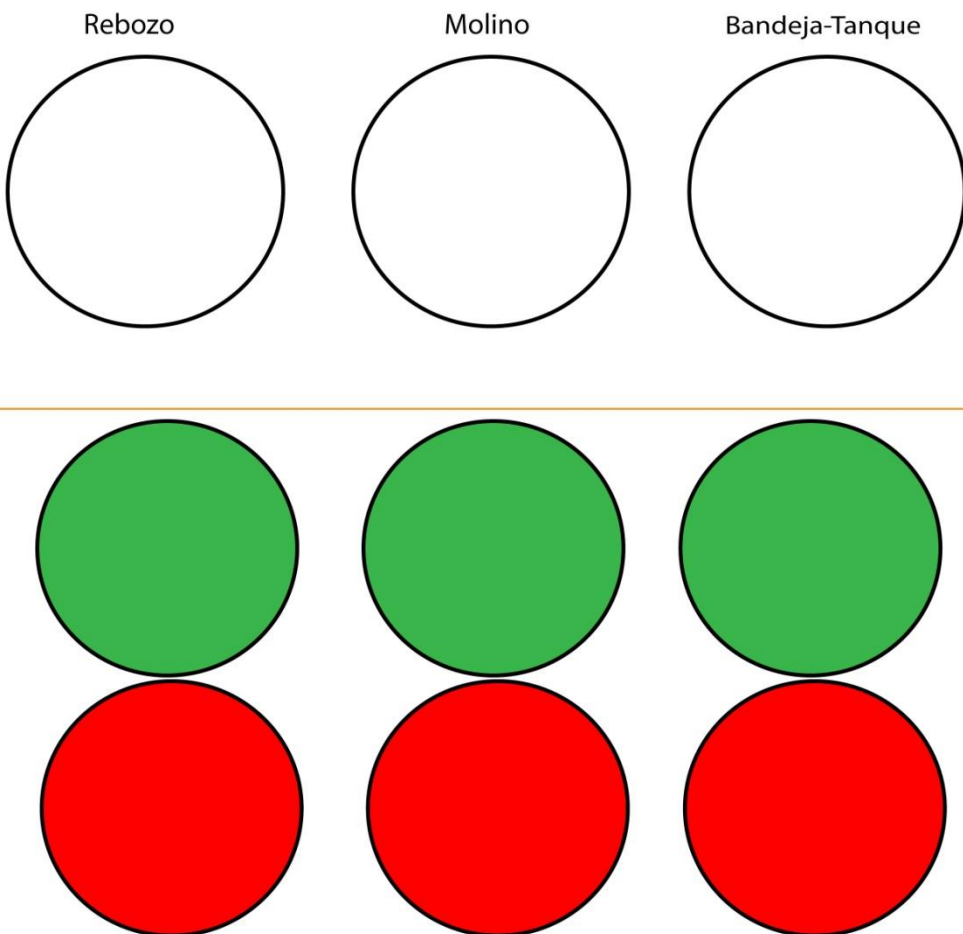



Tabla No. 57 – Hoja de control de limpieza en el tándem.


Pantaleon

Control de Limpieza en el Tandem (Zafra 2011 - 2012)

Dia de Zafra	Horario de Inicio	Horario Fin	Operario CM	Tandem	Numero de Molino	Calidad 1	Molino Interno (min)	Calidad 2	Molino Externo (min)	Calidad 3	Piso (min)
161	14:10	15:30		A	6	Bueno	5	Bueno	3	Bueno	6
161	14:10	15:30		A	5	Bueno	6	Regular	2	Bueno	7
161	14:10	15:30		A	4	Bueno	5	Regular	3	Bueno	4
161	14:10	15:30		A	3	Bueno	2	Regular	2	Bueno	3
161	14:10	15:30		A	2	Bueno	3	Regular	2	Bueno	5
161	14:10	15:30		A	1	Bueno	4	Bueno	3	Bueno	2
161	14:10	15:30		B	6	Bueno	6	Regular	3	Bueno	5
161	14:10	15:30		B	5	Bueno	5	Regular	2	Bueno	4
161	14:10	15:30		B	4	Bueno	5	Regular	1	Bueno	8
161	14:10	15:30		B	3	Bueno	6	Regular	1	Bueno	6
161	14:10	15:30		B	2	Bueno	4	Regular	2	Bueno	5
161	14:10	15:30		B	1	Bueno	4	Regular	3	Bueno	7
Totales											
Tándem A						Tándem B					
Molino Interno (min)		Molino Externo (min)		Piso (min)		Molino Interno (min)		Molino Externo (min)		Piso (min)	
25		15		27		30		12		35	

Trabajo de campo en el Ingenio Pantaleón durante la zafra 2011/2012

Ilustración No. 84 – Trabajo en equipo entre estudiante de la Universidad del Valle y operario de Asepsia.



Ilustración No. 85 – Recolectando muestra del primer molino del tándem A.



Ilustración No. 86 – Recolectando muestra del tanque de jugo diluido del tándem.



D. Apéndice 4

ANEXO No. 1: TABLAS DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS.

Tabla No. 58 – Coeficiente de actividad microbiológica promedio obtenido en los análisis para determinar la dosis óptima de bactericida a escala laboratorio.

Tándem		Bactericida		Muestra	Tiempo en horas	CM (± 0.35)
A	B	Betastab® 10A	Labs SMB®			
	X		X	Testigo 1	4	1.25
	X		X	Testigo 2	3.67	1.36
	X		X	20 ppm (mg/dm ³)	4.17	1.20
	X		X	50 ppm (mg/dm ³)	4.17	1.20
	X		X	100 ppm (mg/dm ³)	4.17	1.20
	X		X	200 ppm (mg/dm ³)	4.08	1.23
	X		X	400 ppm (mg/dm ³)	4.25	1.18
	X		X	600 ppm (mg/dm ³)	5.91	0.85
	X		X	800 ppm (mg/dm ³)	8.08	0.62
	X		X	1000 ppm (mg/dm ³)	9.25	0.54
X			X	Testigo 1	3.5	1.43
X			X	Testigo 2	3.17	1.58
X			X	20 ppm (mg/dm ³)	3.59	1.39
X			X	50 ppm (mg/dm ³)	3.59	1.39
X			X	100 ppm (mg/dm ³)	3.58	1.40
X			X	200 ppm (mg/dm ³)	3.58	1.40
X			X	400 ppm (mg/dm ³)	5.58	0.90
X			X	600 ppm (mg/dm ³)	7.66	0.65
X			X	800 ppm (mg/dm ³)	9	0.56
X			X	1000 ppm (mg/dm ³)	9	0.56
	X	X		Testigo 1	3	1.67
	X	X		Testigo 2	2.75	1.82
	X	X		20 ppm (mg/dm ³)	3.16	1.58
	X	X		50 ppm (mg/dm ³)	3.16	1.58
	X	X		100 ppm (mg/dm ³)	3.16	1.58
	X	X		200 ppm (mg/dm ³)	4.5	1.11
	X	X		400 ppm (mg/dm ³)	4.75	1.05
	X	X		600 ppm (mg/dm ³)	5.17	0.97
	X	X		800 ppm (mg/dm ³)	5.25	0.95
	X	X		1000 ppm (mg/dm ³)	5.41	0.92

Tabla No. 59 – Porcentaje de inhibición respecto a la muestra testigo 1, de bactericida LABS SMB® y BETASTAB® 10A a diferentes concentraciones.

Bactericida			
Betastab®10A	Labs SMB®	Muestra	Porcentaje de Inhibición (± 0.26)
	X	20 ppm (mg/dm ³)	2.5%
	X	50 ppm (mg/dm ³)	2.5%
	X	100 ppm (mg/dm ³)	2.2%
	X	200 ppm (mg/dm ³)	2.2%
	X	400 ppm (mg/dm ³)	37.3%
	X	600 ppm (mg/dm ³)	54.3%
	X	800 ppm (mg/dm ³)	61.1%
	X	1000 ppm (mg/dm ³)	61.1%
X		20 ppm (mg/dm ³)	5.1%
X		50 ppm (mg/dm ³)	5.1%
X		100 ppm (mg/dm ³)	5.1%
X		200 ppm (mg/dm ³)	33.3%
X		400 ppm (mg/dm ³)	36.8%
X		600 ppm (mg/dm ³)	42.0%
X		800 ppm (mg/dm ³)	42.9%
X		1000 ppm (mg/dm ³)	44.5%

Tabla No. 60 – Coeficiente de actividad microbiológica promedio obtenido en los análisis para determinar cuál es la dosis óptima entre 600, 800 y 1000 PPM de bactericida a escala laboratorio.

Tánde m		Bactericida		Muestra	Tiempo en horas	CM (± 1.03)
A	B	Betastab® 10A	Labs SMB ®			
X		X		Testigo 1	2.5	2.00
X		X		Testigo 2	2.33	2.15
X		X		600 ppm (mg/dm ³)	2.5	1.80
X		X		800 ppm (mg/dm ³)	4.84	1.03
X		X		1000 ppm (mg/dm ³)	4.75	0.85
X			X	Testigo 1	2.5	2.00
X			X	Testigo 2	2.33	2.15
X			X	600 ppm (mg/dm ³)	2.33	1.70
X			X	800 ppm (mg/dm ³)	7.85	0.64
X			X	1000 ppm (mg/dm ³)	8.62	0.58
	X	X		Testigo 1	1.58	3.16
	X	X		Testigo 2	1.17	4.27
	X	X		600 ppm (mg/dm ³)	1.75	2.86
	X	X		800 ppm (mg/dm ³)	2.08	2.40
	X	X		1000 ppm (mg/dm ³)	2.25	2.22
	X		X	Testigo 1	1.17	3.16
	X		X	Testigo 2	0.92	4.27
	X		X	600 ppm (mg/dm ³)	3.5	1.43
	X		X	800 ppm (mg/dm ³)	3.5	1.43
	X		X	1000 ppm (mg/dm ³)	3.59	1.39

Tabla No. 61 – Porcentaje de inhibición respecto a la muestra testigo 1, de bactericida LABS SMB® y BETASTAB® 10A a diferentes concentraciones.

Tánde m		Bactericida		Muestra	Porcentaje de inhibición (± 0.21)
A	B	Betastab®10 A	Labs SMB®		
X		X		600 ppm (mg/dm ³)	10.0%
X		X		800 ppm (mg/dm ³)	48.3%
X		X		1000 ppm (mg/dm ³)	57.5%
X			X	600 ppm (mg/dm ³)	15.0%
X			X	800 ppm (mg/dm ³)	68.2%
X			X	1000 ppm (mg/dm ³)	71.0%
	X	X		600 ppm (mg/dm ³)	9.7%
	X	X		800 ppm (mg/dm ³)	24.0%
	X	X		1000 ppm (mg/dm ³)	29.8%
	X		X	600 ppm (mg/dm ³)	54.8%
	X		X	800 ppm (mg/dm ³)	54.8%
	X		X	1000 ppm (mg/dm ³)	55.9%

Tabla No. 62 – Porcentaje de inhibición de los bactericidas (LABS SMB® y BETASTAB® 10A) respecto al coeficiente microbiológico obtenido.

CM (\pm 0.53) inicial	CM (\pm 0.36)final	% de inhibición (\pm 0.66)
1.25	1.20	0.04
1.25	1.20	0.04
1.25	1.20	0.04
1.25	1.23	0.02
1.25	1.18	0.06
1.25	0.85	0.48
1.25	0.62	1.02
1.25	0.54	1.31
1.43	1.39	0.03
1.43	1.39	0.03
1.43	1.40	0.02
1.43	1.40	0.02
1.43	0.90	0.59
1.43	0.65	1.19
1.43	0.56	1.57
1.43	0.56	1.57
1.67	1.58	0.05
1.67	1.58	0.05
1.67	1.58	0.05
1.67	1.11	0.50
1.67	1.05	0.58
1.67	0.97	0.72
1.67	0.95	0.75
1.67	0.92	0.80
2.00	1.80	0.11
2.00	1.03	0.94
2.00	0.85	1.35
2.00	1.70	0.18
2.00	0.64	2.14
2.00	0.58	2.45
3.16	1.43	1.21
3.16	1.43	1.21
3.16	1.39	1.27

Tabla No. 63 – Coeficiente de actividad microbiológica obtenido en los análisis para determinar la representatividad del jugo primario como indicador de la calidad de la caña que entra a los molinos, en el tándem A.

Tándem A antes de lavado		Tándem A después de lavado	
CM (\pm 0.17)Fibra	CM (\pm 0.33)Jugo	CM (\pm 0.22)Fibra	CM (\pm 0.11)Jugo
1.20	1.20	2.07	1.50
1.20	1.20	1.58	1.54
1.20	1.20	1.62	1.28
1.58	1.67	1.50	1.46
1.54	1.25	1.46	1.54
5.00	2.07	1.39	1.25

Tabla No. 64 – Coeficiente de actividad microbiológica promedio obtenido en los análisis para determinar la representatividad del jugo primario como indicador de la calidad de la caña que entra a los molinos, en el tándem B.

Tándem B antes de lavado		Tándem B después de lavado	
CM (\pm 0.27)Fibra	CM (\pm 0.22)Jugo	CM (\pm 0.31)Fibra	CM (\pm 0.11)Jugo
1.76	1.54	1.50	1.46
1.67	1.77	1.54	1.54
1.71	1.54	1.46	1.54
1.56	1.11	1.62	1.30
1.69	1.11	1.87	1.28
1.62	1.76	1.39	1.25
1.67	1.40	1.90	1.43
1.58	1.50	2.40	1.40
2.54	1.54	1.94	1.25

Tabla No. 65 – Porcentaje de disminución promedio del coeficiente microbiológico respecto a la fibra entrante al primer molino, antes y después del lavado.

Tándem A, antes de lavado (± 0.019)	13.8%
Tándem A, después de lavado (± 0.019)	17.1%
Tándem B, antes de lavado (± 0.019)	17.9%
Tándem B, después de lavado (± 0.019)	19.1%

Tabla No. 66 – Porcentaje de disminución promedio del coeficiente microbiológico respecto a la fibra entrante al primer molino 5, 10 y 15 minutos antes y después del lavado.

Tiempo	Tándem B, antes de lavado (± 0.019)	Tándem B, después de lavado (± 0.039)	Tándem A, antes de lavado (± 0.113)	Tándem A, después de lavado (± 0.107)
5 min	19.2%	15.7%	2.8%	27.5%
10 min	15.1%	24.5%	9.4%	2.5%
15 min	19.3%	17.1%	29.3%	21.4%

Tabla No. 67 - Coeficiente de actividad microbiológica obtenido en los análisis de prueba para verificar la representatividad de los puntos de análisis elegidos, para analizar el tanque de jugo diluido del tándem A y B.

Tándem		Bactericida		Corrida	Punto de análisis	Tiempo en horas	CM(± 0.25)
A	B	Betastab®10A	Labs SMB®				
	X	X		1	Entrada	2.67	1.87
	X	X			Fondo Entrada	2.75	1.82
	X	X			Toma Muestras	2.84	1.76
	X	X			Entrada Bomba	2.83	1.77
	X	X			Final tanque Fondo	2.41	2.07
X		X		2	Entrada	2.83	1.77
X		X			Fondo Entrada	2.58	1.94
X		X			Toma Muestras	2.83	1.77
X		X			Entrada Bomba	2.91	1.72
X		X			Final tanque Fondo	2.83	1.77
	X	X		3	Entrada	2.33	2.15
	X	X			Fondo Entrada	2.25	2.22
	X	X			Toma Muestras	2.25	2.22
	X	X			Entrada Bomba	2.16	2.31
	X	X			Final tanque Fondo	2.08	2.40
X		X		4	Entrada	2.25	2.22
X		X			Fondo Entrada	2	2.50
X		X			Toma Muestras	2.25	2.22
X		X			Entrada Bomba	2.16	2.31
X		X			Final tanque Fondo	2.25	2.22

Tabla No. 68 – Coeficiente de actividad microbiológica obtenido en los análisis de aplicación de 15 litros (928±30.93 ppm, mg/dm³, anexo 3) de bactericida en el rebozo del segundo molino del tándem A.

Tándem		Bactericida		Corrida	Punto de análisis	CM (± 0.18)
A	B	Betastab®10A	Labs SMB®			
X		X		1 sin bactericida	Primario	1.82
X		X			Entrada	1.96
X		X			Fondo Entrada	2.00
X		X			Toma Muestras	1.80
X		X			Entrada Bomba	1.99
X		X			Final tanque Fondo	1.85
X		X			Primario	1.78
X		X		2, 5 minutos después	Entrada	1.70
X		X			Fondo Entrada	2.00
X		X			Toma Muestras	1.58
X		X			Entrada Bomba	1.92
X		X			Final tanque Fondo	1.80
X		X			Primario	1.78
X		X		3, 10 minutos después	Entrada	1.50
X		X			Fondo Entrada	2.01
X		X			Toma Muestras	1.54
X		X			Entrada Bomba	1.84
X		X			Final tanque Fondo	1.70
X		X			Primario	1.80
X		X		4, 15 minutos después	Entrada	1.40
X		X			Fondo Entrada	2.13
X		X			Toma Muestras	1.58
X		X			Entrada Bomba	2.01
X		X			Final tanque Fondo	1.80
X		X			Primario	2.00
X		X		5, 20 minutos después	Entrada	1.60
X		X			Fondo Entrada	2.00
X		X			Toma Muestras	1.70
X		X			Entrada Bomba	2.13
X		X			Final tanque Fondo	1.90

Tabla No. 69 - Coeficiente de actividad microbiológica obtenido en los análisis de aplicación de 15 litros (875 ± 29.18 ppm, mg/dm^3 , anexo 3) de bactericida en el rebozo del segundo molino del tándem B.

Tándem		Bactericida		Corrida	Punto de análisis	CM (± 0.32)
A	B	Betastab®10A	Labs SMB®			
	X	X		1 sin bactericida	Primario	3.10
	X	X			Entrada	3.20
	X	X			Fondo Entrada	3.60
	X	X			Toma Muestras	3.00
	X	X			Entrada Bomba	2.94
	X	X			Final tanque Fondo	3.43
	X	X		2, 5 minutos después	Primario	2.88
	X	X			Entrada	3.00
	X	X			Fondo Entrada	3.61
	X	X			Toma Muestras	2.70
	X	X			Entrada Bomba	2.86
	X	X			Final tanque Fondo	3.17
	X	X		3, 10 minutos después	Primario	3.00
	X	X			Entrada	2.90
	X	X			Fondo Entrada	3.30
	X	X			Toma Muestras	2.80
	X	X			Entrada Bomba	2.80
	X	X			Final tanque Fondo	2.46
	X	X		4, 15 minutos después	Primario	2.90
	X	X			Entrada	3.00
	X	X			Fondo Entrada	3.50
	X	X			Toma Muestras	2.70
	X	X			Entrada Bomba	2.50
	X	X			Final tanque Fondo	2.96
	X	X		5, 20 minutos después	Primario	3.00
	X	X			Entrada	3.10
	X	X			Fondo Entrada	3.67
	X	X			Toma Muestras	2.50
	X	X			Entrada Bomba	2.60
	X	X			Final tanque Fondo	3.10

Tabla No. 70 - Coeficiente de actividad microbiológica obtenido en los análisis de aplicación de 20 litros ($1,167 \pm 29.18$ ppm, mg/dm^3 , anexo 3) de bactericida en el rebozo del segundo molino del tándem B.

Tándem		Bactericida		Corrida	Punto de análisis	CM (± 0.20)
A	B	Betastab®10A	Labs SMB®			
	X	X		1 sin bactericida	Primario	2.03
	X	X			Entrada	1.95
	X	X			Fondo Entrada	2.30
	X	X			Toma Muestras	2.19
	X	X			Entrada Bomba	2.12
	X	X			Final tanque Fondo	2.20
	X	X		2, 5 minutos después	Primario	1.83
	X	X			Entrada	1.93
	X	X			Fondo Entrada	2.14
	X	X			Toma Muestras	2.20
	X	X			Entrada Bomba	1.79
	X	X			Final tanque Fondo	2.11
	X	X		3, 10 minutos después	Primario	1.74
	X	X			Entrada	1.91
	X	X			Fondo Entrada	2.30
	X	X			Toma Muestras	1.85
	X	X			Entrada Bomba	1.97
	X	X			Final tanque Fondo	2.26
	X	X		4, 15 minutos después	Primario	1.82
	X	X			Entrada	1.68
	X	X			Fondo Entrada	2.26
	X	X			Toma Muestras	1.90
	X	X			Entrada Bomba	1.77
	X	X			Final tanque Fondo	2.07
	X	X		5, 20 minutos después	Primario	1.85
	X	X			Entrada	1.88
	X	X			Fondo Entrada	2.31
	X	X			Toma Muestras	1.77
	X	X			Entrada Bomba	1.57
	X	X			Final tanque Fondo	2.07

Tabla No. 71 - Coeficiente de actividad microbiológica obtenido en los análisis de aplicación de 15 litros (928 ± 30.93 ppm, mg/dm^3 , anexo 3) de bactericida en el embudo del tanque de jugo diluido del tándem A.

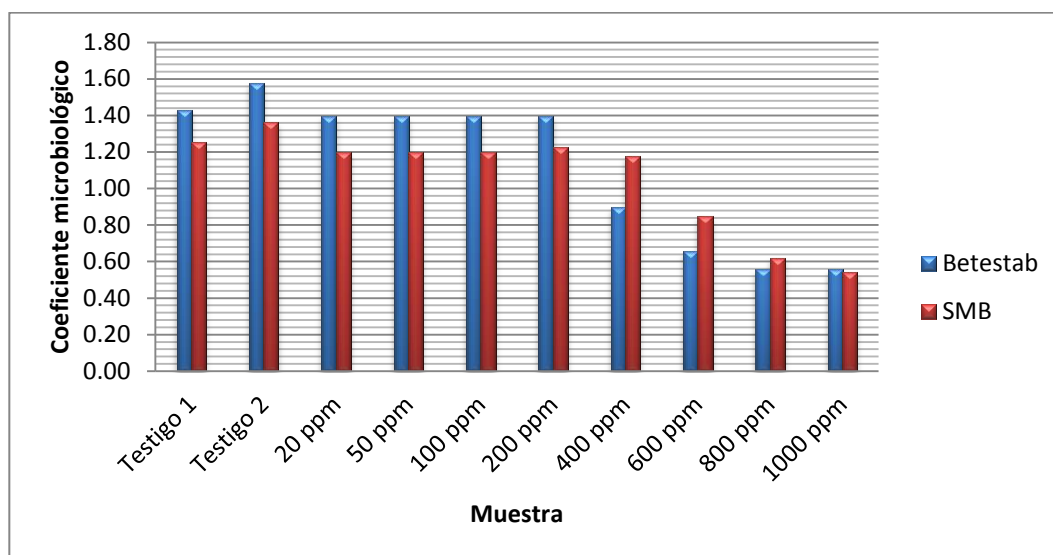
Tándem		Bactericida		Corrida	Punto de análisis	CM (± 0.38)
A	B	Betastab®10A	Labs SMB®			
X		X		1 sin bactericida	Primario	2.50
X		X			Entrada	2.13
X		X			Fondo Entrada	2.30
X		X		2, 5 minutos después	Primario	2.40
X		X			Entrada	1.74
X		X			Fondo Entrada	1.85
X		X		3, 10 minutos después	Primario	2.50
X		X			Entrada	1.50
X		X			Fondo Entrada	1.64
X		X		4, 15 minutos después	Primario	2.25
X		X			Entrada	1.46
X		X			Fondo Entrada	1.46
X		X		5, 20 minutos después	Primario	2.30
X		X			Entrada	1.61
X		X			Fondo Entrada	1.70

Tabla No. 72 - Coeficiente de actividad microbiológica obtenido en los análisis de aplicación de 15 litros (875 ± 29.18 ppm, mg/dm^3 , anexo 3) de bactericida en el embudo del tanque de jugo diluido del tándem B.

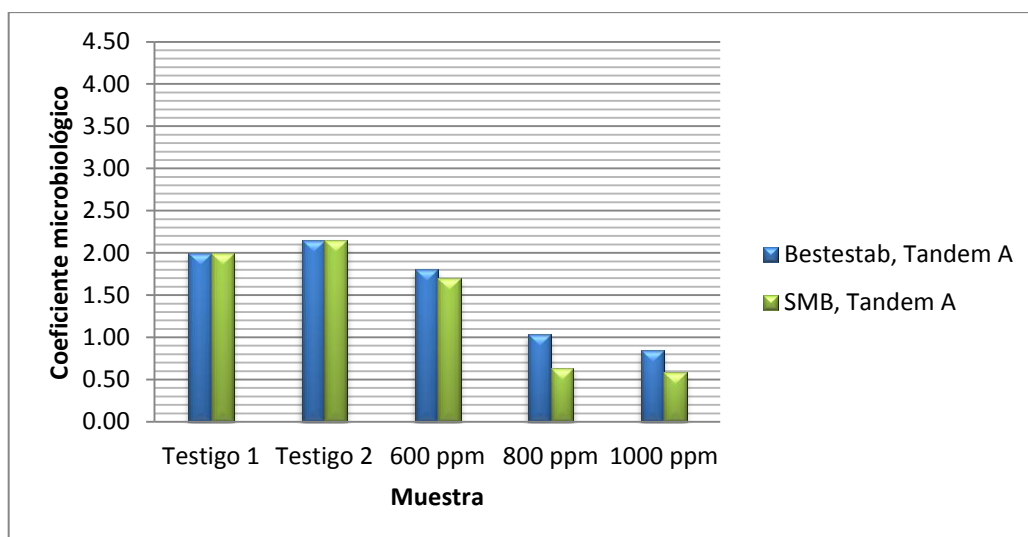
Tándem		Bactericida		Corrida	Punto de análisis	CM (± 0.27)
A	B	Betastab®10A	Labs SMB®			
	X	X		1 sin bactericida	Primario	2.80
	X	X			Entrada	2.60
	X	X			Fondo Entrada	2.76
	X	X		2, 5 minutos después	Primario	2.70
	X	X			Entrada	2.44
	X	X			Fondo Entrada	2.52
	X	X		3, 10 minutos después	Primario	2.60
	X	X			Entrada	2.20
	X	X			Fondo Entrada	2.27
	X	X		4, 15 minutos después	Primario	2.75
	X	X			Entrada	2.14
	X	X			Fondo Entrada	2.10
	X	X		5, 20 minutos después	Primario	2.60
	X	X			Entrada	2.05
	X	X			Fondo Entrada	2.05

ANEXO No. 2: GRÁFICAS AUXILIARES PARA ANÁLISIS DE RESULTADOS.

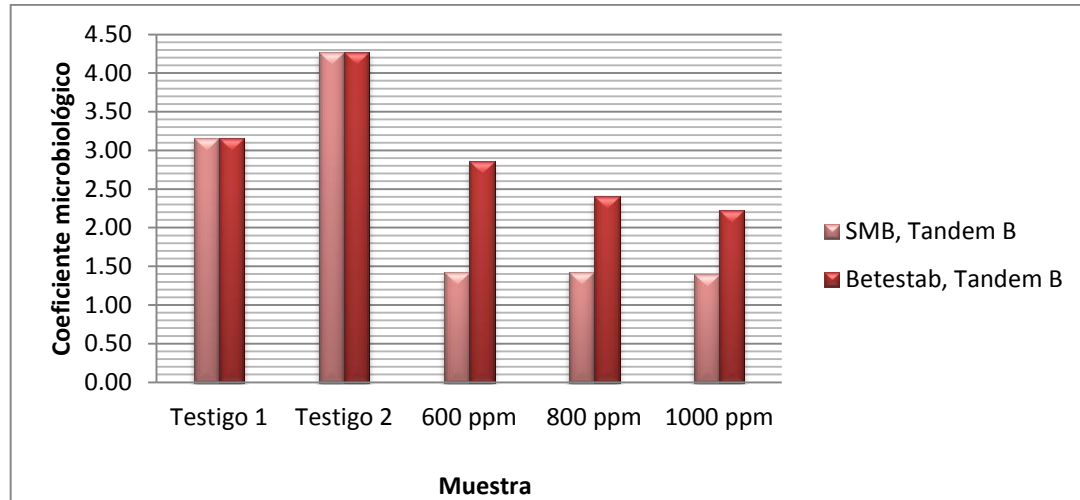
Gráfica No. 68 – Valores promedio de coeficientes microbiológicos obtenidos para cada muestra con diferentes dosis de bactericida, para el bactericida tipo BETESTAB® 10A y LABS SMB®.



Gráfica No. 69 – Coeficiente microbiológico obtenido para cada muestra con diferentes dosis de bactericida, para el bactericida tipo BETASTAB® 10A y LABS SMB®, para el tándem A.



Gráfica No. 70 – Coeficiente microbiológico obtenido para cada muestra con diferentes dosis de bactericida, para el bactericida tipo BETASTAB® 10A y LABS SMB®, para el tándem B.



ANEXO No. 3: CÁLCULOS DE VALORES PORCENTUALES DE COEFICIENTES MICROBIOLÓGICOS.

1. Cálculo del porcentaje de inhibición del bactericida Labs SMB® a 20 ppm (mg/dm³), respecto a la muestra testigo 1.

$$\% \text{ inhibición} = \frac{CM_{\text{testigo 1}} - CM_{20 \text{ ppm}}}{CM_{\text{testigo 1}}} \times 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

$$\% \text{ inhibición} = \frac{1.43 \pm 0.35 - 1.39 \pm 0.35}{1.43 \pm 0.35} \times 100$$

$$\% \text{ inhibición} = 2.51 \pm 0.026 \%$$

*Se realizó el mismo cálculo para el resto de concentraciones de cada uno de los bactericidas (Betastab® 10A y Labs SMB®), y para el porcentaje de disminución de coeficiente microbiológico del jugo primario respecto a la fibra entrante al primero molino.

2. Cálculo de aplicación de bactericida (Betastab® 10A) en ppm (mg bactericida/dm³ jugo) para cada tanque de jugo diluido.

- **Tándem A**

$$15 \pm 0.5 \text{ L bac} \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}} \times \frac{1.19 \text{ g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 17,850,000 \pm 0.50 \text{ mg bac}$$

$$\text{ppm} = \frac{17,850,000 \pm 0.50 \text{ mg bac}}{5081 \pm 1 \text{ gal} \times \frac{3.78 \text{ gal}}{1 \text{ dm}^3}} = 928.06 \pm 30.93 \frac{\text{mg bactericida}}{\text{dm}^3 \text{ jugo}}$$

- **Tándem B**

$$15 \pm 0.5 \text{ L bac} \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}} \times \frac{1.19 \text{ g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 17,850,000 \pm 0.50 \text{ mg bac}$$

$$\text{ppm} = \frac{17,850,000 \pm 0.50 \text{ mg bac}}{5386 \pm 1 \text{ gal} \times \frac{3.78 \text{ gal}}{1 \text{ dm}^3}} = 875.51 \pm 29.18 \frac{\text{mg bactericida}}{\text{dm}^3 \text{ jugo}}$$

$$20 \pm 0.5 \text{ L bac} \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}} \times \frac{1.19 \text{ g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 17,850,000 \pm 0.50 \text{ mg bac}$$

$$ppm = \frac{17,850,000 \pm 0.50 \text{ mg bac}}{5386 \pm 1 \text{ gal} \times \frac{3.78 \text{ gal}}{1 \text{ dm}^3}} = 1167.34 \pm 29.18 \frac{\text{mg bactericida}}{\text{dm}^3 \text{ jugo}}$$

ANEXO No. 4: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

1. Propagación de error en el cálculo de una división o multiplicación

$$S_y = y * \sqrt{\left(\frac{S_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{S_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{S_c}{c}\right)^2} \quad \text{Ecuación No. 4}$$

(Skoog, 2005)

Donde S_a , S_b y S_c denotan la incertidumbre de la medida a, b y c, respectivamente, siendo y el resultado de la multiplicación y/o división.

$$928.06 * \sqrt{\left(\frac{0.50}{15}\right)^2 + \left(\frac{1}{5081}\right)^2} = 30.93$$

De la misma manera se calculó la incertidumbre de cualquier otro cálculo que involucrará una multiplicación o división.

2. Desviación estándar de los coeficientes microbiológicos obtenidos

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad \text{Ecuación No. 5}$$

(Skoog, 2005)

Donde la cantidad $(x_i - \bar{x})$ representa la desviación del valor x_i de la media \bar{x} y N-1 el número de grados de libertad.

Tomando como ejemplo los datos de la Tabla No. 2 (Anexo No. 1)

Usando un solver (Microsoft Excel) se obtiene:

$$s = 0.35$$

*De la misma manera se realizó el cálculo de la desviación estándar del resto de los resultados.

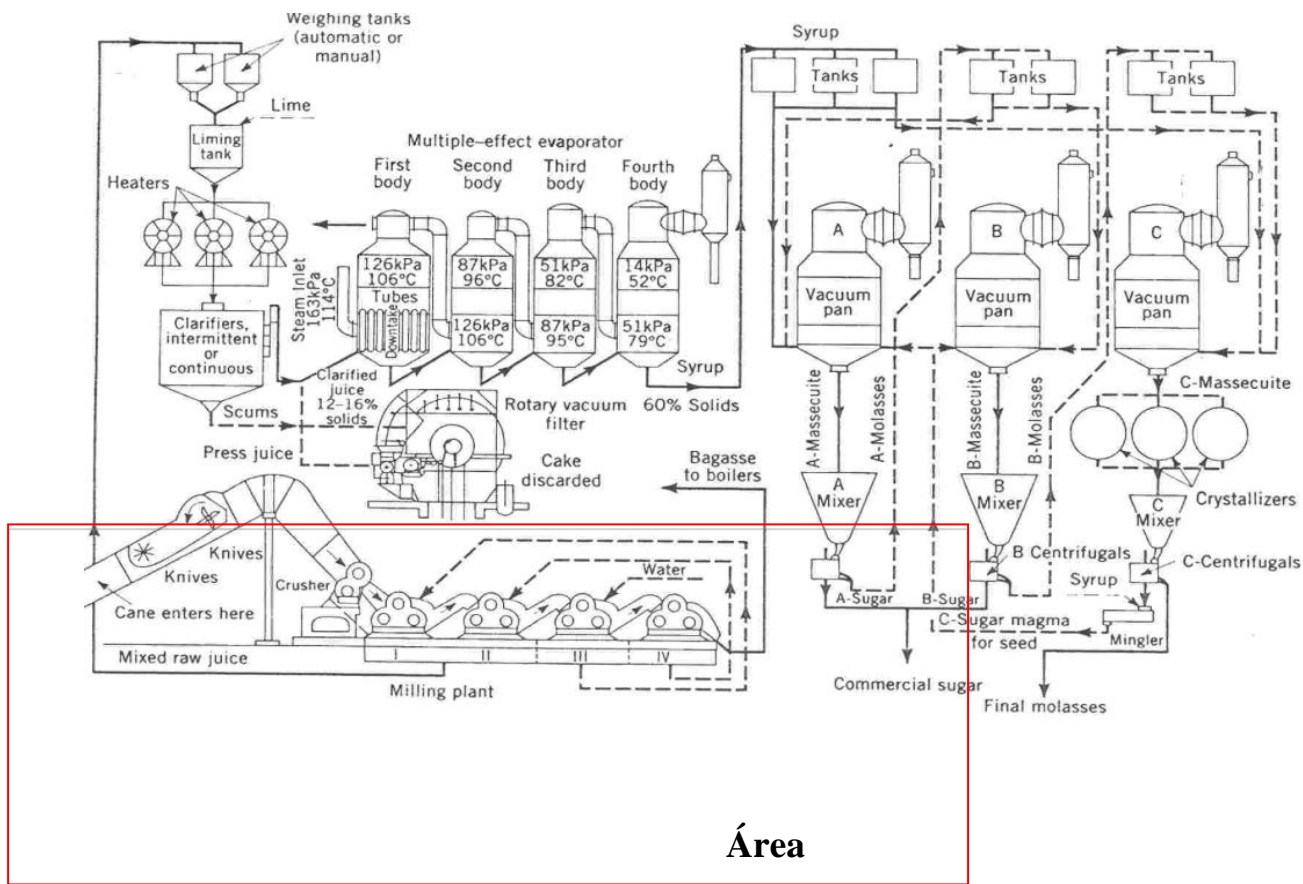
ANEXO No. 5: DIAGRAMAS DE BLOQUES

Ilustración No. 87 – Pasos a seguir para llevar a cabo el test de resazurina.



ANEXO No. 6: DIAGRAMAS DE FLUJO

Ilustración No. 88 – Secuencia de proceso de producción de azúcar.



ANEXO No. 7: PLANOS

Ilustración No. 89 – Medidas en CM del tanque de jugo diluido del tándem A.

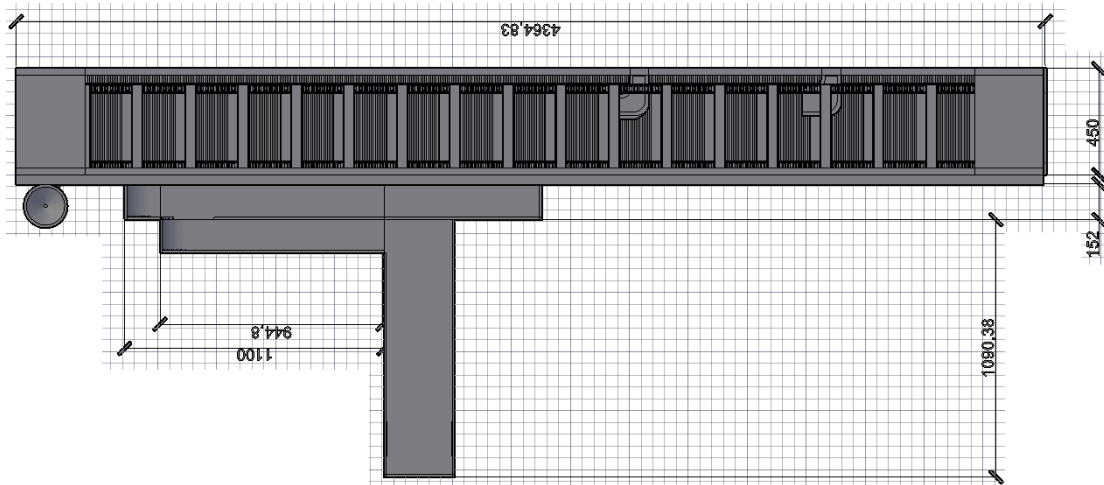
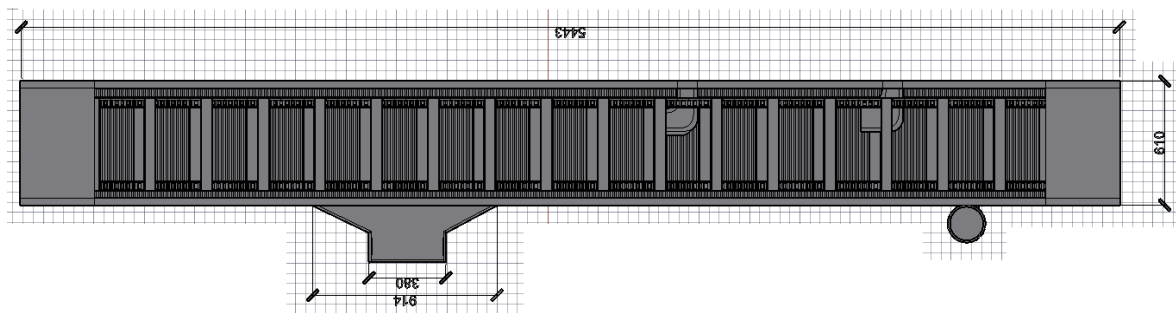


Ilustración No. 90 – Medidas en CM del tanque de jugo diluido del tándem B.



E. Apéndice 5**Ilustración No. 91 – Filtro de vacío tipo 1.****Ilustración No. 92 – Filtro de vacío tipo 2.**

Ilustración No. 93 – Sistema que succiona el jugo del lodo.

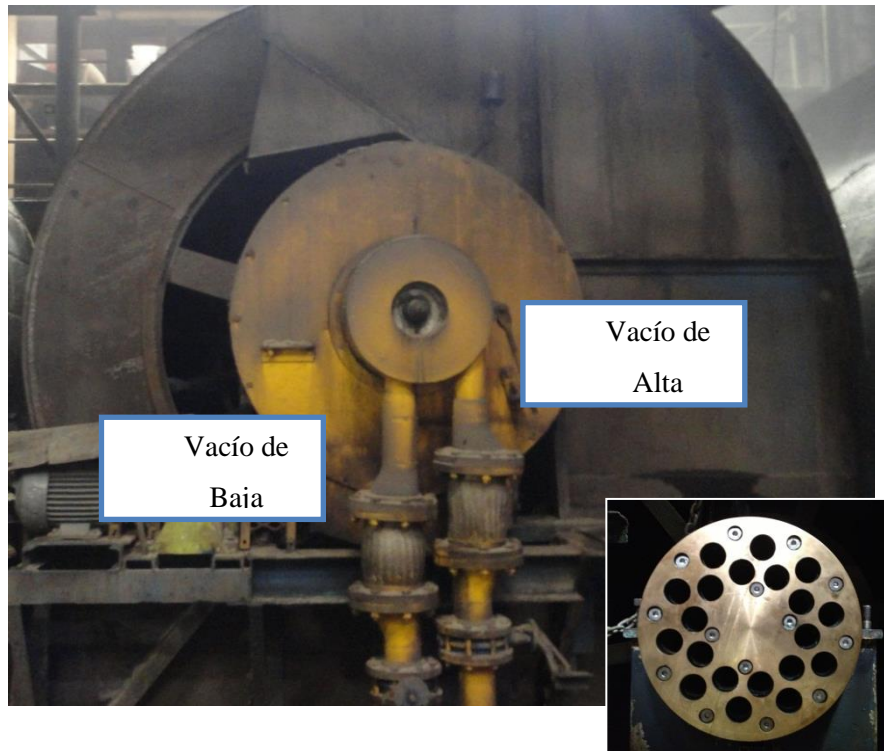


Ilustración No. 94 – Aspa para desprender la torta de lodo seca.



Ilustración No. 95 – Vista aérea del tanque de distribución que alimenta a los filtros.



Ilustración No. 96 – Vista lateral del tanque distribuidor que alimenta a los filtros.



Ilustración No. 97 – Canal dónde se mezcla los lodos de los 5 clarificadores, el bagazo, el lodo recirculado y la echada de cal.



Ilustración No. 98 – Tanque de recirculación.



Ilustración No. 99 – Tanque de jugo filtrado.



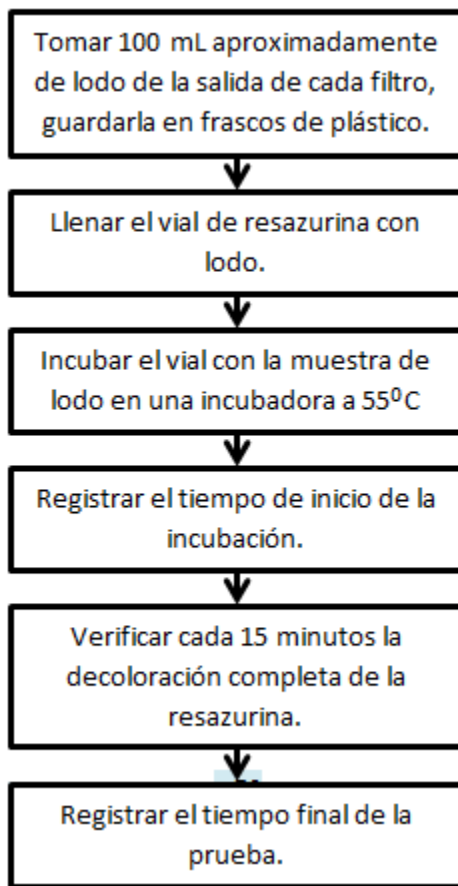
Ilustración No. 100 – Diagrama de flujo del desarrollo del test de la resazurina.

Tabla No. 73 – Temperatura de los puntos, frontal y trasera de cada filtro, 8 corridas.

Sistema	Parte	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)
filtro 1	Delantera	50	52	56.8	47	49	53	54	--
	Trasera	--	--	--	--	--	--	--	--
filtro 2	Delantera	--	--	53.6	50	50	50	51	53
	Trasera	--	--	49.2	55	49	49	45	45
filtro 3	Delantera	--	--	56	--	--	--	--	--
	Trasera	--	--	53.6	--	--	--	--	--
filtro 4	Delantera	51	50	77.6	50	51	58	57	54
	Trasera	52	46	53.4	55	54	60	57	54
filtro 5	Delantera	65	62	65.8	58	62	62	61	65
	Trasera	62	65	66.4	67	62	61	62	65
filtro 6	Delantera	52	49	--	54.6	50	58	55	55
	Trasera	51	54	--	50	54	53	52	51

Tabla No. 74 – Temperatura de cada sección del tanque de distribución, 6 corridas.

Sección	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)
filtro 1	65	65	66	68	69	68
filtro 2	--	--	66	68	69	68
filtro 3	--	--	--	--	--	--
filtro 4	69	71	68	70	72	71
filtro 5	67	68	65	69	70	69
filtro 6	65	65	68	68	70	68

Tabla No. 75 - PH1, PH2 y PH3 para las corridas 1, 2 y 3 de la prueba de fermentación espontánea.

Muestra	Corrida 1			Corrida 2			Corrida 3		
	pH 1	pH 2	pH 3	pH 1	pH 2	pH 3	pH 1	pH 2	pH 3
Tanque	10.2	9.8	10.1	8.4	8.26	6.99	8	7.7	6.6
Filtro 1	9.5	9.4	9.8	8.3	6.13	5.87	8	6.3	5.9
Filtro 2	9.3	9.1	9.5	8.17	6.81	6.08	7.9	5.8	5.5
Filtro 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Filtro 4	9.8	9.5	9.7	8.51	8.31	6.82	8.2	7.7	6.8
Filtro 5	9.5	9.4	9.8	8.42	8.3	7.02	8.1	7.8	6.8
Filtro 6	9.6	9.1	9.5	7.55	6	5.59	6.7	5.5	5.2
Clarificador 1	7.4	7.2		6.91	6.96	6.92	6.6	6.6	6.5
Clarificador 2	7.2	7		7.04	7.1	7.01	6.7	6.6	6.7
Clarificador 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Clarificador 4	7	6.8		7.04	7.13	7.17	6.6	6.5	6.5
Clarificador 5	7.3	7.2		6.9	7.1	7.07	6.8	6.6	6.7
Jugo filtrado	--	--	--	6.97	6.64	6.35	6.7	5.9	5.4
Recirculación	9.7	9.5	9.7	--	--	--	--	--	--

Tabla No. 76 - PH1, PH2 y PH3 para las corridas 4, 5 y 6, prueba de fermentación espontánea.

Muestra	Corrida 4			Corrida 5			Corrida 6		
	pH 1	pH 2	pH 3	pH 1	pH 2	pH 3	pH 1	pH 2	pH 3
Tanque	7.2	7	6.9	8.4	7.8	7.8	6.5	6.65	6.44
Filtro 1	7.4	6.4	6.2	8.6	6.3	6.1	6.58	6.69	5.39
Filtro 2	7.3	7.1	6.7	8.4	5.9	5.6	6.7	5.08	4.86
Filtro 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Filtro 4	7.3	7.2	7	8.6	8.3	7.6	6.68	6.65	6.42
Filtro 5	7.2	7.1	7.1	8.6	8.4	8	5.6	6.66	6.44
Filtro 6	7.4	5.9	5.7	7.8	5.7	5.6	6.75	5.01	4.95
Clarificador 1	--	--	--	7.2	7.2	7.1	--	--	--
Clarificador 2	--	--	--	7.3	7.3	7.2	--	--	--
Clarificador 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Clarificador 4	7	7.3	7	7.2	7.2	7.2	6.64	6.61	6.67
Clarificador 5	7.2	7.1	7.2	7.4	7.4	7.3	6.91	6.11	7.02
Jugo filtrado	6.6	6.3	5.7	7.2	6.5	5.9	6.31	6.88	5.87
Recirculación	--	--	--	--	--	--	6.78	6.74	6.87

Tabla No. 77 - PH1, PH2 y PH3 para las corridas 7, 8 y 9, prueba de fermentación espontánea.

Muestra	Corrida 7			Corrida 8			Corrida 9		
	pH 1	pH 2	pH 3	pH 1	pH 2	pH 3	pH 1	pH 2	pH 3
Tanque	7.1	6.99	6.75	7.07	7.1	6.89	8.64	8.28	7.33
Filtro 1	7.21	6.17	5.57	6.61	5.39	5.29	8.39	5.95	6.12
Filtro 2	7.27	5.64	5.46	7.03	5.57	5.27	8.53	6.94	5.55
Filtro 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Filtro 4	7.16	7	6.82	7.14	7.05	6.73	8.5	8.07	6.87
Filtro 5	7.13	6.98	6.75	7.08	7.04	6.96	8.57	8.31	7.1
Filtro 6	5.98	5.15	4.86	6.24	5.5	5.24	6.05	5.26	5.2
Clarificador 1	6.84	6.73	6.8	6.78	6.78	6.64	--	--	--
Clarificador 2	6.91	6.77	6.74	6.82	6.85	6.74	--	--	--
Clarificador 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Clarificador 4	6.98	6.76	6.77	6.72	6.74	6.72	6.83	6.96	6.8
Clarificador 5	6.86	6.63	6.36	7.21	7.27	6.69	7.19	7.37	6.62
Jugo filtrado	6.45	6.28	6.09	6.48	6.41	6.14	6.96	6.63	5.58
Recirculación	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla No. 78 – Caída de PH para las corridas 1, 2 y 3.

Muestra	Corrida 1		Corrida 2		Corrida 3	
	Caída 1	Caída 2	Caída 1	Caída 2	Caída 1	Caída 2
Tanque	0.4	0.1	0.14	1.41	0.3	1.4
Filtro 1	0.1	-0.3	2.17	2.43	1.7	2.1
Filtro 2	0.2	-0.2	1.36	2.09	2.1	2.4
Filtro 3	--	--	--	--	--	--
Filtro 4	0.3	0.1	0.2	1.69	0.5	1.4
Filtro 5	0.1	-0.3	0.12	1.4	0.3	1.3
Filtro 6	0.5	0.1	1.55	1.96	1.2	1.5
Clarificador 1	0.2	7.4	-0.05	-0.01	0	0.1
Clarificador 2	0.2	7.2	-0.06	0.03	0.1	0
Clarificador 3	--	--	--	--	--	--
Clarificador 4	0.2	7	-0.09	-0.13	0.1	0.1
Clarificador 5	0.1	7.3	-0.2	-0.17	0.2	0.1
Jugo filtrado	--	--	0.33	0.62	0.8	1.3
Recirculación	0.2	0	--	--	--	--

Tabla No. 79 – Caída de PH para las corridas 4, 5 y 6.

Muestra	Corrida 4		Corrida 5		Corrida 6	
	Caída 1	Caída 2	Caída 1	Caída 2	Caída 1	Caída 2
Tanque	0.2	0.3	0.6	0.6	-0.15	0.06
Filtro 1	1	1.2	2.3	2.5	-0.11	1.19
Filtro 2	0.2	0.6	2.5	2.8	1.62	1.84
Filtro 3	--	--	--	--	--	--
Filtro 4	0.1	0.3	0.3	1	0.03	0.26
Filtro 5	0.1	0.1	0.2	0.6	-1.06	-0.8
Filtro 6	1.5	1.7	2.1	2.2	1.74	1.8
Clarificador 1	--	--	0	0.1	--	--
Clarificador 2	--	--	0	0.1	--	--
Clarificador 3	--	--	--	--	--	--
Clarificador 4	-0.3	0	0	0	0.03	-0
Clarificador 5	0.1	0	0	0.1	0.8	-0.1
Jugo filtrado	0.3	0.9	0.7	1.3	-0.57	0.44
Recirculación	--	--	--	--	0.04	-0.1

Tabla No. 80 – Caída de PH para las corridas 7, 8 y 9.

Muestra	Corrida 7		Corrida 8		Corrida 9	
	Caída 1	Caída 2	Caída 1	Caída 2	Caída 1	Caída 2
Tanque	0.11	0.35	-0.03	0.18	0.36	1.31
Filtro 1	1.04	1.64	1.22	1.32	2.44	2.27
Filtro 2	1.63	1.81	1.46	1.76	1.59	2.98
Filtro 3	--	--	--	--	--	--
Filtro 4	0.16	0.34	0.09	0.41	0.43	1.63
Filtro 5	0.15	0.38	0.04	0.12	0.26	1.47
Filtro 6	0.83	1.12	0.74	1	0.79	0.85
Clarificador 1	0.11	0.04	0	0.14	--	--
Clarificador 2	0.14	0.17	-0.03	0.08	--	--
Clarificador 3	--	--	--	--	--	--
Clarificador 4	0.22	0.21	-0.02	0	-0.13	0.03
Clarificador 5	0.23	0.5	-0.06	0.52	-0.18	0.57
Jugo Filtrado	0.17	0.36	0.07	0.34	0.33	1.38
Recirculación	--	--	--	--	--	--

Tabla No. 81 - PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración de 900 PPM, filtro 1.

Muestra	pH 1	pH 2	pH 3
Filtro 1 (testigo)	8.3	7.1	6.6
Filtro 1 (900 ppm)	8.3	8.3	8.3

Tabla No. 82 - PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración de 900 PPM, filtro 2.

Muestra	pH 1	pH 2	pH 3
Filtro 2 (testigo)	8.1	6.1	5.8
Filtro 2 (900 ppm)	8.1	8.2	8.2

Tabla No. 83 - PH 1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración de 800, 600 y 400 PPM, filtro 1.

Muestra	pH 1	pH 2	pH 3
Filtro 1 (testigo)	8.4	7.9	6.5
Filtro 1 (800 ppm)	8.4	8.3	8.2
Filtro 1 (600 ppm)	8.4	8.3	8.2
Filtro 1 (400 ppm)	8.4	8.3	8.2

Tabla No. 84 - PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración 800, 600 y 400 PPM, filtro 2.

Muestra	pH 1	pH 2	pH 3
Filtro 2 (testigo)	8.4	7.8	6.4
Filtro 2 (800 ppm)	8.4	8.3	8.2
Filtro 2 (600 ppm)	8.4	8.3	8.2
Filtro 2 (400 ppm)	8.4	8.3	8.2

Tabla No. 85 - PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración de 200 y 100 PPM, filtro 1.

Muestra	pH 1	pH 2	pH 3
Filtro 1 (testigo)	8.4	8	7.2
Filtro 1 (200 ppm)	8.5	8.4	8.2
Filtro 1 (100 ppm)	8.5	8.5	8.3

Tabla No. 86 - PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración de 200 y 100 PPM, filtro 2.

Muestra	pH 1	pH 2	pH 3
Filtro 2 (testigo)	8.5	8.2	7.2
Filtro 2 (200 ppm)	8.5	8.4	8.2
Filtro 2 (100 ppm)	8.5	8.4	7.6

Tabla No. 87 - PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración de 50, 30 y 10 PPM, filtro 1.

Muestra	pH 1	pH 2	pH 3
Filtro 1 (testigo)	8.5	7.6	6.4
Filtro 1 (50ppm)	8.6	8.4	7
Filtro 1 (30 ppm)	8.6	8.2	6.6
Filtro 1 (10 ppm)	8.6	8.1	6.6

Tabla No. 88 - PH1, PH2 y PH3 para la prueba con bactericida a una concentración de 50, 30 y 10 PPM, filtro 2.

Muestra	pH 1	pH 2	pH 3
Filtro 2 (testigo)	8.3	6.8	6.1
Filtro 2 (50 ppm)	8.4	7.3	6.3
Filtro 2 (30 ppm)	8.3	7	6.2
Filtro 2 (10 ppm)	8.3	7	6.2

Tabla No. 89 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 900 PPM, filtro 1.

Muestra	Caída 1	Caída 2
Filtro 1 (testigo)	1.2	0.5
Filtro 1 (900 ppm)	0	0

Tabla No. 90 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 900 PPM, filtro 2.

Muestra	Caída 1	Caída 2
Filtro 2 (testigo)	2	0.3
Filtro 2 (900 ppm)	-0.1	0

Tabla No. 91 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración 800, 600 y 400 PPM, filtro 1.

Muestra	Caída 1	Caída 2
Filtro 1 (testigo)	0.5	1.4
Filtro 1 (800 ppm)	0.1	0.1
Filtro 1 (600 ppm)	0.1	0.1
Filtro 1 (400 ppm)	0.1	0.1

Tabla No. 92 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 800, 600 y 400 PPM, filtro 2.

Muestra	Caída 1	Caída 2
Filtro 2 (testigo)	0.6	1.4
Filtro 2 (800 ppm)	0.1	0.1
Filtro 2 (600 ppm)	0.1	0.1
Filtro 2 (400 ppm)	0.1	0.1

Tabla No. 93 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 200 y 100 PPM, filtro 1.

Muestra	Caída 1	Caída 2
Filtro 1 (testigo)	0.4	0.8
Filtro 1 (200 ppm)	0.1	0.2
Filtro 1 (100 ppm)	0	0.2

Tabla No. 94 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 200 y 100 PPM, filtro 2.

Muestra	Caída 1	Caída 2
Filtro 2 (testigo)	0.3	1
Filtro 2 (200 ppm)	0.1	0.2
Filtro 2 (100 ppm)	0.1	0.8

Tabla No. 95 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 50, 30 y 10 PPM, filtro 1.

Muestra	Caída 1	Caída 2
Filtro 1 (testigo)	0.9	1.2
Filtro 1 (50ppm)	0.2	1.4
Filtro 1 (30 ppm)	0.4	1.6
Filtro 1 (10 ppm)	0.5	1.5

Tabla No. 96 – Caída de PH para la prueba con bactericida a una concentración de 50, 30 y 10 PPM, filtro 2.

Muestra	Caída 1	Caída 2
Filtro 2 (testigo)	1.5	0.7
Filtro 2 (50 ppm)	1.1	1
Filtro 2 (30 ppm)	1.3	0.8
Filtro 2 (10 ppm)	1.3	0.8

Tabla No. 97 – Tiempo inicial y final para cálculo del CM, corrida 1.

muestra	t inicial	t final	Tiempo horas	CM
tanque	9.5	14.67	5.17	0.97
filtro 1	9.5	13.33	3.83	1.31
filtro 2	9.5	12.58	3.08	1.62
filtro 4	9.5	14.17	4.67	1.07
filtro 5	9.5	14.67	5.17	0.97
filtro 6	9.5	11	1.5	3.33

Tabla No. 98 – Tiempo inicial y final para cálculo del CM, corrida 2.

muestra	t inicial	t final	Tiempo horas	CM
tanque	10	15.42	5.42	0.92
filtro 1	10	13.75	3.75	1.33
filtro 2	10	13.83	3.83	1.31
filtro 4	10	14.83	4.83	1.04
filtro 5	10	15.42	5.42	0.92
filtro 6	10	11.58	1.58	3.16

Tabla No. 99 – Tiempo inicial y final para cálculo del CM, corrida 3

muestra	t inicial	t final	Tiempo horas	CM
tanque	15.083	19.5	4.417	1.13
filtro 1	15.083	18.33	3.247	1.54
filtro 2	15.083	19.17	4.087	1.22
filtro 4	15.083	19.5	4.417	1.13
filtro 5	15.083	19.5	4.417	1.13
filtro 6	15.083	16.42	1.337	3.74

Hojas Técnicas

Agar plate count

118412 Agar plate count

Placas de contacto Envirocheck®

Información sobre producto

Número HS	3821 00 00
Categoría de almacenamiento	Almacenar entre +15°C y +25°C.

Datos químicos y físicos

Valor de pH	6.8 - 7.2 (H ₂ O)
-------------	------------------------------


Información de seguridad

Clase de almacenamiento	10 - 13 Otros líquidos y sustancias sólidas
WGK	NWG ningún peligro para el agua
Disposal	28 Soluciones acuosas: categoría D.

Violeta cristal

109218 Violeta cristal en solución según Gram

para la tinción de Gram

Información sobre producto	
Número HS	3204 19 00
Categoría de almacenamiento	Almacenar entre +15°C y +25°C.
Datos químicos y físicos	
Solubilidad en agua	(20 °C) soluble
Densidad	0.99 g/cm ³ (20 °C)
Temperatura de inflamabilidad	47 °C
Información de seguridad de acuerdo a GHS	
Hazard Statement(s)	H226: Líquidos y vapores inflamables. H412: Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
Precautionary Statement(s)	P273: Evitar su liberación al medio ambiente.
Signal Word	Atención
Hazard Pictogram(s)	
Clase de almacenamiento	3 Líquidos inflamables
WGK	WGK 2 contamina el agua
Disposal	28 Soluciones acuosas: categoría D.
Información de seguridad	
Frase R	R 10-52/53 Inflamable. Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
Frase S	S 61 Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.
Características de peligrosidad	inflamable, peligroso para el medio ambiente

Agar patata-glucosa

110130 Agar patata-glucosa

para microbiología

Información sobre producto	
Número HS	3821 00 00
Categoría de almacenamiento	Almacenar entre +15°C y +25°C.
Datos químicos y físicos	
Solubilidad en agua	39 g/l (100 °C)
Bulk density	610 kg/m ³
Valor de pH	5.6 (39 g/l, H ₂ O, 21 °C) (tras autoclave)
Información de seguridad	
Clase de almacenamiento	10 - 13 Otros líquidos y sustancias sólidas
WGK	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Disposal	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.

© Merck KGaA, Darmstadt, Alemania, quimicos(at)merck.com.gt, 2012

F. Apéndice 6

Tabla No. 100 – CM promedio y proporción de lodos por segundo de jugo sulfitado.

CM promedio	Velocidad (± 0.003 cm ³ /s)
0.63 ± 0.01	0.405
0.66 ± 0.01	0.385
0.72 ± 0.01	0.370
0.79 ± 0.01	0.320
0.96 ± 0.02	0.220

Tabla No. 101 – CM promedio y proporción final de lodos en jugo sulfitado.

CM promedio	Proporción final de lodos (± 0.5 %)
0.63 ± 0.01	19.0
0.66 ± 0.01	23.0
0.72 ± 0.01	26.0
0.79 ± 0.01	36.0
0.96 ± 0.02	56.0

Tabla No. 102 – CM promedio y volumen de sacarato utilizado en simulación de evaporación.

CM promedio	Volumen de sacarato utilizado en análisis (± 0.5 mL)
0.63 ± 0.01	20.0
0.66 ± 0.01	22.0
0.72 ± 0.01	24.5
0.79 ± 0.01	28.1
0.96 ± 0.02	30.4

Tabla No. 103 – CM promedio y proporción en exceso de sacarato en simulación de evaporación.

CM promedio	Proporción en exceso de sacarato (± 0.5 %)
0.63 ± 0.01	0.00
0.66 ± 0.01	0.10
0.72 ± 0.01	0.26
0.79 ± 0.01	0.72
0.96 ± 0.02	0.90

Tabla No. 104 – CM promedio e incrustaciones por unidad de área en simulación de evaporación.

CM promedio	Incrustación por unidad de área en simulación de evaporación (kg/m ²)
0.63 ± 0.01	0.0130 ± 0.0012
0.66 ± 0.01	0.0783 ± 0.0073
0.72 ± 0.01	0.0913 ± 0.0085
0.79 ± 0.01	0.1696 ± 0.0158
0.96 ± 0.02	0.2218 ± 0.0206

Tabla No. 105 – CM promedio y PH en fermentación espontánea.

CM promedio	Cambio de pH en fermentación espontánea (± 0.01 ΔpH)
0.63 ± 0.01	0.00
0.66 ± 0.01	0.10
0.72 ± 0.01	0.20
0.79 ± 0.01	0.30

Tabla No. 106 – Promedios acumulativos de muestras que se definieron en campos 3 y 4.

Campo	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 1 (± 0.0032)	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 2 (± 0.0087)	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 3 (± 0.0069)	Promedio de coeficiente de elongación. Muestras 1-3
1	1.3652	1.3272	1.3569	1.3497 ± 0.0200
2	1.2616	1.3624	1.3825	1.3355 ± 0.0648
3	1.4731	1.3167	1.3887	1.3928 ± 0.0783
4	1.5160	1.3064	1.3995	1.4073 ± 0.1051
5	1.4617	1.3047	1.3978	1.3881 ± 0.0790
6	1.4723	1.3122	1.3936	1.3927 ± 0.0801
7	1.4788	1.3053	1.3929	1.3923 ± 0.0867
8	1.4595	1.3036	1.3955	1.3862 ± 0.0783
9	1.4708	1.3113	1.3983	1.3935 ± 0.0798
10	1.4705	1.3111	1.3988	1.3935 ± 0.0798

Tabla No. 107 – Promedios acumulativos de muestras que se definieron en campo 5.

Campo	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 4 (± 0.0005)	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 5 (± 0.0048)	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 6 (± 0.0004)	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 7 (± 0.0064)	Promedio de coeficiente de elongación. Muestras 4-7
1	1.2734	1.1404	1.2479	1.5653	1.3067 \pm 0.1817
2	1.3496	1.2008	1.2398	1.4302	1.3051 \pm 0.1045
3	1.4217	1.2082	1.2474	1.3703	1.3119 \pm 0.1006
4	1.4305	1.2355	1.2744	1.3579	1.3246 \pm 0.0872
5	1.3935	1.2427	1.2688	1.3384	1.3108 \pm 0.0683
6	1.3884	1.2438	1.2730	1.3372	1.3106 \pm 0.0649
7	1.3861	1.2539	1.2736	1.3160	1.3074 \pm 0.0585
8	1.3874	1.2515	1.2702	1.3144	1.3059 \pm 0.0604
9	1.3704	1.2529	1.2751	1.3142	1.3031 \pm 0.0515
10	1.3713	1.2559	1.2771	1.3145	1.3047 \pm 0.0506

Tabla No. 108 – Promedios acumulativos de muestras que se definieron en campo 6, parte I.

Campo	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 8 (± 0.0070)	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 9 (± 0.0062)	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 10 (± 0.0012)	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 11 (± 0.0002)
1	1.4104	1.3249	1.2500	1.3272
2	1.3539	1.3287	1.2049	1.3189
3	1.3379	1.3465	1.2367	1.2933
4	1.3306	1.3161	1.2349	1.2884
5	1.3338	1.3263	1.2357	1.2907
6	1.3180	1.3649	1.2479	1.3007
7	1.3363	1.3711	1.2524	1.2960
8	1.3402	1.3687	1.2506	1.2952
9	1.3547	1.3684	1.2582	1.2997
10	1.3491	1.3587	1.2617	1.3093

Tabla No. 109 – Promedios acumulativos de muestras que se definieron en campo 6, parte II.

Campo	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 12 (± 0.0022)	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 13 (± 0.0026)	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 14 (± 0.0045)	Promedio de coeficiente de elongación. Muestras 8-14
1	1.2665	1.3191	1.4343	1.3332 ± 0.0631
2	1.2676	1.2865	1.4273	1.3125 ± 0.0649
3	1.2624	1.2746	1.4102	1.3088 ± 0.0552
4	1.2545	1.2652	1.4303	1.3029 ± 0.0607
5	1.2594	1.2529	1.3857	1.2978 ± 0.0496
6	1.2732	1.2434	1.3672	1.3022 ± 0.0473
7	1.2828	1.2426	1.3616	1.3061 ± 0.0475
8	1.2902	1.2442	1.3570	1.3066 ± 0.0462
9	1.2869	1.2435	1.3616	1.3104 ± 0.0475
10	1.2790	1.2429	1.3716	1.3103 ± 0.0471

Tabla No. 110 – Promedios acumulativos de muestras que se definieron en campo 7 o posterior.

Campo	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 15 (± 0.0043)	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 16 (± 0.0080)	Promedio acumulativo de coeficiente de elongación. Muestra 17 (± 0.0054)	Promedio de coeficiente de elongación. Muestras 15-17
1	1.3683	1.3905	1.2665	1.3418 ± 0.0661
2	1.3720	1.3986	1.3705	1.3804 ± 0.0158
3	1.3435	1.3792	1.3828	1.3685 ± 0.0217
4	1.3556	1.3835	1.3466	1.3619 ± 0.0192
5	1.3665	1.3899	1.3313	1.3625 ± 0.0295
6	1.3660	1.3860	1.3321	1.3614 ± 0.0272
7	1.3889	1.3864	1.3327	1.3694 ± 0.0318
8	1.3938	1.3917	1.3335	1.3730 ± 0.0342
9	1.3919	1.3839	1.3221	1.3659 ± 0.0382
10	1.3903	1.3830	1.3066	1.3600 ± 0.0463

Estandarización de modelo de clarificación

Para simular la clarificación y medir la proporción de lodos por segundo y la proporción final de lodos, se realizó el siguiente procedimiento:

1. Muestreo
 - a. Se toma una muestra de jugo sulfitado de la toma muestras de fábrica en el Ingenio.
 - b. Se verifica que el volumen tomado sea mayor de 100 mL.
 - c. Se toma una muestra de sacarato del tanque de sacarato en el Ingenio, mayor a 5 mL.
 - d. Se toma una muestra de floculante de fábrica en el Ingenio, mayor a 10 mL.

2. Preparación de la muestra
 - a. Se toman 100 mL de jugo sulfitado.
 - b. Se mide el coeficiente microbiológico de la muestra con el test de resazurina.

3. Medición de parámetros
 - a. Se vierte el volumen en un beaker de 250 mL
 - b. Se mide pH, ya sea con un potenciómetro al introducirlo en la solución, o con papel pH al introducir una tira en la solución.
 - c. Se agrega 1% v/v de sacarato.
 - d. Se mide pH hasta llegar a pH neutro, de no llegar a pH 7 se agrega sacarato hasta obtener el mismo.
 - e. Se somete la muestra a calentamiento hasta llegar a ebullición, a aproximadamente 96 °C y a presión atmosférica.
 - f. Se retira de la fuente de ignición inmediatamente y se agregan 5 ppm de floculante (en 100 mL son 0.525 mL de floculante)
 - g. Se mezcla en beaker de 250 mL el floculante con el jugo
 - h. Se vierte la mezcla en una probeta de 100 mL.
 - i. Se mide la movilización de lodos cada 10 segundos hasta llegar a 200 segundos y se anotan valores.
 - j. Se anota el volumen final de lodos.

Estandarización de modelo de evaporación

Para simular la evaporación y medir las incrustaciones en tubos de evaporador, se realizó el siguiente procedimiento

1. Muestreo
 - a. Se toma una muestra de jugo sulfitado de la toma muestras de fábrica en el Ingenio.
 - b. Se verifica que el volumen tomado sea mayor de 2000 mL.
 - c. Se toma una muestra de sacarato del tanque de sacarato en el Ingenio mayor a 50 mL.
 - d. Se toma una muestra de floculante de fabrica en el Ingenio mayor a 15 mL.
2. Preparación de la muestra
 - a. Se toman 2000 mL de jugo sulfitado.
 - b. Se mide el coeficiente microbiológico de la muestra con el test de resazurina.
 - c. Se corta un tubo de cobre proveniente del ingenio de dimensiones que permitan su sumersión en un beaker de 2000 mL, deben anotarse las dimensiones del mismo.
 - d. Se lava intensamente el tubo de cobre y una vez seco, se anota el peso del mismo.
3. Medición de parámetros
 - a. Se vierte el volumen en un beaker de 2000 mL o en dos beakers de 1000 mL. pero idealmente debe de colocarse todo el volumen en un mismo recipiente.
 - b. Se mide pH, ya sea con un potenciómetro al introducirlo en la solución, o con papel pH al introducir una tira en la solución.
 - c. Se agrega 1% v/v de sacarato.
 - d. Se mide pH hasta llegar a pH neutro, de no llegar a pH 7 se agrega sacarato hasta obtener el mismo y se anota el volumen final agregado.
 - e. Se somete la muestra a calentamiento hasta llegar a ebullición, aproximadamente a 96 °C y a presión atmosférica.
 - f. Se retira de la fuente de ignición inmediatamente y se agregan 5 ppm de floculante (en 2000 mL son 10.5 mL de floculante).
 - g. Se mezcla en un beaker de 2000 mL el floculante con el jugo
 - h. Se vierte la mezcla en dos probetas de 1000 mL.

- i. Se decanta el jugo claro y se vierte en un beaker de 2000 mL.
- j. Se verifican los grados brix de la muestra inicial.
- k. Se introduce el tubo de cobre proveniente de los evaporadores.
- l. Se inicia la evaporación del jugo claro a llama directa y abierto a la atmósfera.
- m. Se toman muestras periódicas de los grados brix de la mezcla (aproximadamente cada hora).
- n. Una vez se alcanzan de 60 a 65 grados brix se detiene el calentamiento y se retira el tubo de cobre.
- o. Se lava con agua destilada a calentamiento el tubo con el fin de eliminar residuos de jugo.
- p. Se seca el tubo de cobre al aire libre.
- q. Se espera a que el tubo esté a una temperatura no mayor de 25 °C, es decir, que ya no se encuentre caliente.
- r. Se pesa de nuevo y se registra el mismo, la diferencia de pesos determina la cantidad de incrustación formada.

Estandarización de medición de elongación de cristales

Para realizar la medición del tamaño de los cristales en las diferentes masas cocidas, se realizó el siguiente procedimiento:

1. Muestreo
 - a. Se toma una muestra aleatoria de las masas cocidas de los tachos A, B y C y se colocan en un recipiente.
2. Preparación de muestra
 - a. Se prepara un baño de maría a una temperatura de 30°C.
 - b. Se introduce el recipiente que contiene la muestra en el baño de maría con el fin de homogenizar la misma.
3. Medición
 - a. Con una pinza, se toma una pequeña muestra de la masa cocida a evaluar.
 - b. Se coloca en un portaobjetos.
 - c. Se esparce la muestra para eliminar acumulaciones que impidan medir asertivamente.
 - d. Se agrega una gota de glicerina y se esparce sobre la muestra.
 - e. Es necesario tener un microscopio con lente milimetrado y zoom para apreciar los cristales en su totalidad, una vez encendido el equipo, se introduce la muestra .

- f. Se enfoca hasta divisar claramente los cristales.
- g. Se eligen 6 campos que contengan al menos 10 cristales.
- h. Se determina el largo y ancho de cada cristal en los determinados campos, se anotan ambas medidas.

G. Apéndice 7

Manual de base de datos

1. **Menú de inicio.** Seleccionar la opción que el usuario desee para registrar y analizar datos. El sistema ofrece dos opciones:

- Ingreso de datos al área de tándem, opción cuando se quiere ingresar datos de las muestras de los jugos en el área de molinos.
- Ingreso de datos al área de caña, opción utilizada para ingresar datos del laboratorio de caña, cuando se toman las muestras antes de la molida 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 re direcciona a la tabla.

Ilustración No. 101 – Menú principal.



2. Área de tándem

a. Ingreso de datos área de tándem

Ilustración No. 102 – Ingreso de datos área de tándem.

5	Interpretación	Intervalo	Color	Tipo de Jugo	Tandem		
6	Bueno	0	verde	PRIMARIO	A		
7	Alerta	2	amarillo	DILUIDO	B		
8	Malo	2.5	naranja				
9	Critico	3.00	rojo				
10	Fecha	Hora Inicial	Hora Final	Tipo de Jugo	Tándem	CM	Color
11	9-dic-10	08:15:00 a.m.	11:35:00 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	

Seleccionado 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.102.

3. Ingreso de datos del usuario

El usuario deberá ingresar 5 datos cada vez que quiere ingresar una muestra al sistema.

- Fecha (columna A):** Se debe 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 4 dígitos.
- 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 2:00 am, el usuario debe 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.

- **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.
- **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.

4. 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 Ilustración No. 102.

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. 103 – 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 3 horas o por día, o al reporte de clasificación de las muestras, solo se le debe de hacer un *click* con el apuntador a donde quiere que se redireccione.

Ilustración No. 104 – ID para promedio de CM, cada 3 horas.

	A	B	C	D	E	N	O	Q
1	1. Volver a Inicio			Ir a Reporte CM por promedio cada 3 hora y por día		Ir a Reporte de Clasificación de las muestras		
2								
3								
4								

a. **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 3 horas y en la parte inferior de la pantalla se muestra el reporte por día/fecha, ambos se encuentran debidamente señalados.

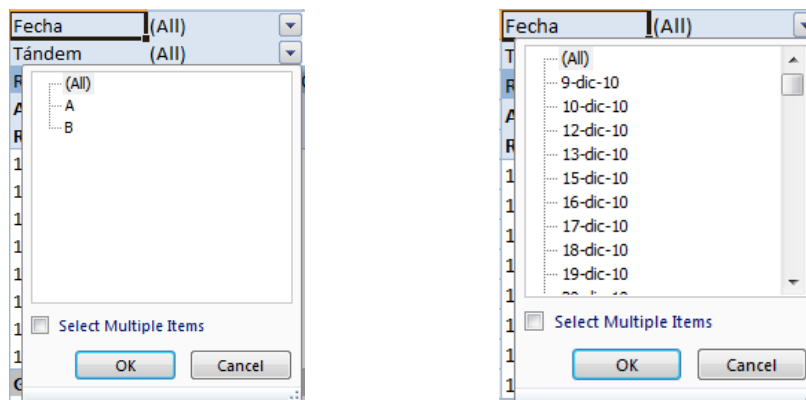
b. **Reporte CM promedio cada 3 horas.** Con esta tabla el usuario puede obtener un promedio del CM cada tres horas, se relaciona el ID con la tabla debidamente mostrada anteriormente para saber que intervalo de tiempo es. El sistema despliega el CM promedio dependiendo el tipo de jugo y el total, todo 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. 102 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. 103.

Ilustración No. 105 – 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. 106 – Tabla de análisis de datos CM promedio cada 3 horas, despliegue.



c. **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. 105 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 cómo se muestra en la Ilustración No. 107.

Ilustración No. 107 – 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. 108 – Tabla de análisis de datos CM promedio por día, despliegue.

17	Tándem	(All)		
18	REPORTE CM POR DÍA			
19	Average of CM	Column Labels		
20	Row Labels	DILUIDO	PR	
	A-Z	Sort Oldest to Newest		4
	Z-A	Sort Newest to Oldest		1
		More Sort Options...		7
		Clear Filter From "Fecha"		1
		Date Filters		8
		Value Filters		4
		<input checked="" type="checkbox"/> (Select All)		8
		<input checked="" type="checkbox"/> 9-dic-10		5
		<input checked="" type="checkbox"/> 10-dic-10		6
		<input checked="" type="checkbox"/> 12-dic-10		6
		<input checked="" type="checkbox"/> 13-dic-10		0
		<input checked="" type="checkbox"/> 15-dic-10		0
		<input checked="" type="checkbox"/> 16-dic-10		4
		<input checked="" type="checkbox"/> 17-dic-10		4

d. 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.

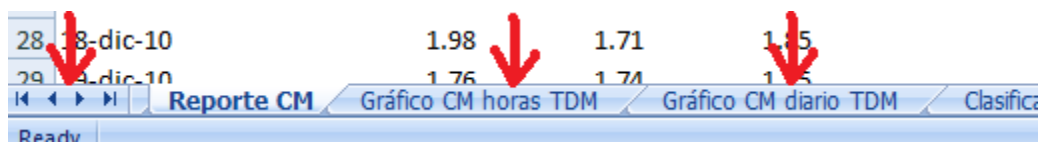
Para poder visualizar las gráficas, el usuario debe de seleccionar con el apuntador la pestaña de la gráfica que quiera observar.

Si no se encuentran disponibles las pestañas mencionadas, la primera flecha roja de izquierda a derecha en la Ilustración No. 108 indica donde se debe presionar hasta que sean

visibles las pestañas de “Gráfico CM horas TDM” y “Gráfico CM diario TDM”. Respectivamente al presionar “Gráfica CM horas TDM” el sistema lo re direcciona hacia la gráfica lineal de CM promedio de cada 3 horas, al seleccionar “Gráfico CM diario TDM” el sistema muestra la gráfica de CM promedio por día/fecha.

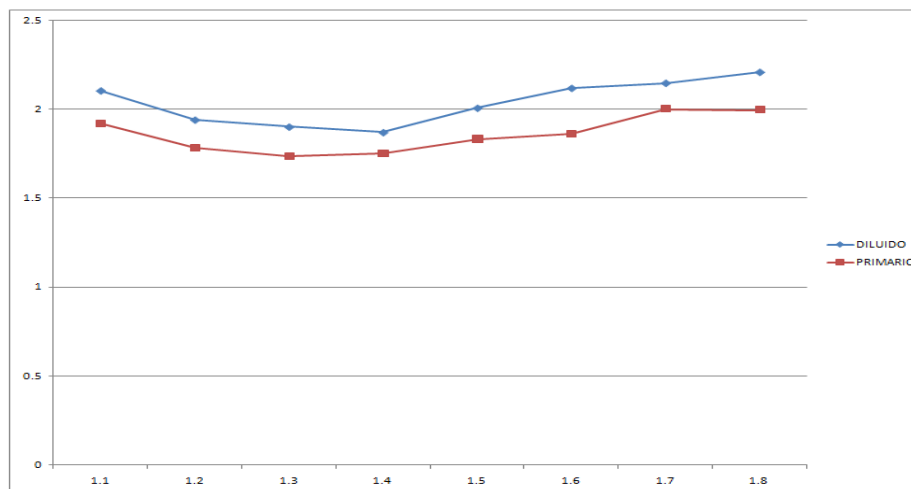
Para regresar a los reportes se selecciona la pestaña “Reporte CM”.

Ilustración No. 109 – Pestañas para direccionar a gráficas.

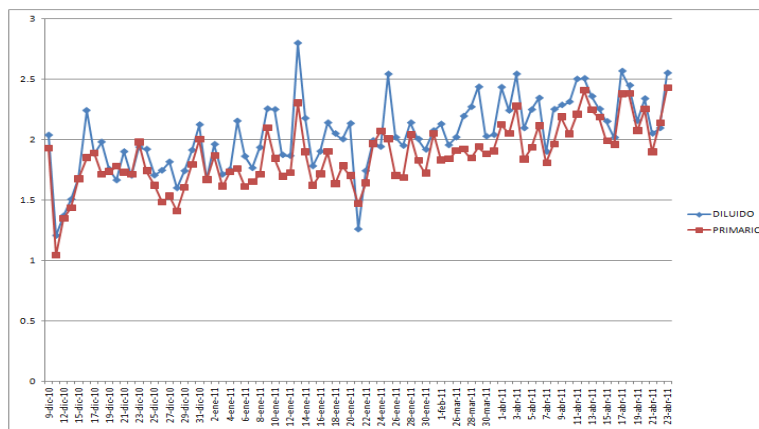


Las gráficas que despliega para el análisis correspondiente de CM promedio por cada tres horas y por día/fecha son las siguientes. Donde se muestra una relación entre el CM promedio día o horas dependiendo de lo seleccionado por el usuario.

Gráfica No. 71 – Promedio por cada 3 horas.



Gráfica No. 72 – 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. 110 – Reporte 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		
9	1.4	1.87		
10	1.5	2.01		
11	1.6	2.12		
12	1.7	2.15	2.00	2.08

Average of CM	82
Value: 1.74	81
Row: 1.3	92
Column: PRIMARIO	99

Ir a ingreso de datos área de Tandem

e. **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 juego, 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 seleccionado la opción que desee para interpretar los resultados.

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”

Ilustración No. 111 – Tabla de clasificación de muestras.

Fecha	(All)	
Tándem	(All)	
Tipo de Juego	(All)	
Row Labels	Count of ID	
amarillo	1378	
naranja	589	
rojo	381	
verde	3681	
Grand Total	6029	

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. 110, el menú desplegara las opciones disponibles.

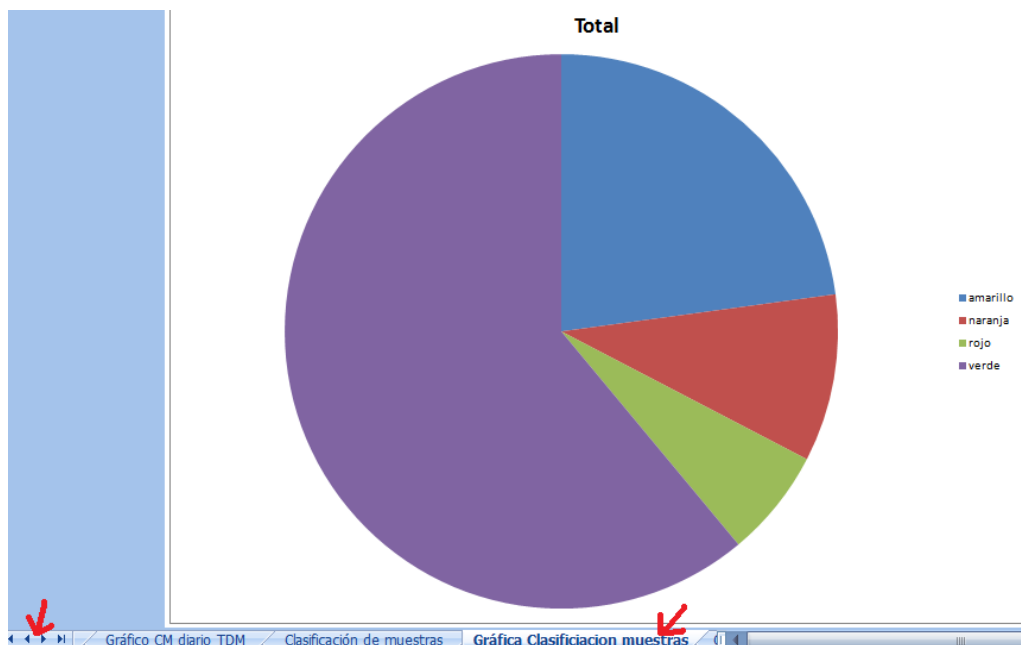
El usuario tiene la opción de regresar al menú principal seleccionado la opción “ir a Ingreso de datos del área de tándem” y luego selecciona “inicio”.

f. Gráfica de clasificación de las muestras. Para poder visualizar la gráfica el usuario debe de 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. 111 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”.

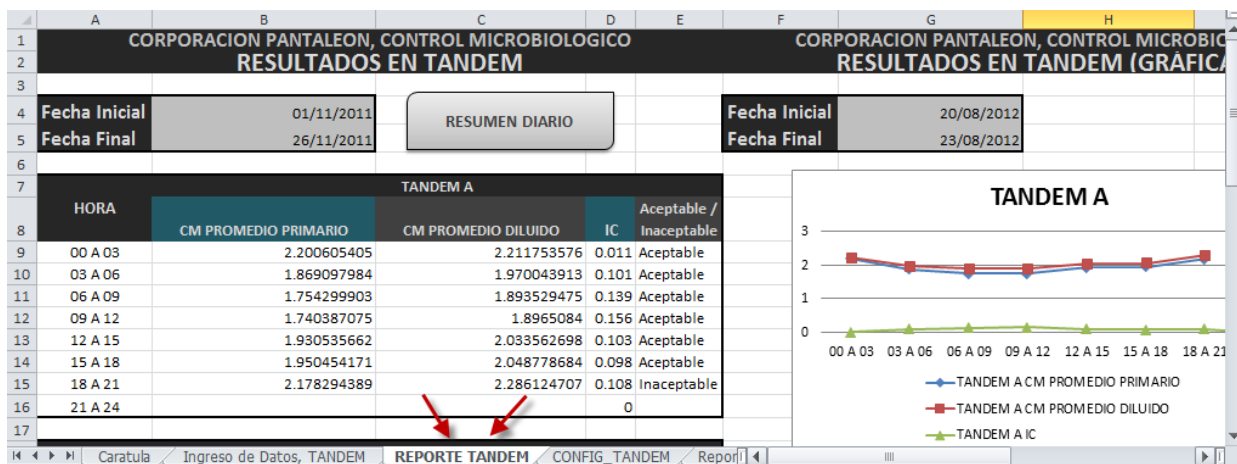
Gráfica No. 73 – Clasificación de muestras.



5. **Reporte diario del área de tándem.** El reporte diario del área de caña se configuró en una pestaña de Excel al lado de la hoja de ingreso de datos del área de tándem.

Para poder visualizar la el resumen diario el usuario debe de seleccionar con el apuntador la pestaña “Reporte tándem”

Ilustración No. 112 – Reporte diario área de tándem.



El reporte diario del área de tándem se puede filtrar por un determinado rango de fechas que el operario desee consultar.

El operario debe de colocar la fecha inicial y la fecha final y luego hacer clic en el botón “RESUMEN DIARIO” para que se genere el reporte automáticamente.

Ilustración No. 113 – Generación del resumen diario (área de tándem).

	A	B	C	D	E
3					
4	Fecha Inicial	01/11/2011	RESUMEN DIARIO		
5	Fecha Final	26/11/2011			
6					
7	TANDEM A				
8	HORA	CM PROMEDIO PRIMARIO	CM PROMEDIO DILUIDO	IC	Acceptable / Inaceptable
9	00 A 03	2.200605405	2.211753576	0.011	Acceptable
10	03 A 06	1.869097984	1.970043913	0.101	Acceptable
11	06 A 09	1.754299903	1.893529475	0.139	Acceptable
12	09 A 12	1.740387075	1.8965084	0.156	Acceptable
13	12 A 15	1.930535662	2.033562698	0.103	Acceptable
14	15 A 18	1.950454171	2.048778684	0.098	Acceptable
15	18 A 21	2.178294389	2.286124707	0.108	Inaceptable
16	21 A 24			0	
17					
18	TANDEM B				
	HORA				Acceptable /

Caratula / Ingreso de Datos. TANDEM / **REPORTE TANDEM** / CONFIG TANDEM / Rep

El resumen diario genera:

1. El CM promedio del juego primario del tándem A de las muestras ingresadas dependiendo el rango de horas en el cual fueron ingresadas las muestras.
2. El CM promedio del juego diluido del tándem A de las muestras ingresadas dependiendo el rango de horas en el cual fueron ingresadas las muestras.
3. El IC, el cual es la resta del CM promedio del juego diluido menos el CM promedio del juego primario en el tándem A.
4. El resultado (Acceptable e inaceptable) según el CM promedio del juego primario y el IC en el tándem A.

Ilustración No. 114 – Resumen diario del tándem A.

	A	B	C	D	E
2	RESULTADOS EN TANDEM				
3					
4	Fecha Inicial	01/11/2011	RESUMEN DIARIO		
5	Fecha Final	26/11/2011			
6					
7	TANDEM A				
8	HORA	CM PROMEDIO PRIMARIO	CM PROMEDIO DILUIDO	IC	Acceptable / Inaceptable
9	00 A 03	2.200605405	2.211753576	0.011	Acceptable
10	03 A 06	1.869097984	1.970043913	0.101	Acceptable
11	06 A 09	1.754299903	1.893529475	0.139	Acceptable
12	09 A 12	1.740387075	1.8965084	0.156	Acceptable
13	12 A 15	1.930535662	2.033562698	0.103	Acceptable
14	15 A 18	1.950454171	2.048778684	0.098	Acceptable
15	18 A 21	2.178294389	2.286124707	0.108	Inaceptable
16	21 A 24			0	

5. El CM promedio del jugo primario del tándem B de las muestras ingresadas dependiendo el rango de horas en el cual fueron ingresadas las muestras.
6. El CM promedio del jugo diluido del tándem B de las muestras ingresadas dependiendo el rango de horas en el cual fueron ingresadas las muestras.
7. El IC, el cual es la resta del CM promedio del jugo diluido menos el CM promedio del jugo primario en el tándem B.
8. El resultado (Acceptable e inaceptable) según el CM promedio del jugo primario y el IC en el tándem B.

Ilustración No. 115 - Resumen diario del tándem B.

17	TANDEM B				
	HORA	CM PROMEDIO PRIMARIO	CM PROMEDIO DILUIDO	IC	Acceptable / Inaceptable
18					
19					
20	00 A 03	2.028182753	2.098248958	0.07	Acceptable
21	03 A 06	1.734902793	2.113396787	0.378	Inaceptable
22	06 A 09	1.720048198	1.762958991	0.043	Acceptable
23	09 A 12	1.662634757	1.826540567	0.164	Acceptable
24	12 A 15	1.903302629	1.910818162	0.008	Acceptable
25	15 A 18	1.947489855	2.072354379	0.125	Acceptable
26	18 A 21	2.183921371	2.336473262	0.153	Inaceptable
27	21 A 24				
28					

9. El CM promedio del jugo primario del tándem A y B de las muestras ingresadas dependiendo el rango de horas en el cual fueron ingresadas las muestras.
10. El CM promedio del jugo diluido del tándem A y B de las muestras ingresadas dependiendo el rango de horas en el cual fueron ingresadas las muestras.
11. El IC, el cual es la resta del CM promedio del jugo diluido menos el CM promedio del jugo primario en el tándem A y B.
12. El resultado (Acceptable e inaceptable) según el CM promedio del jugo primario y el IC en el tándem A y B.

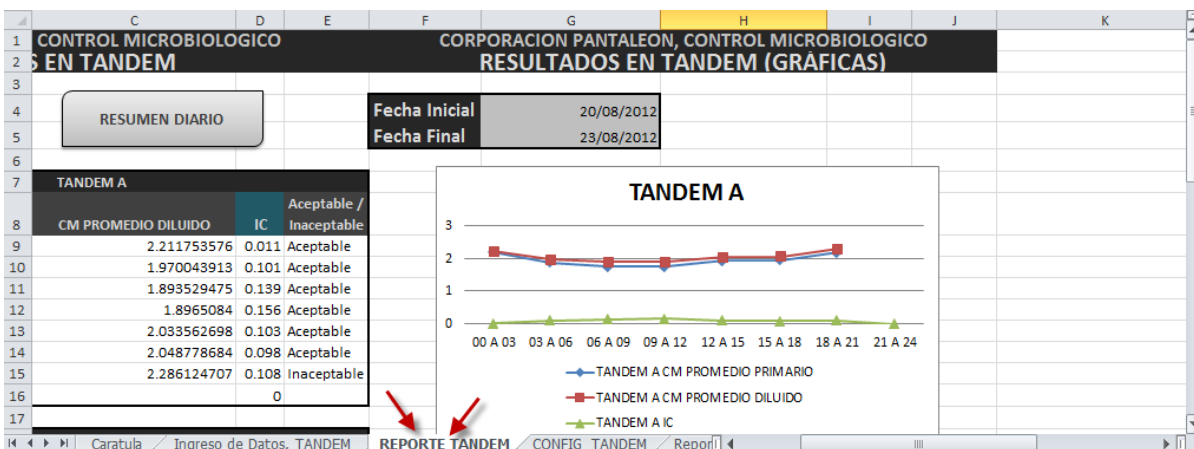
Ilustración No. 116 – Resumen diario del tándem A y tándem B.

28	GENERAL				
	HORA	CM PROMEDIO PRIMARIO	CM PROMEDIO DILUIDO	IC	Acceptable / Inaceptable
29					
30					
31	00 A 03	2.114394079	2.155001267	0.041	Acceptable
32	03 A 06	1.802000388	2.04172035	0.24	Acceptable
33	06 A 09	1.737174051	1.828244233	0.091	Acceptable
34	09 A 12	1.701510916	1.861524484	0.16	Acceptable
35	12 A 15	1.916919145	1.97219043	0.055	Acceptable
36	15 A 18	1.948972013	2.060566532	0.112	Acceptable
37	18 A 21	2.18110788	2.311298984	0.13	Inaceptable
38	21 A 24	0	0	0	Acceptable
39					

6. **Reporte diario gráfico del área de tándem.** El reporte diario gráfico del área de tándem se configuró en una pestaña de Excel al lado de la hoja de ingreso de datos del área de tándem.

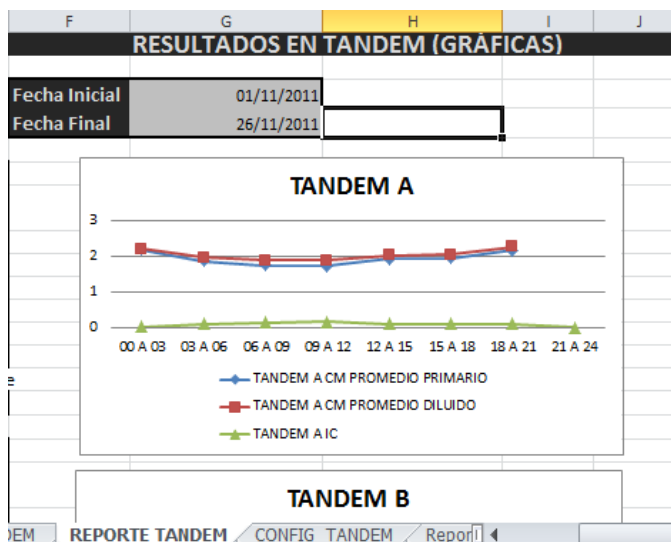
Para poder visualizar la el usuario debe de seleccionar con el apuntador la pestaña “Reporte tándem”

Ilustración No. 117 – Reporte diario gráfico del área de tándem.



El reporte diario gráfico del área de tándem automáticamente se genera dependiendo las fechas de búsqueda establecidas en el resumen diario.

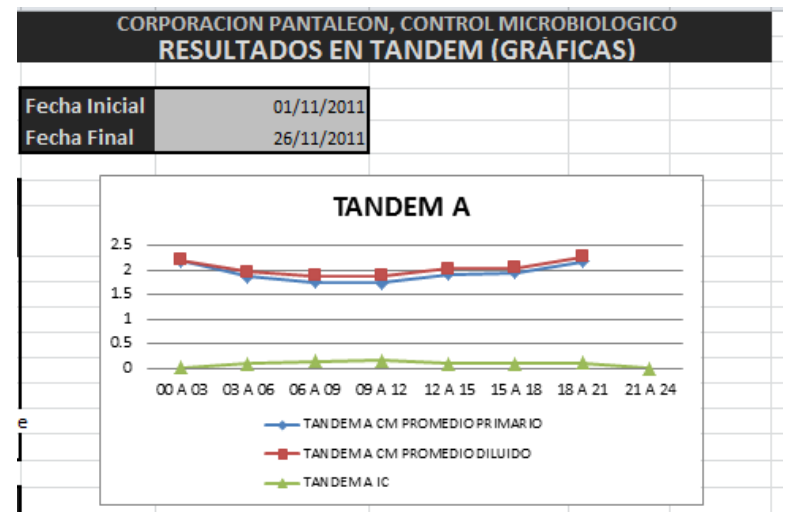
Ilustración No. 118 – Generación del resumen diario gráfico área de tándem.



El reporte diario gráfico del área de Tándem genera:

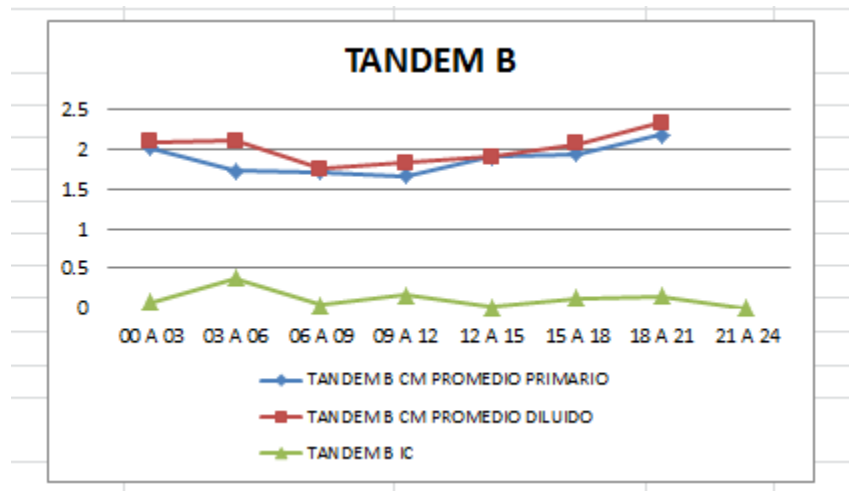
1. Gráfica de tendencia que relaciona el CM promedio del jugo primario, el CM promedio del jugo diluido y el IC en el tándem A.

Gráfica No. 14 – Gráfica del tándem A.



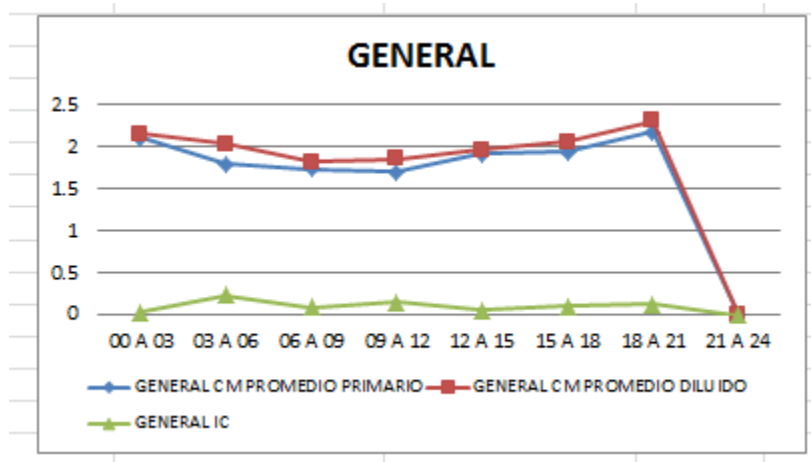
2. Gráfica de tendencia que relaciona el CM promedio del jugo primario, el CM promedio del jugo diluido y el IC en el tándem B.

Gráfica No. 75 – Gráfica del tándem B.



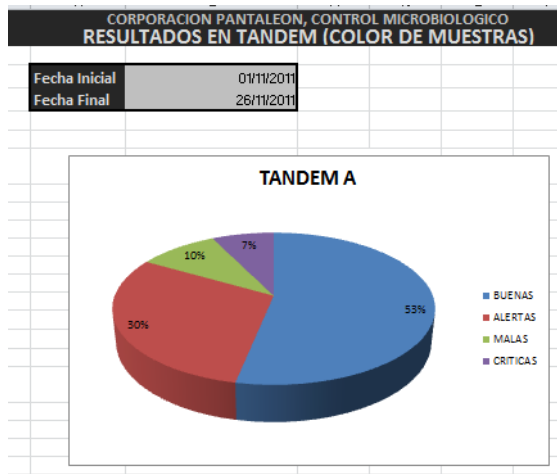
3. Gráfica de tendencia que relaciona el CM promedio del jugo primario, el CM promedio del jugo diluido y el IC en el tándem A y B en general.

Gráfica No. 76 – Gráfica del tándem A y B.



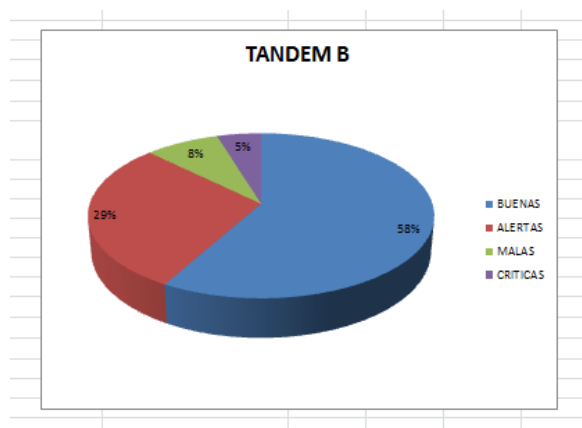
4. Gráfica de Pie que muestra el porcentaje de muestras buenas, alertas malas y críticas en el tándem A.

Gráfica No. 77 – Gráfica de pie, tándem A.



Gráfica de pie que muestra el porcentaje de muestras buenas, alertas malas y críticas en el tándem B.

Gráfica No. 78 – Gráfica de pie, tándem B.



7. **Configuración de los rangos de aceptabilidad e inaceptabilidad en el área de tándem.** En el reporte gráfico diario del área de tándem se incluyó la columna de aceptabilidad o inaceptabilidad según el CM promedio del jugo primario y el IC cada tres horas.

Ilustración No. 119 – Aceptabilidad o inaceptabilidad.

	A	B	C	D	E
1	CORPORACION PANTALEON, CONTROL MICROBIOLÓGICO				
2	RESULTADOS EN TANDEM				
3					
4	Fecha Inicial	01/11/2011	RESUMEN DIARIO		
5	Fecha Final	26/11/2011			
6					
7	TANDEM A				
8	HORA	CM PROMEDIO PRIMARIO	CM PROMEDIO DILUIDO	IC	Aceptable / Inaceptable
9	00 A 03	2.200605405	2.211753576	0.011	Aceptable
10	03 A 06	1.869097984	1.970043913	0.101	Aceptable
11	06 A 09	1.754299903	1.893529475	0.139	Aceptable
12	09 A 12	1.740387075	1.8965084	0.156	Aceptable
13	12 A 15	1.930535662	2.033562698	0.103	Aceptable
14	15 A 18	1.950454171	2.048778684	0.098	Aceptable
15	18 A 21	2.178294389	2.286124707	0.108	Inaceptable
16	21 A 24			0	
17					

Dicha configuración se realizó en una hoja de Excel llamada “CONFIG_TANDEM” para poder cambiar el límite de los rangos del CM del jugo primario y el IC.

Ilustración No. 120 – Ubicación de la pestaña “CONFIG_TANDEM”.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a table titled "TABLA DE RANGOS DE IC" in the range A3:C7. The table has three columns: "CM PROMEDIO PRIMARIO", "IC ACEPTABLE", and "IC INACEPTABLE". The data rows are as follows:

CM PROMEDIO PRIMARIO	IC ACEPTABLE	IC INACEPTABLE
0	0.5	0.5
1.5	0.25	0.25
2	0.1	0.1
2.5	0	0

At the bottom of the spreadsheet, the ribbon shows several tabs: "Caratula", "Ingreso de Datos, TANDEM", "REPORTE TANDEM", "CONFIG TANDEM", and "Reporte". Two red arrows point to the "CONFIG TANDEM" tab, indicating its location.

Dicha tabla se puede cambiar para que en el reporte gráfico lea los datos de la tabla y automáticamente coloque si es aceptable o inaceptable.

En la primera columna se configuran los rangos del CM del jugo primario.

En la segunda columna se configuran los rangos de aceptabilidad del IC.

En la tercera columna se configuran los rangos de inaceptabilidad del IC.

Tabla No. 111 – Tabla de rangos.

TABLA DE RANGOS DE IC		
1	2	3
CM PROMEDIO PRIMARIO	IC ACEPTABLE	IC INACEPTABLE
0	0.5	0.5
1.5	0.25	0.25
2	0.1	0.1
2.5	0	0

○ **¿Cómo definir los límites del CM promedio primario?**

Los límites del CM promedio primario se definen en la columna No. 1.

En la primera fila se define el límite inferior y en la segunda fila se define el límite superior sin incluir a este número.

Ilustración No. 121 – Límites del CM promedio primario.

TABLA DE RANGOS DE IC		
1		
CM PROMEDIO PRIMARIO	IC ACCEPTABLE	IC INACEPTABLE
0	0.5	0.5
1.5	0.25	0.25
2	0.1	0.1
2.5	0	0

Ejemplo:

El primer rango definido es: 0 a 1.5 (sin incluir el 1.5)

El segundo rango definido es: desde 1.5 a 2 (sin incluir el 2)

El tercer rango definido es: desde 2 a 2.5 (sin incluir el 2.5)

El cuarto rango definido es: desde 2.5 o mayor a 2.5

○ **¿Cómo definir los límites de aceptabilidad o inaceptabilidad?**

Los límites de aceptabilidad e inaceptabilidad se definen en la columna No.2 y No. 3. Y se definen horizontalmente dependiendo cada fila del CM promedio primario.

Ilustración No. 122 – Límites de aceptabilidad e inaceptabilidad

TABLA DE RANGOS DE IC		
	2	3
CM PROMEDIO PRIMARIO	IC ACEPTABLE	IC INACEPTABLE
0	0.5	0.5
1.5	0.25	0.25
2	0.1	0.1
2.5	0	0

Ejemplo:

En la columna No. 2 se define el límite inferior y en la columna No. 3 se define el límite superior incluyendo a este número.

CM Promedio Primario	IC Aceptable	IC Inaceptable
0 a 1.5 (sin incluir el 1.5)	Menor a 0.5 < 0.5	Mayor o igual a 0.5 ≥ 0.5
Desde 1.5 a 2 (sin incluir el 2)	Menor a 0.25 < 0.25	Mayor o igual a 0.25 ≥ 0.25
Desde 2 a 2.5 (sin incluir el 2.5)	Menor a 0.10 < 0.10	Mayor o igual a 0.10 ≥ 0.10
Desde 2.5 o mayor a 2.5	0	Mayor que 0 > 0

8. Área de Caña

a. Ingreso de datos del área de caña

Tabla No. 112 – Ingreso de datos del área de caña.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1																				
2	Interpretación	Intervalo	Color	Tipo	Corte	Tandem	1. Volver a Inicio												Hora Inicio	Hora Final
3	Bueno	0	verde	VERDE	MANUAL	A	CM por día, finca y tipo de corte												12:00:00 a.m.	02:53:00 a.m.
4	Alerta	1.5	amarillo	QUEMA	MECANIZADO	B	Promedio CM por finca												03:00:00 a.m.	05:53:00 a.m.
5	Malo	2	naranja	N/A	PRE-COSECHA		Promedio CM por día												06:00:00 a.m.	08:53:00 a.m.
6	Crítico	3.00	rojo		PRE-COSECHA		Cuento de CM por día												09:00:00 a.m.	11:53:00 a.m.
7					COSECHA														12:00:00 p.m.	02:53:00 p.m.
8																			03:00:00 p.m.	05:53:00 p.m.
9																			06:00:00 p.m.	08:53:00 p.m.
10	Fecha	Hora Inicia	Hora Final	TANDEM	Tipo	Corte	CM	Color	ID	Código de Finca	Frente	LOTE								
11	30/11/2011	06:30:00 a.m.	06:30:00 a.m.	A		COSECHA	2.30415		1.3	527	03									
12	30/11/2011	06:30:00 a.m.	06:30:00 a.m.	A		COSECHA	2.30415		1.3	010	02									
13	30/11/2011	06:30:00 a.m.	06:30:00 a.m.	A		COSECHA	2.30415		1.3	651	1A	0705								
14	30/11/2011	06:30:00 a.m.	06:30:00 a.m.	A		COSECHA	2.30415		1.3	575	P1									
15	30/11/2011	07:10:00 a.m.	07:10:00 a.m.	A		COSECHA	2.30415		1.3	132	05									
16	30/11/2011	07:10:00 a.m.	07:10:00 a.m.	A		COSECHA	2.31481		1.3	533	PR									
17	30/11/2011	07:10:00 a.m.	07:10:00 a.m.	A		COSECHA	2.31481		1.3	575	P1									
18	30/11/2011	07:10:00 a.m.	07:10:00 a.m.	A		COSECHA	2.31481		1.3	685	TR	0101								
19	30/11/2011	07:50:00 a.m.	07:50:00 a.m.	A		COSECHA	2.31481		1.3	132	05									
20	30/11/2011	07:50:00 a.m.	07:50:00 a.m.	A		COSECHA	2.31481		1.3	015	07									

Seleccionado el “ingreso de datos del área de Caña” en el menú principal, el usuario se encontrará en la hoja de Excel mostrada en la Tabla No. 112.

- 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 4 dígitos.
- 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.

- **Tándem (Columna D):** 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.
- **Tipo (columna E):** El sistema no se encuentra programa para aceptar 3 opciones como se observa en la tabla de la imagen No. 15, 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.
- **Corte (columna F):** El sistema no se encuentra programado para aceptar únicamente 5 opciones como se observa en la tabla de la Imagen No.15, 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.
- **Código de finca (columna R):** 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.
- **Código de frente (columna S):** En esta columna, el usuario debe de ingresar el número de frente 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.
- **Código de lote (Columna T):** En esta columna, el usuario debe de ingresar el número de lote 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 O y P, 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 anteriormente.

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. 123 – 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. 124 – Botón hipervínculo en hojas de Excel.

Ir a ingreso de datos de Caña ←

c. **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.

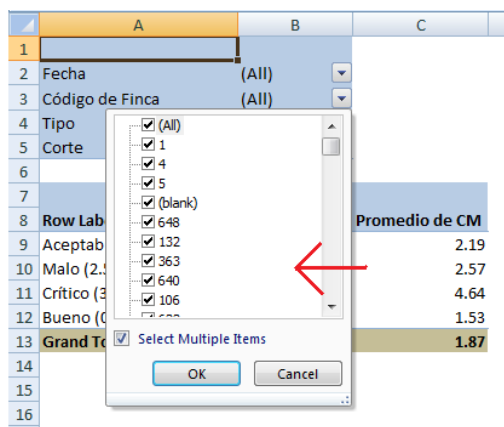
El sistema despliega una gráfica en la misma hoja para facilitar el análisis de los datos al usuario, la gráfica varía dependiendo de los datos seleccionados por el usuario.

Ilustración No. 125 - Tabla “CM por día, finca y tipo de corte”

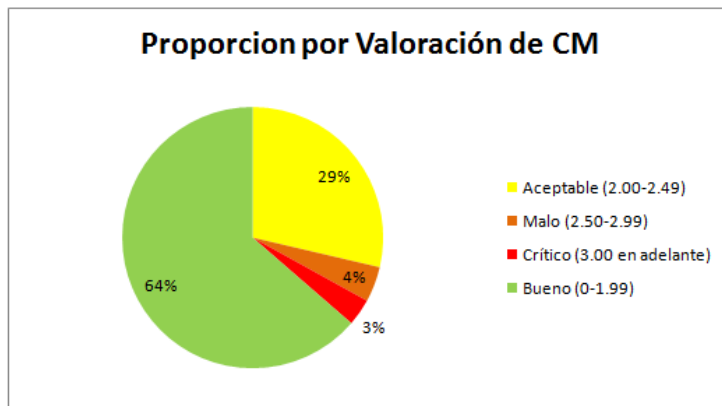
	A	B	C
1			
2	Fecha	(All) ↓	←
3	Código de Finca	(All) ↓	←
4	Tipo	(All) ↓	←
5	Corte	(All) ↓	←
6			
7	Valores		
8	Row Labels	☑ Cuenta de CM	Promedio de CM
9	Aceptable (2.00-2.49)	1206	2.19
10	Malo (2.50-2.99)	184	2.57
11	Crítico (3.00 en adelante)	141	4.64
12	Bueno (0-1.99)	2679	1.53
13	Grand Total	4210	1.87
14			

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. 126 – “CM por día, finca y tipo de corte”, despliegue.



Gráfica No. 79 - “CM por día, finca y tipo de corte”



d. 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. 127 - Tabla “Promedio CM por finca”.

	A	B	C
1			
2	Fecha	(All)	↓
3	Tipo	(All)	↓
4	Corte	(All)	↓
5			
6	Códigos de Finca	<input checked="" type="checkbox"/> 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. 128 - Tabla “Promedio CM por finca”, despliegue.

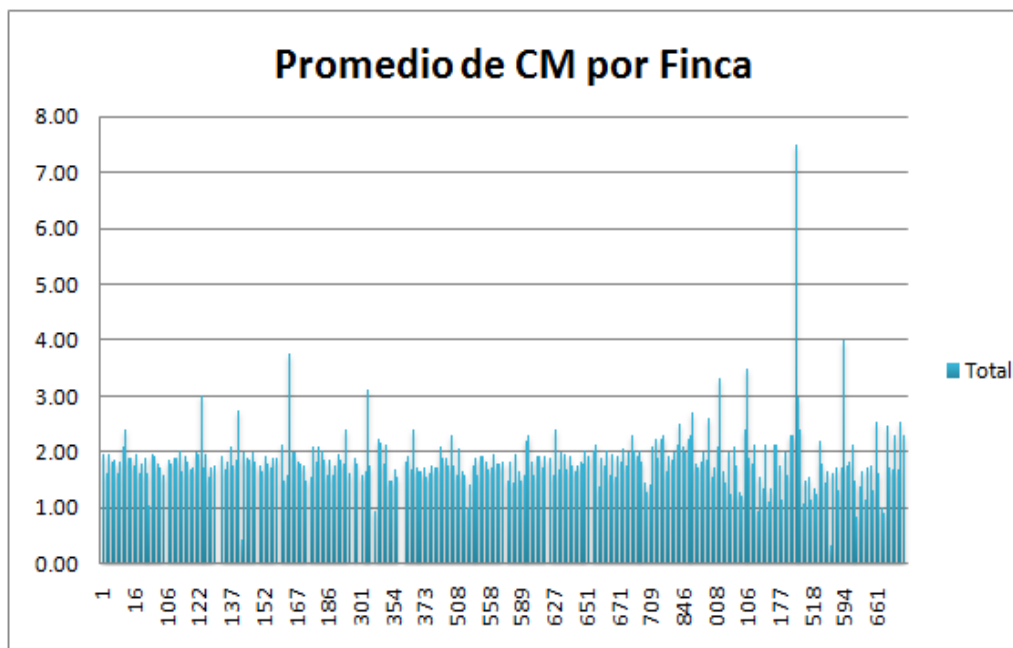
	A	B	C
1			
2	Fecha	(All)	↓
3	Tipo		
4	Corte		
5			
6	Códig		
7	1		
8	4		
9	5		
10	6		
11	7		
12	8		
13	9		
14	11		
15	12		2.09
16	13		2.40
17	14		1.88
18	15		1.87
19	16		1.76

(All)
 26/03/2011
 28/03/2011
 29/03/2011
 30/03/2011
 01/04/2011
 03/04/2011
 04/04/2011
 05/04/2011
 06/04/2011

Select Multiple Items

OK Cancel

Gráfica No. 80 – “Promedio CM por finca”.



e. **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. 22. 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.

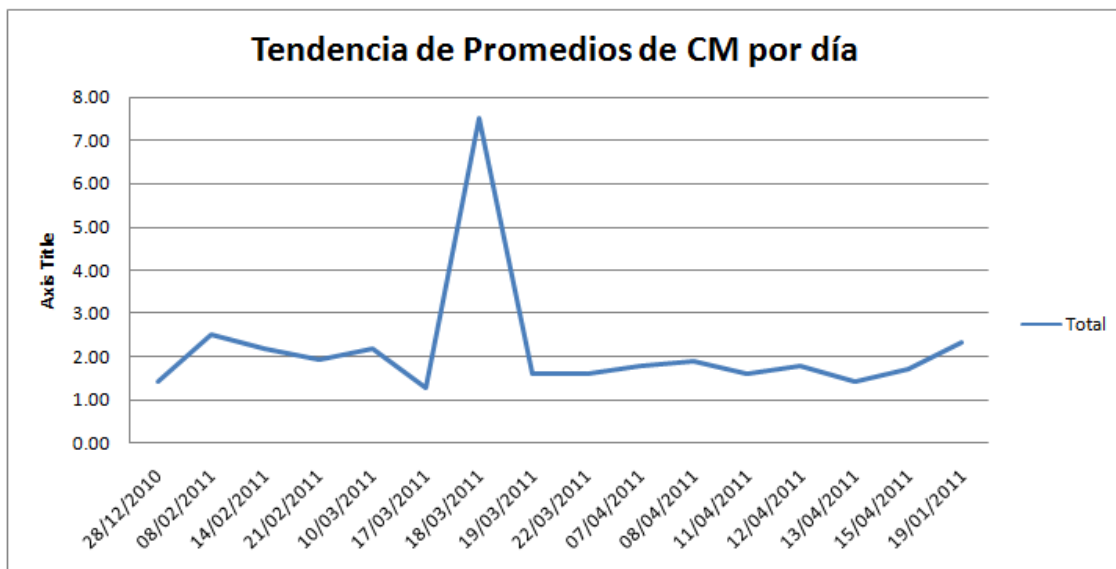
El sistema despliega una gráfica en la misma hoja para facilitar el análisis de los datos al usuario, la gráfica varía dependiendo de los datos seleccionados por el usuario.

Tabla No. 113 – Tabla “Promedio CM por día”.

	A	B	D
1	Código de Finca 4	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	Grand Total	1.97	54

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.

Gráfica No. 81 – Gráfica “Promedio CM por día”.



f. 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. 130 – Tabla “Conteo CM por día”.

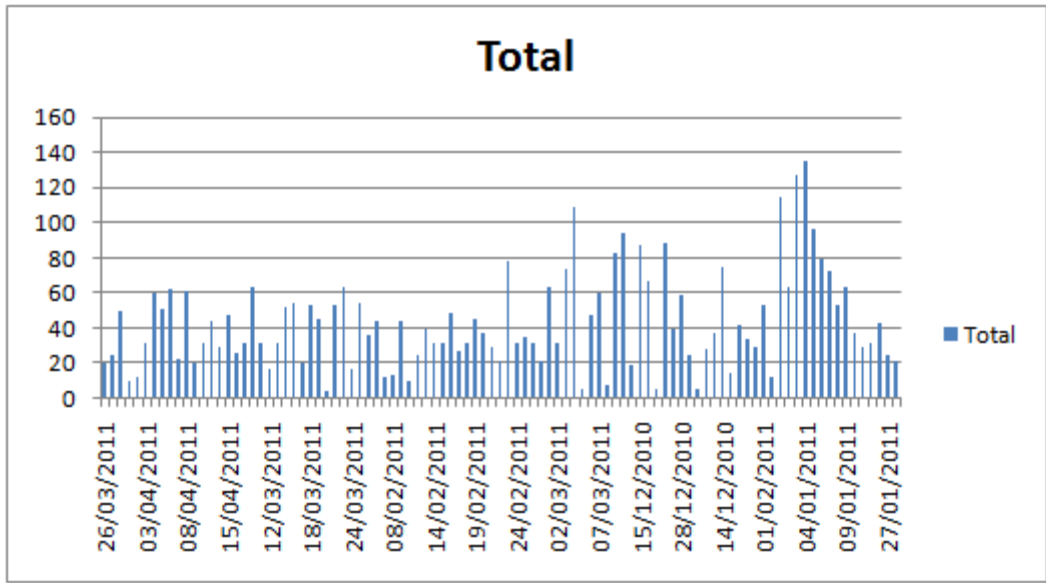
Código de Finca	(All)
Row Labels	Cuenta de CM
26/03/2011	20
28/03/2011	5
29/03/2011	0
30/03/2011	20
01/04/2011	12
03/04/2011	32
04/04/2011	60
05/04/2011	51
06/04/2011	63
07/04/2011	23
08/04/2011	62
09/04/2011	21
11/04/2011	32
12/04/2011	44
13/04/2011	30
15/04/2011	48

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. 131 – Tabla “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		12	
13		13	
14	08/04/2011	62	
15	09/04/2011	21	
16	11/04/2011	32	
17	12/04/2011	44	

Gráfica No. 82 – Gráfica “Promedio CM por día”.



g. **Reporte diario del área de caña.** El reporte diario del área de caña se configuró en una pestaña de Excel al lado de la hoja de ingreso de datos del área de caña.

Para poder visualizar la el resumen diario el usuario debe de seleccionar con el apuntador la pestaña “Reporte Caña”

Ilustración No. 132 – Reporte diario área de caña.

CORPORACION PANTALEON, CONTROL MICROBIOLOGICO				CORPORACION PANTALEON, CONTROL MICROBIOLOGICO				
RESULTADOS EN CAÑA				RESULTADOS EN CAÑA (2)				
Fecha Inicial	25/11/2011	Resumen Diario	Fecha Inicial	25/11/2011				
Fecha Final	26/12/2011		Fecha Final	26/12/2011				
HORA	PROMEDIO DE CM			Finca	Frente	Lote	No. De Muestras	CM PROMEDIO
	CM PROMEDIO TANDEM A	CM PROMEDIO TANDEM B	TOTAL					
00 A 03	1.874534178		0.93726709	527	3		24	2.09159583
03 A 06	1.84768384		0.92384192	13	2		9	1.78864555
06 A 09	1.858866028		0.92943301	651 1A		705	3	2.36557333
09 A 12	1.847838671		0.92391934	575 P1			34	1.97519264
12 A 15	1.793443333		0.89672167	132	5		14	2.19039071
15 A 18	1.923519411		0.96175971	533 PR			393	1.86227633
18 A 21	1.955130279		0.97756514	685 TR		101	10	2.054284
21 A 24	1.868423416		0.93421171	15	7		57	2.01477701
				126	1		8	2.06257625
				690 CE			10	2.0818
				302 3A			4	2.554797
				602 TO			0	1.07218552

El reporte diario del área de caña se puede filtrar por un determinado rango de fechas que el operario desee consultar.

El operario debe de colocar la fecha inicial y la fecha final y luego hacer clic en el botón “RESUMEN DIARIO” para que se genere el reporte automáticamente.

Ilustración No. 133 – Generación del resumen diario (área de caña).

	A	B	C	D
1	CORPORACION PANTALEON, CONTROL MICROBIOLÓGICO			
2	RESULTADOS EN CAÑA			
3				
4	Fecha Inicial	25/11/2011	Resumen Diario	
5	Fecha Final	26/12/2011		
6				
7	HORA	PROMEDIO DE CM		
8		CM PROMEDIO TANDEM A	CM PROMEDIO TANDEM B	TOTAL
9	00 A 03	1.874534178		0.93726709
10	03 A 06	1.84768384		0.92384192
11	06 A 09	1.858866028		0.92943301
12	09 A 12	1.847838671		0.92391934
13	12 A 15	1.793443333		0.89672167
14	15 A 18	1.923519411		0.96175971
15	18 A 21	1.955130279		0.97756514
16	21 A 24	1.868423416		0.93421171

El reporte diario del área de caña genera:

1. El CM promedio de las muestras analizadas en cada uno de los tándem (A y B) dependiendo el rango de horas en el cual fue ingresada la muestra.

Ilustración No. 134 – CM promedio tándem A y tándem B.

CORPORACION PANTALEON, CONTROL MICROBIOLÓGICO			
RESULTADOS EN CAÑA			
Fecha Inicial	25/11/2011	Resumen Diario	
Fecha Final	26/12/2011		
HORA	PROMEDIO DE CM		
	CM PROMEDIO TANDEM A	CM PROMEDIO TANDEM B	TOTAL
00 A 03	1.874534178		0.93726709
03 A 06	1.84768384		0.92384192
06 A 09	1.858866028		0.92943301
09 A 12	1.847838671		0.92391934
12 A 15	1.793443333		0.89672167
15 A 18	1.923519411		0.96175971
18 A 21	1.955130279		0.97756514
21 A 24	1.868423416		0.93421171

2. La cantidad de muestras buenas, alertas, malas o críticas en cada uno de los tándem (A y B).

Ilustración No. 135 – Cantidad de muestras en cada tándem.

PROPORCIÓN DE MUESTRAS	TANDEM A	TANDEM B
BUENAS	616	415
ALERTAS	1814	1000
MALAS	1106	1200
CRITICAS	83	70

3. La cantidad de muestras según el tipo y corte y el CM promedio de las muestras analizadas.

Ilustración No. 136 – Reporte según el tipo y corte.

TIPO DE CAÑA	NO DE MUESTRAS	CM PROMEDIO
Verde Mecanizada	3620	1.872032522
Quemada Manual	2000	1.704545453
Verde Manual		
Quemada Mecanizada		
Total Cosecha		
Pre-Cosecha Quema		
Pre-Quema		

4. Número de muestras según la finca, el frente y el lote y el CM promedio de las muestras analizadas.

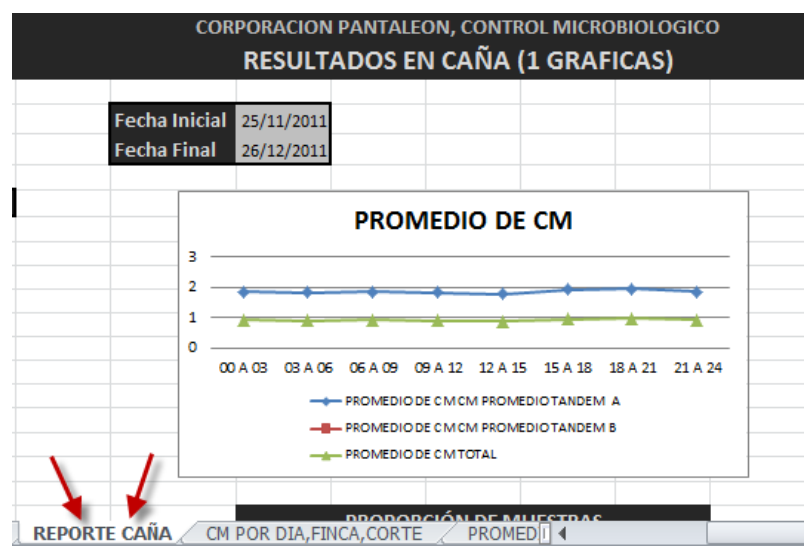
Ilustración No. 137 – Reporte según finca, frente y lote.

CORPORACION PANTALEON, CONTROL MICROBIOLÓGICO					
RESULTADOS EN CAÑA (2)					
Fecha Inicial	25/11/2011				
Fecha Final	26/12/2011				
	Finca	Frente	Lote	No. De Muestras	CM PROMEDIO
	527	3		24	2.091595833
	13	2		9	1.788645556
	651 1A		705	3	2.365573333
	575 P1			34	1.975192647
	132	5		14	2.190390714
	533 PR			393	1.862276336
	685 TR		101	10	2.054284
	15	7		57	2.014777018
	126	1		8	2.06257625
	690 CE			10	2.08183
	302 3A			4	2.5547975
	603 TR			9	1.972185556

h. Reporte diario gráfico del área de caña. El reporte diario gráfico del área de caña se configuró en una pestaña de Excel al lado de la hoja de ingreso de datos del área de caña.

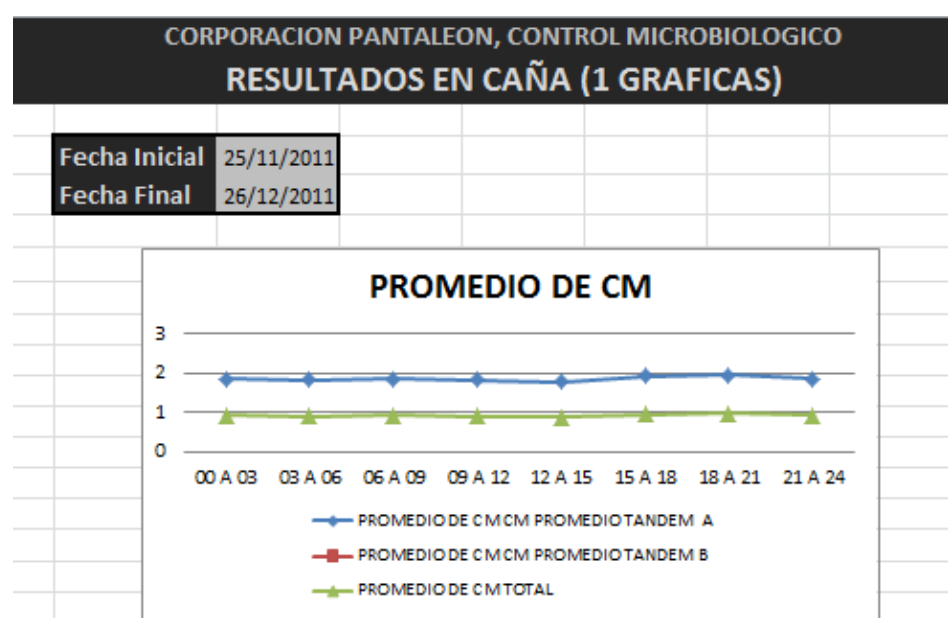
Para poder visualizar la el usuario debe de seleccionar con el apuntador la pestaña “Reporte Caña”.

Ilustración No. 138 – Reporte diario gráfico de área de caña.



El reporte diario gráfico del área de tándem automáticamente se genera dependiendo las fechas de búsqueda establecidas en el resumen diario.

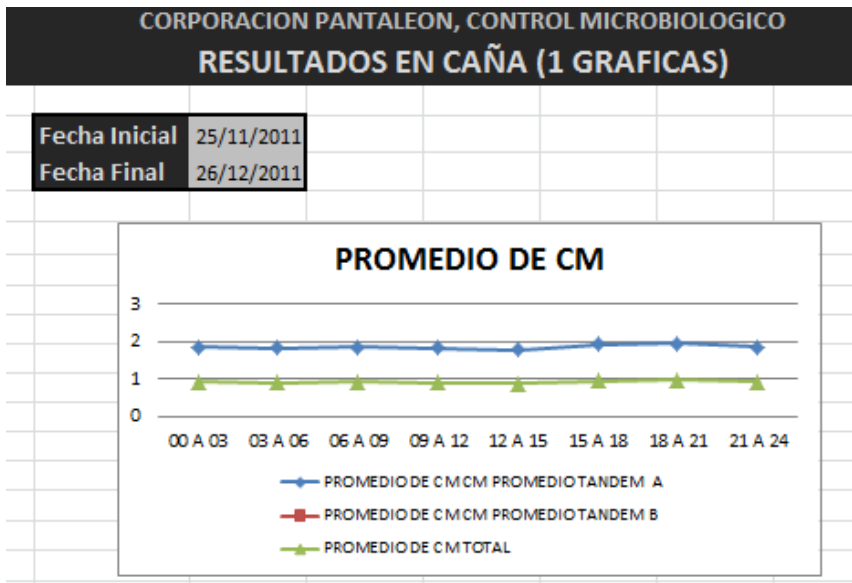
Gráfica No. 83 – Generación del resumen diario gráfico área de caña.



El reporte diario gráfico del área de caña genera:

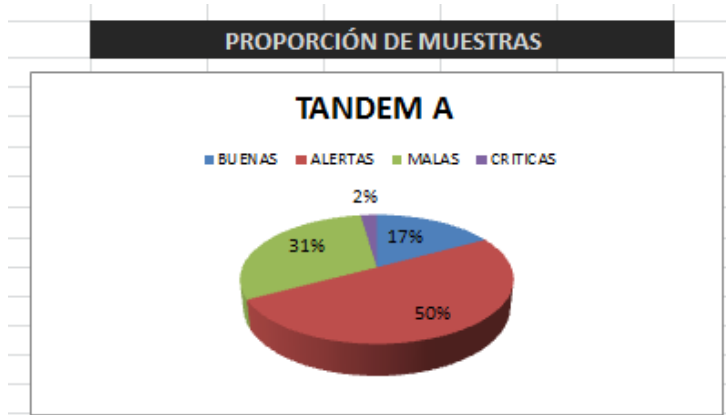
1. Gráfica de tendencia que muestra la relación entre el CM del tándem A, el Cm del tándem B y el CM total (tándem A + tándem B)

Gráfica No. 84 – Gráfica que relaciona el CM del tándem A, tándem B y el total.



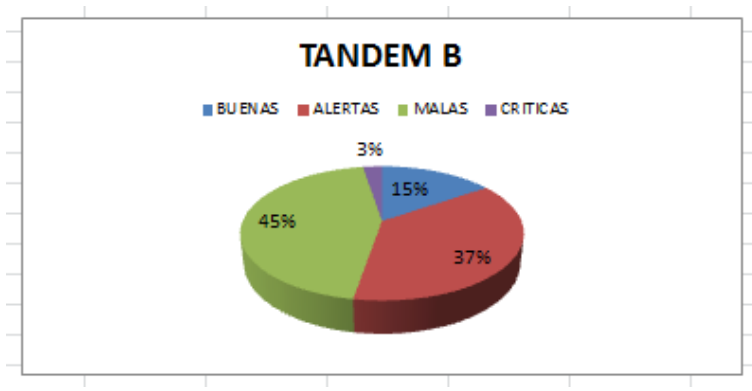
2. Gráfica de Pie que muestra el porcentaje de muestras buenas, alertas malas y críticas en el tándem A.

Gráfica No. 85 – Gráfica de pie, tándem A.



3. Gráfica de Pie que muestra el porcentaje de muestras buenas, alertas malas y críticas en el tándem B.

Gráfica No. 86 – Gráfica de pie, tándem B.



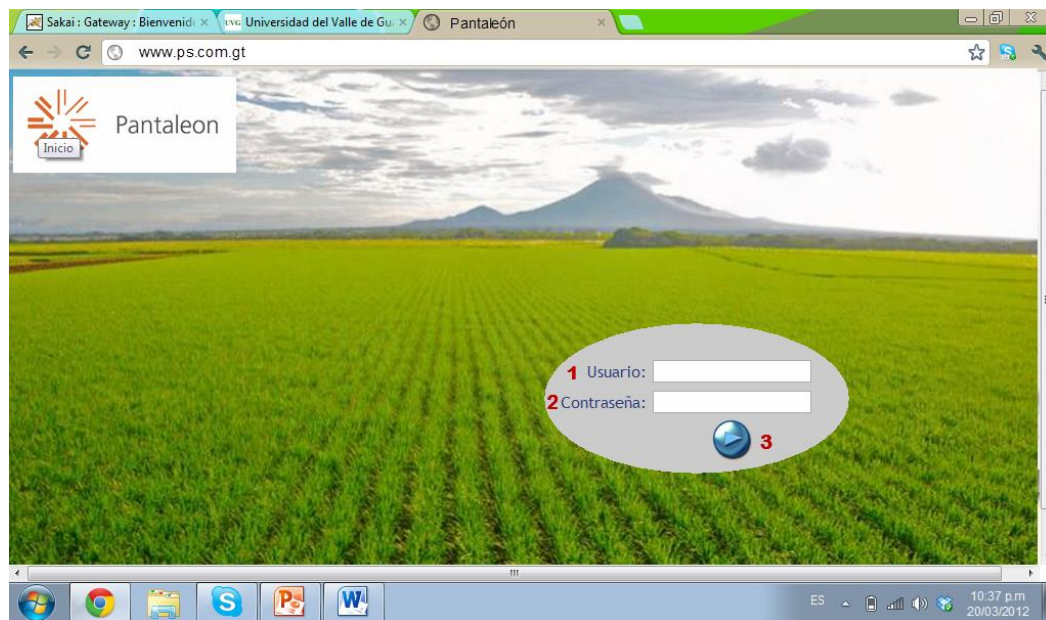
4. Gráfica de barras que muestra la cantidad de muestras dependiendo el tipo y el corte de la caña con su CM promedio.

Gráfica No. 87 – Gráfica de barras para tándem A.



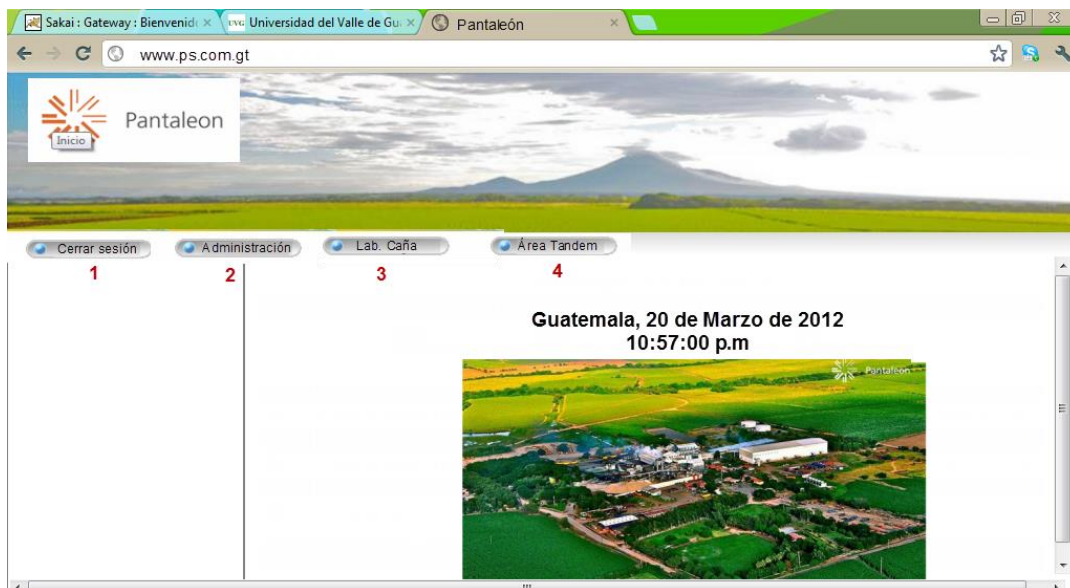
A. DERCAS (Documento de especificaciones, requerimientos y criterios de aceptación de software)

1. Ingreso al sistema

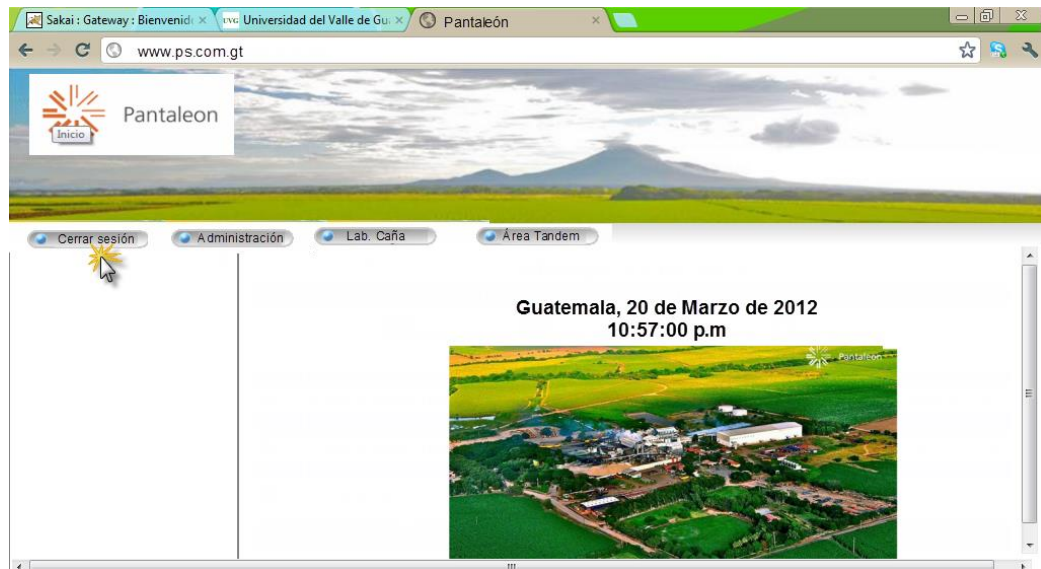


La pantalla de inicio al software debe permitir ingresar el usuario y contraseña ya que en el laboratorio de caña y laboratorio de tándem se cuenta con más de un operario encargado del ingreso de datos.

1. Usuario
2. Contraseña
3. Ingresar al sistema

a. Pantalla de inicio

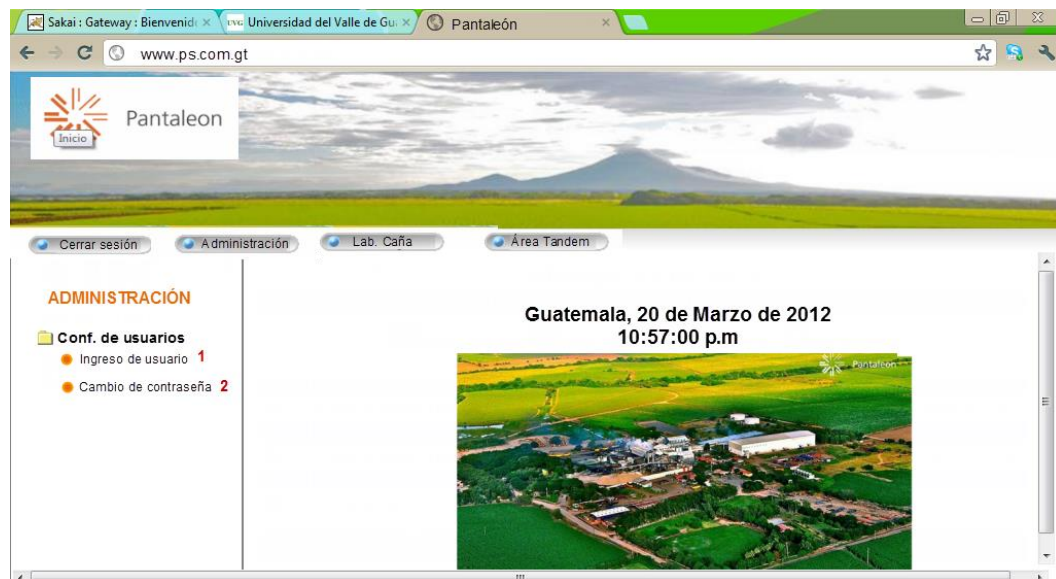
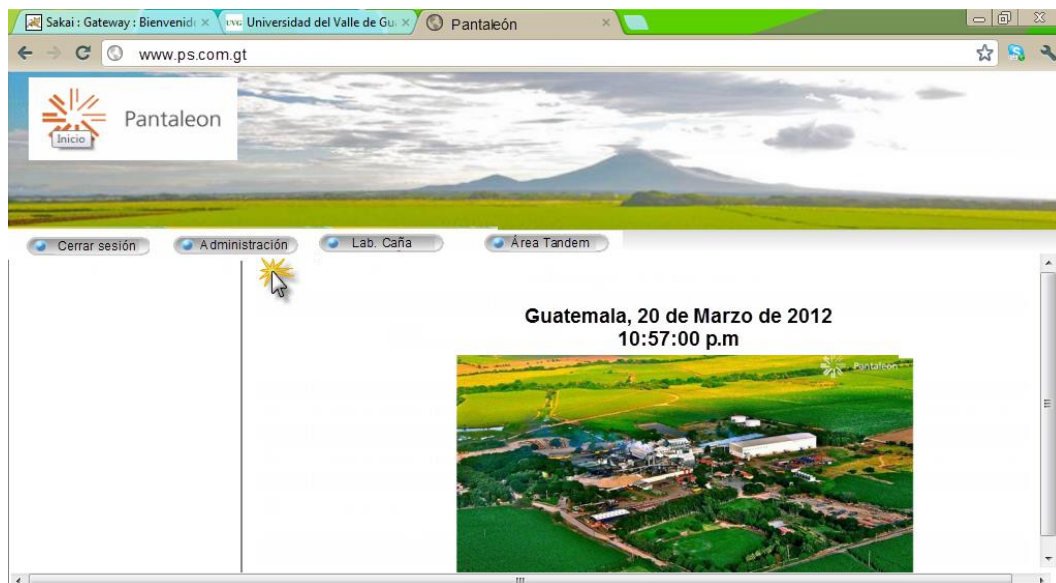
1. Cerrar sesión: Los usuarios podrán cerrar su sesión en cualquier momento que deseen.
2. Módulo administración: En este módulo se podrán ingresar los usuarios que serán designados para el ingreso de datos en el laboratorio de caña y en el laboratorio de tándem así como el cambio de sus respectivas contraseñas.
3. Módulo Lab. caña: En este módulo se ingresarán los datos obtenidos en el laboratorio de caña y se generarán los respectivos reportes.
4. Módulo Lab. tándem: En este módulo se ingresarán los datos obtenidos en el laboratorio de tándem y se generarán los respectivos reportes.

b. Pantalla para cerrar sesión

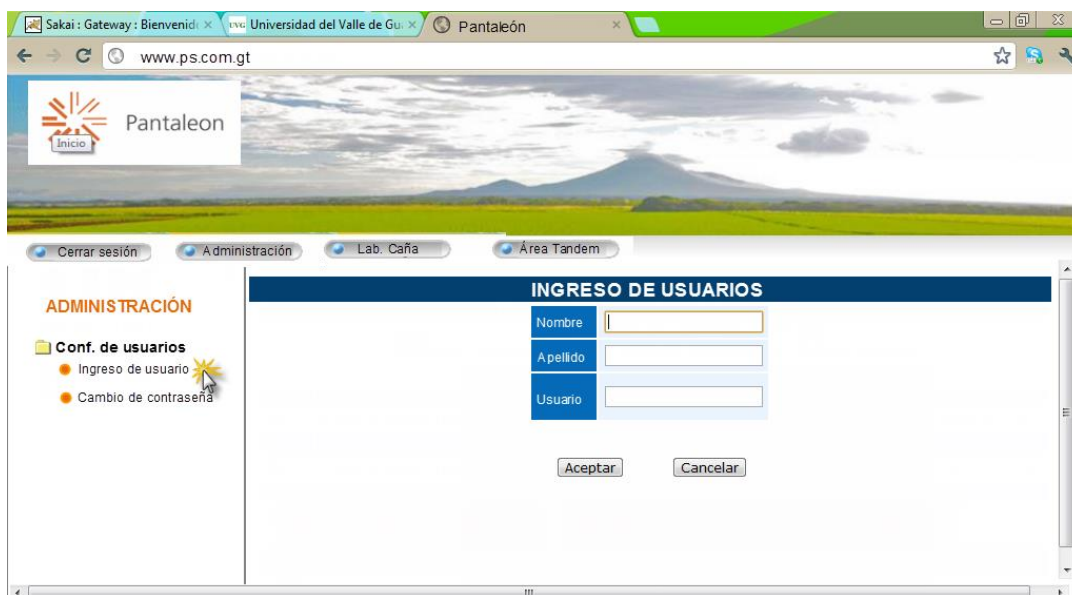
Al dar clic en el ícono de cerrar sesión; automáticamente se debe de cerrar la sesión del usuario y salir del sistema.



2. **Módulo administración.** En este módulo se podrán registrar a los operarios que podrán utilizar el sistema para poder ingresar los datos en el Laboratorio de caña o en el área de tándem.

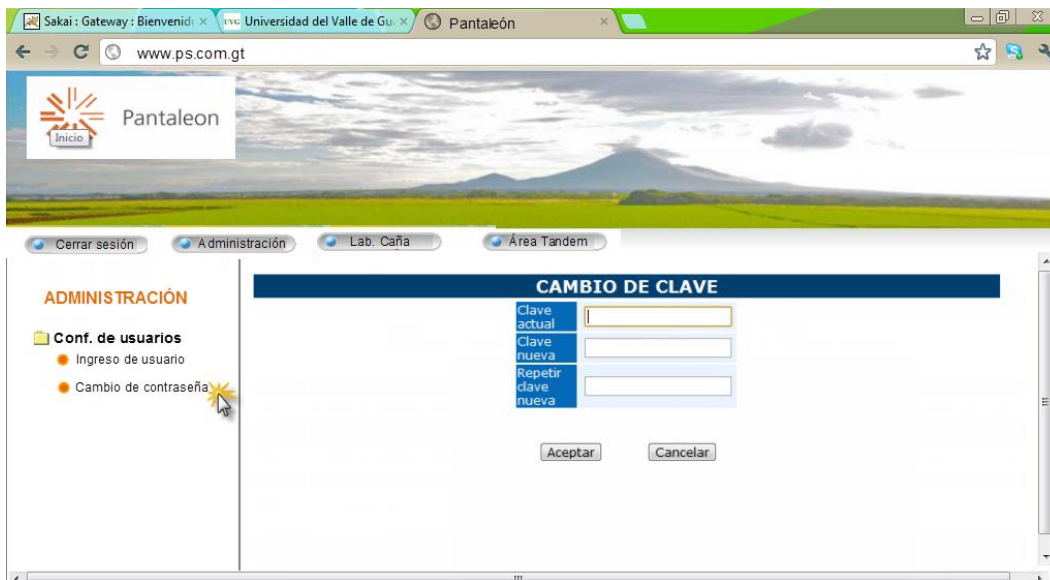


a. **Ingreso de usuarios:** Debe permitir al usuario ingresar los datos completos del operario así como su usuario con el cual ingresará al sistema.



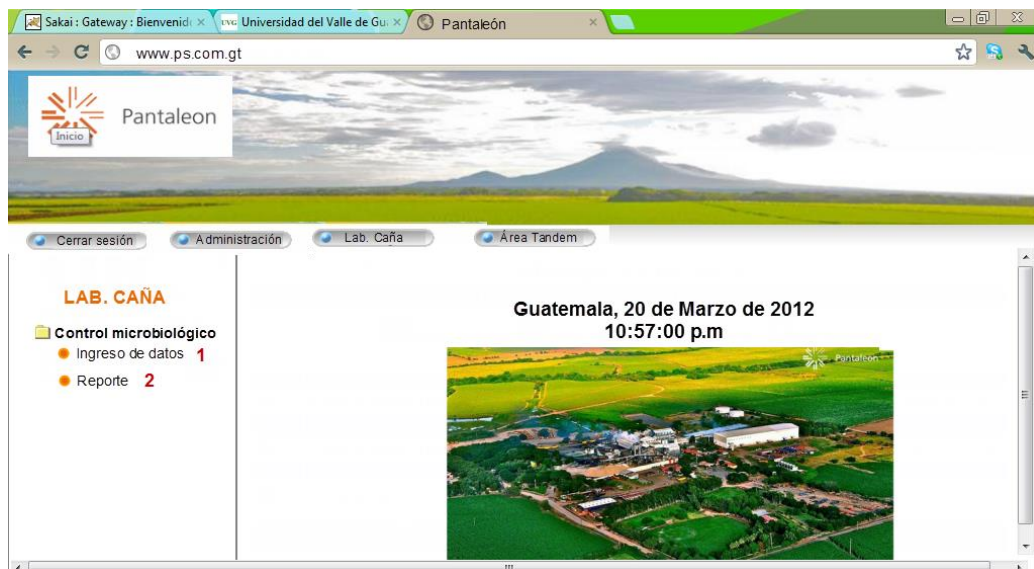
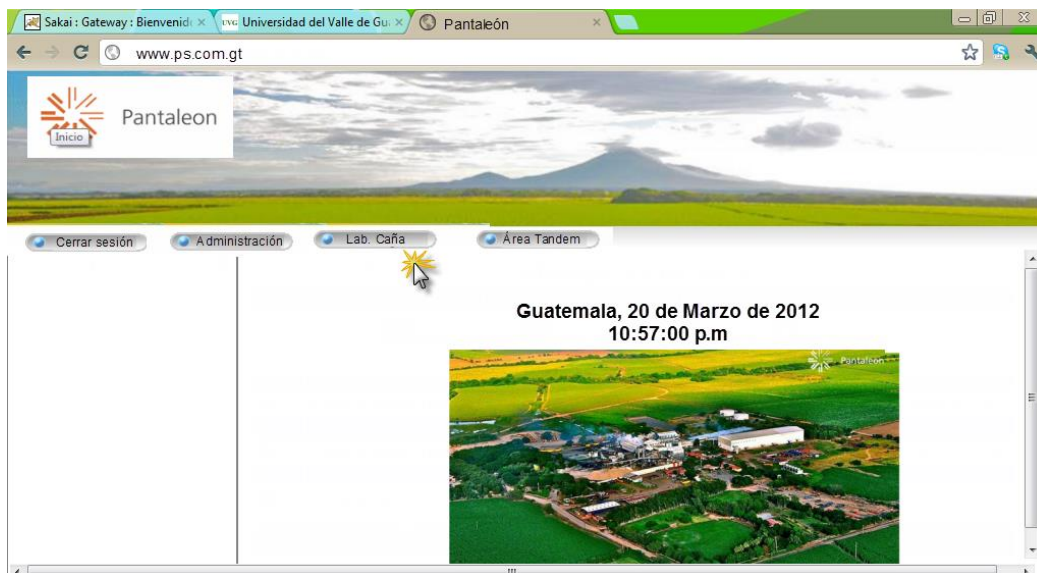
The screenshot shows a web browser window with the URL www.ps.com.gt. The page features a header with the Pantaleon logo and navigation tabs for "Cerrar sesión", "Administración", "Lab. Caña", and "Área Tandem". A sidebar menu under "ADMINISTRACIÓN" includes "Conf. de usuarios" with sub-items "Ingreso de usuario" and "Cambio de contraseña". The main content area is titled "INGRESO DE USUARIOS" and contains a form with three input fields: "Nombre", "Apellido", and "Usuario". Below the fields are "Aceptar" and "Cancelar" buttons.

b. **Cambio de contraseña:** Debe permitir al usuario cambiar la contraseña del para poder ingresar al sistema.

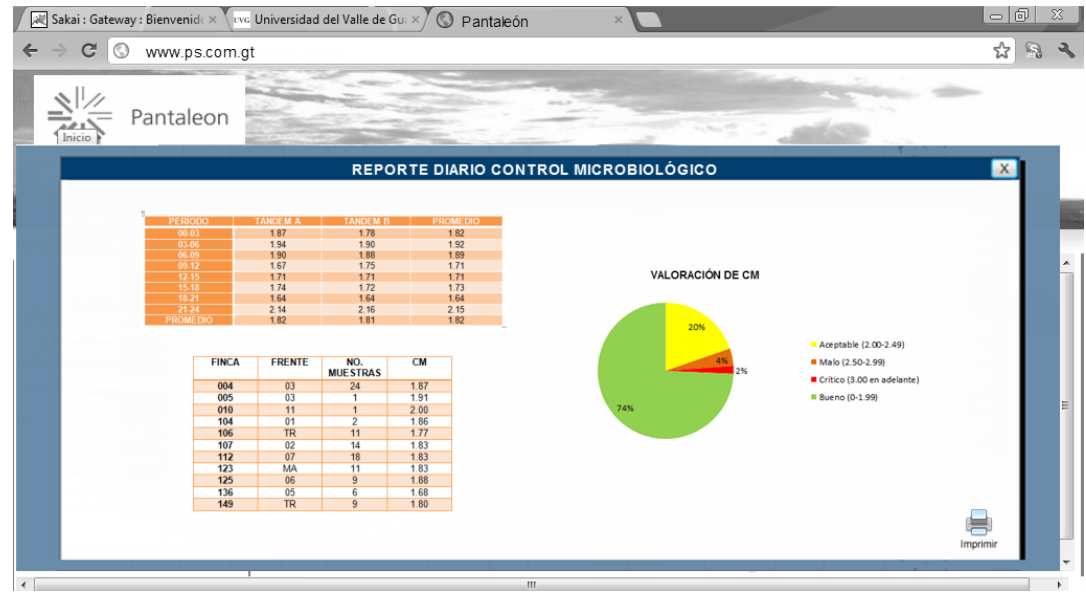
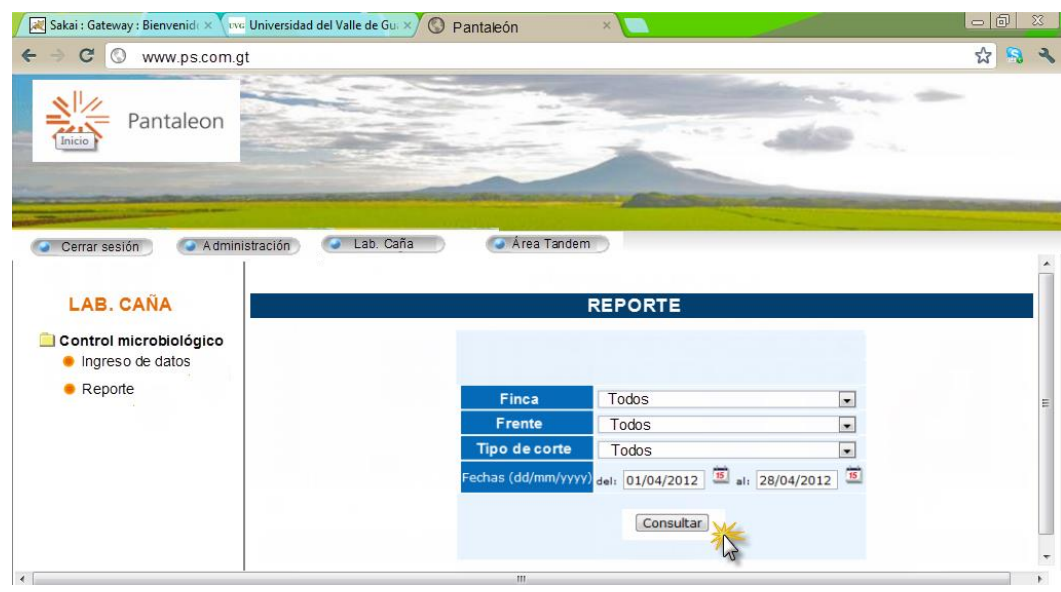


The screenshot shows the same web browser window as above, but the main content area is titled "CAMBIO DE CLAVE". The form contains four input fields: "Clave actual", "Clave nueva", and "Repetir clave nueva". Below the fields are "Aceptar" and "Cancelar" buttons. The sidebar menu remains the same, with the mouse cursor hovering over "Cambio de contraseña".

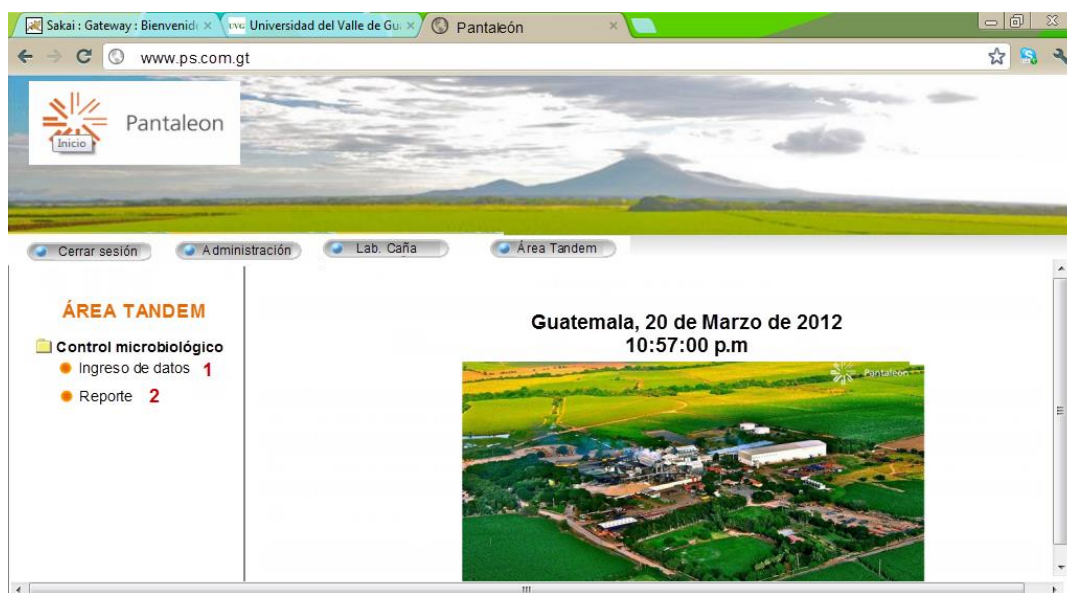
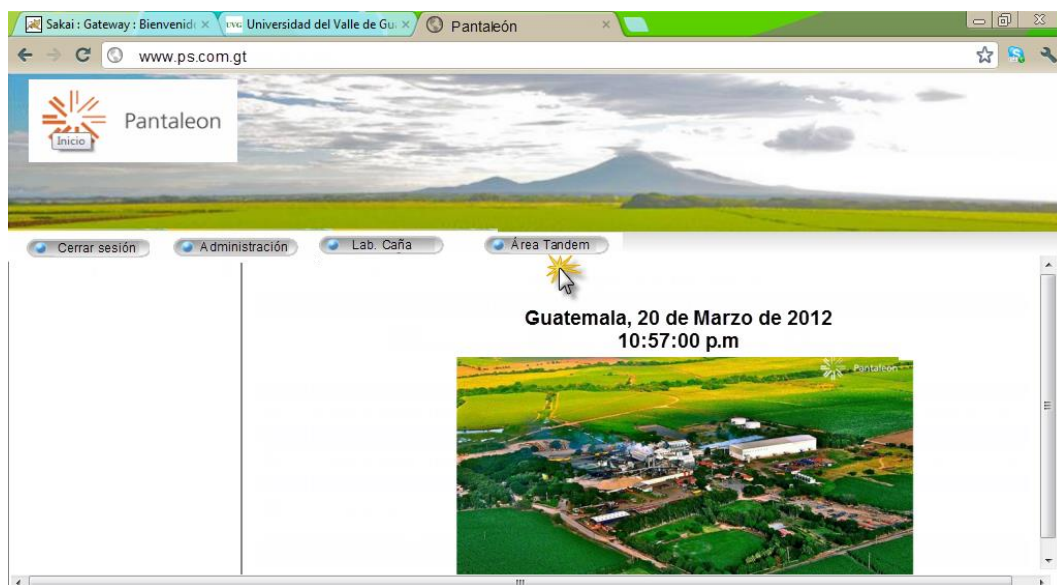
3. **Módulo Lab. caña.** En este módulo se ingresarán los datos obtenidos en el laboratorio de caña.



b. **Reporte.** En la pantalla del reporte de laboratorio de caña debe contener filtros que permita realizar la búsqueda más fácilmente. Los filtros que debe contener la pantalla son: FINCA, FRENTE, TIPO DE CORTE, RANGO DE FECHAS. Al dar clic en el ícono consultar se debe desplegar una pantalla con el reporte deseado y la gráfica de pie que muestra la cantidad de muestras Buenas, Aceptables, Malas y Críticas según los criterios establecidos en el laboratorio.



4. **Módulo área de tándem.** En este módulo se ingresarán los datos obtenidos en el área de tándem.



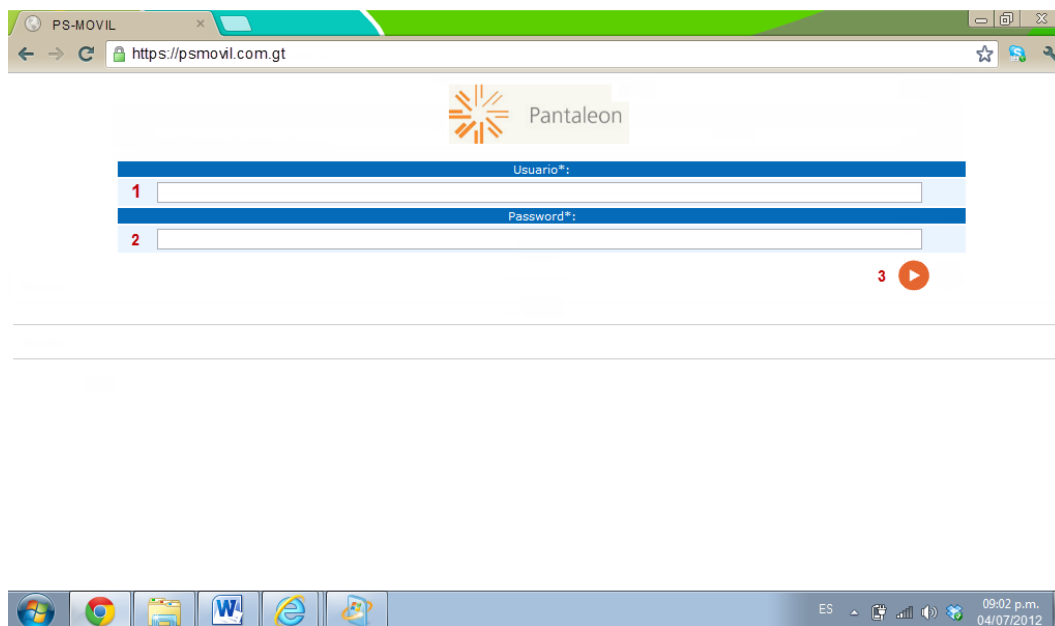
b. **Reporte.** En la pantalla del reporte de área tándem debe contener filtros que permita realizar la búsqueda más fácilmente. Los filtros que debe contener la pantalla son: TÁNDEM, RANGO DE FECHAS. Al dar clic en el ícono consultar se debe desplegar una pantalla con el reporte deseado y la gráfica comparando el CM entre el jugo primario y diluido para cada tándem.

TANDEM A			
PERIODO	CM PRIMARIO	CM DILUIDO	IC
00-03	1.84	2.02	0.18
03-06	1.98	2.08	0.10
06-09	1.72	1.84	0.12
09-12	1.87	2.32	0.45
12-15	1.99	2.33	0.24
15-18	2.36	2.31	0
18-21	2.3	2.27	0
21-24	2.08	2.15	0.07
PROMEDIO	2.02	2.15	0.13

TANDEM B			
PERIODO	CM PRIMARIO	CM DILUIDO	IC
00-03	1.90	1.81	0.01
03-06	1.84	1.98	0.09
06-09	1.82	1.92	0.10
09-12	2.17	2.44	0.32
12-15	1.84	1.86	0.02
15-18	1.58	1.64	0.06
18-21	1.77	1.84	0.07
21-24	1.94	2.08	0.14
PROMEDIO	1.87	2.06	0.19

5. Especificaciones de requerimiento (Móvil)

a. **Ingreso del sistema.** Debido al tiempo limitado que los operarios del área tándem cuentan, se vio la necesidad de crear una plataforma para que los datos que se ingresan en el área tándem puedan ser ingresados desde un dispositivo móvil que cuente con conexión a internet.



La pantalla de inicio al sistema desde un dispositivo móvil debe permitir ingresar el usuario y contraseña ya que en laboratorio de tándem se cuenta con más de un operario encargado del ingreso de datos.

1. Usuario
2. Contraseña
3. Ingresar al sistema

6. Pantalla de ingreso de datos (área de tándem)

15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
No.	Hora	ID Muestra	Tandem A	Tandem B	Jugo primario	Jugo diluido	Posición	Hora inicial	Hora final	Tiempo total	Resultado CM	Estado CM
1	4:00	1682565	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D-15	4:10	6:35	2.41	2.07	Bueno

14

Grabar

- 1) Número: El sistema automáticamente debe enumerar las muestras que el operario ingresará.
- 2) Hora: El operario debe ingresar la hora en la que fue tomada la muestra
- 3) ID muestra: El operario debe ingresar el ID muestra
- 4) Tándem A: El operario debe marcar si la muestra es del tándem A
- 5) Tándem B: El operario debe marcar si la muestra es del tándem B
- 6) Jugo primario: El operario debe marcar si la muestra se tomó del jugo primario
- 7) Jugo diluido: El operario debe marcar si la muestra se tomó del jugo primario
- 8) Posición: El operario debe ingresar la posición
- 9) Hora inicial: El operario debe ingresar la hora inicial
- 10) Hora final: El operario debe ingresar la hora final
- 11) Tiempo total: El sistema debe calcular automáticamente el tiempo total. (Hora final- Hora inicial)
- 12) Resultado CM: El sistema debe calcular automáticamente el resultado CM (5/Tiempo total)
- 13) Estado CM: El sistema debe calcular según los estándares establecidos el estado del CM (Bueno, Alerta, Malo, Crítico, Muy Crítico)
- 14) Grabar: Al dar clic en guardar; los datos ingresados deben ser guardados ya

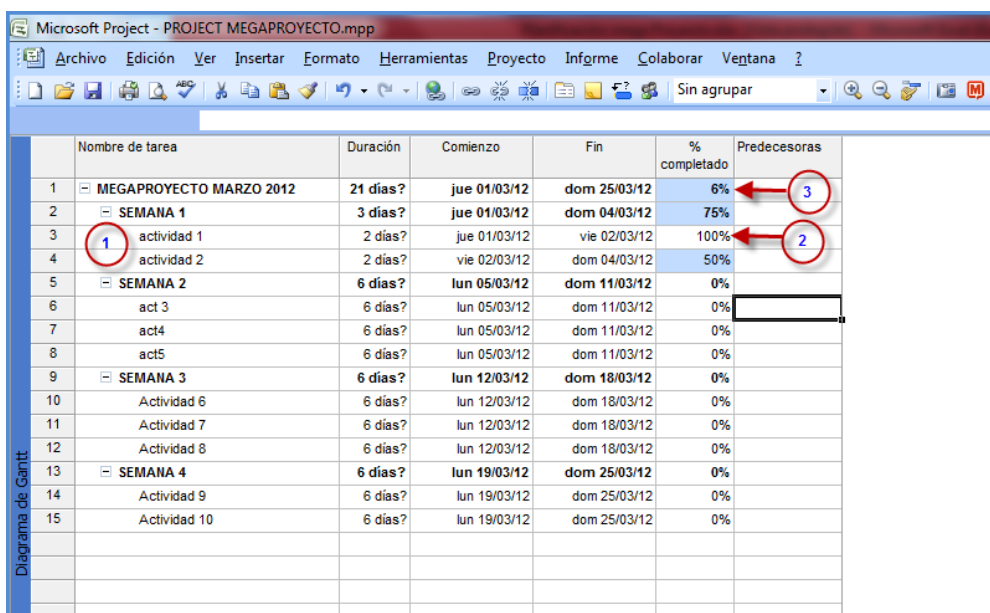
que posteriormente se utilizarán para generar reportes.

- 15) Cerrar sesión: Debe de existir un botón para que el usuario pueda finalizar su sesión en cualquier momento

Implementación de método para medir las metas

a. **Manejo de la plantilla Project para administrar las tareas semanales de cada integrante.** Lo primero que se debe de hacer es entregarle a cada uno de los integrantes del grupo la plantilla en Project en donde mes a mes se tendrán que especificar las tareas que se deben realizar con sus respectivas fechas.

Ilustración No. 139 – Plantilla de Project.



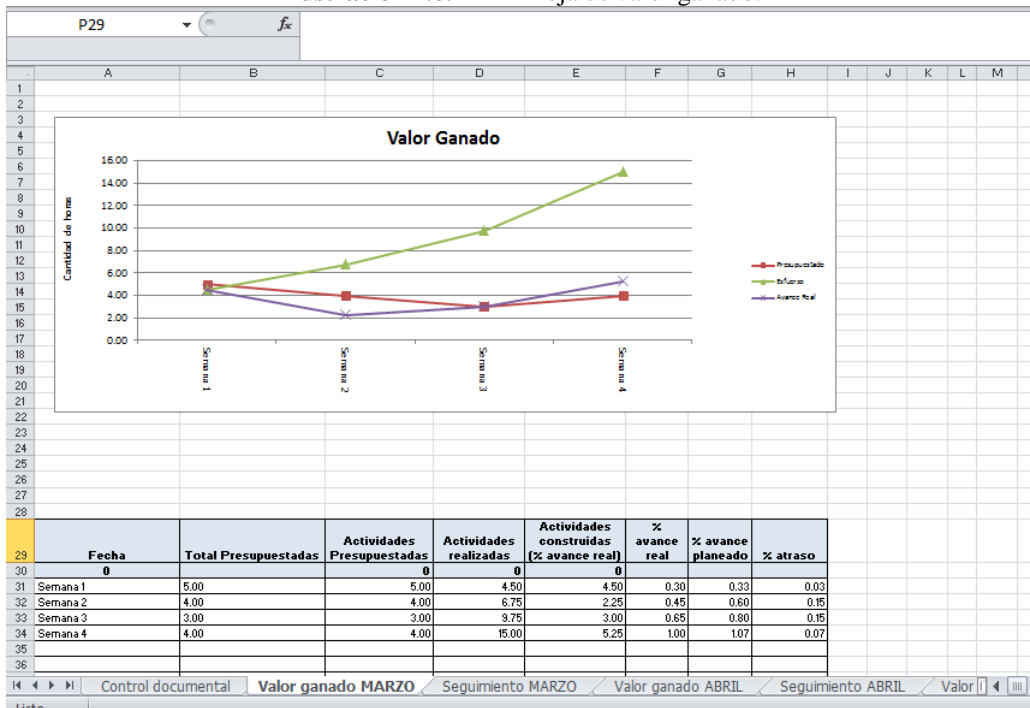
	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	% completado	Predecesoras
1	MEGAPROYECTO MARZO 2012	21 días?	jue 01/03/12	dom 25/03/12	6%	3
2	SEMANA 1	3 días?	jue 01/03/12	dom 04/03/12	75%	
3	1 actividad 1	2 días?	jue 01/03/12	vie 02/03/12	100%	2
4	actividad 2	2 días?	vie 02/03/12	dom 04/03/12	50%	
5	SEMANA 2	6 días?	lun 05/03/12	dom 11/03/12	0%	
6	act 3	6 días?	lun 05/03/12	dom 11/03/12	0%	
7	act4	6 días?	lun 05/03/12	dom 11/03/12	0%	
8	act5	6 días?	lun 05/03/12	dom 11/03/12	0%	
9	SEMANA 3	6 días?	lun 12/03/12	dom 18/03/12	0%	
10	Actividad 6	6 días?	lun 12/03/12	dom 18/03/12	0%	
11	Actividad 7	6 días?	lun 12/03/12	dom 18/03/12	0%	
12	Actividad 8	6 días?	lun 12/03/12	dom 18/03/12	0%	
13	SEMANA 4	6 días?	lun 19/03/12	dom 25/03/12	0%	
14	Actividad 9	6 días?	lun 19/03/12	dom 25/03/12	0%	
15	Actividad 10	6 días?	lun 19/03/12	dom 25/03/12	0%	

- 1) En esta posición deberán llenar las actividades que tienen planeadas para cada semana; la fecha de inicio y de fin debe coincidir con el primer lunes en que empieza la semana y el domingo en que termina la semana.
- 2) Cada domingo deberán de llenar el % completado de cada una de las actividades que tienen planeada conforme a cada semana. Lo ideal es que cada domingo se tenga el 100% completado de esas actividades planeadas. Si no está en 100% completado no importa ya que con eso vamos a medir el avance.
- 3) Cada domingo me deberán de brindar el dato (% completado) de la primera fila. El cual representa el avance del megaproyecto.

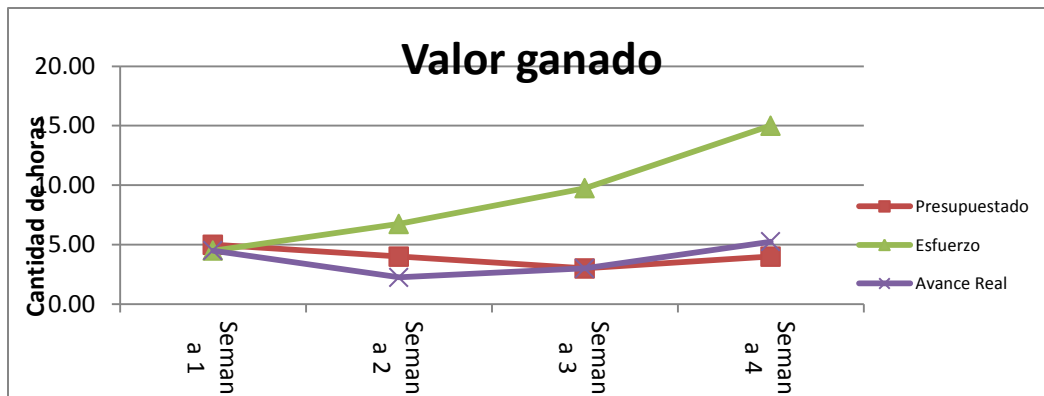
- 6) **Actividades construidas:** Son las actividades que fueron construidas durante la semana y lo calcula automáticamente el sistema.
- 7) **Diferencia de avance:** Como su nombre lo indica es la diferencia de avance de la semana 2 menos la semana 1 y así sucesivamente. Este dato automáticamente lo calcula el sistema.
- 8) **Avance planeado:** Este dato es el porcentaje que el integrante del megaproyecto debió de haber avanzado con respecto a las actividades totales del mes y las actividades presupuestadas para cada semana.
- 9) **Efectividad (%):** Este dato es el porcentaje de trabajo efectivo del integrante de megaproyecto en cada semana.

c. **Administración de la hoja “Valor ganado” en el documento de valor ganado de Excel.** La hoja de “valor ganado” sirve para obtener la gráfica de las actividades realmente realizadas (Esfuerzo), las actividades presupuestadas y el avance real de cada semana Vs. La cantidad de horas que se invirtieron en cada semana.

Ilustración No. 141 – Hoja de valor ganado.



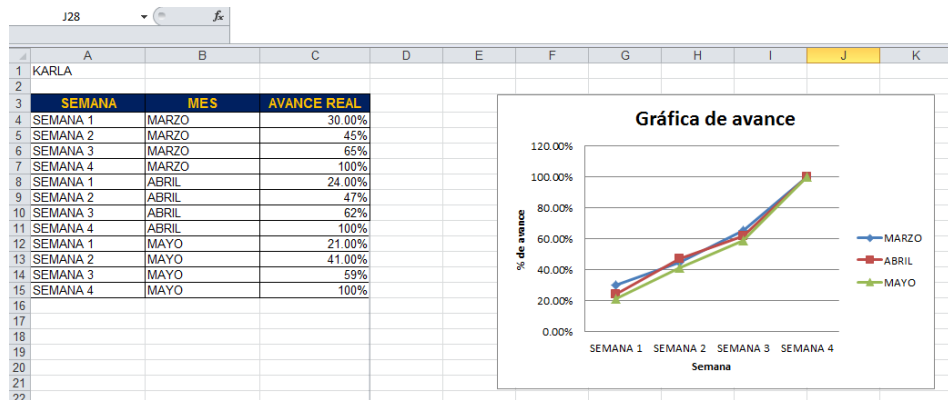
Gráfica No. 88 – Gráfica de valor ganado.



Para poder llenar el cuadro en la hoja de valor ganado únicamente se debe se copiar la primera fila de la hoja “Seguimiento” la fila “Semana 1” y luego ir jalando el cursor para abajo para que las demás semanas se vayan llenando automáticamente.

d. **Administración de la hoja “Gráfica de avance” en el documento de valor ganado de Excel.** Esta hoja se genera automáticamente y muestra las semanas de trabajo durante el mes Vs. el porcentaje de avance con su respectiva tabla.

Ilustración No. 142 – Hoja de gráfica de avance.



XII. GLOSARIO

1. **Actividad microbiológica:** Nombre que se le da al conjunto de acciones realizadas por microorganismos en conjunto, con el fin de vivir en un medio.
2. **Alcalizado:** Proceso por medio del cual se le introduce una mezcla de cal, etanol y azúcar para disminuir aumentar el pH del jugo.
3. **Arrobas:** Peso equivalente a 11,502 kg. (RAE)
4. **Azúcar crudo:** Producto sólido cristalizado obtenido de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera, constituido esencialmente por cristales de sacarosa cubiertos de una película de su licor madre, sin haber sido sometido a procesos de purificación y refinación completos (también conocido como azúcar mascabado). (Mirón, 1998)
5. **Bacilo Gram Positivo:** Microorganismos que causan enfermedades que causan, patogenicidad, transmisión, características, diagnóstico del laboratorio, prevención y tratamiento.
6. **Bagazo:** Residuo que queda después de extraer los jugos de la caña en los molinos. Es utilizado para quemar en las calderas y hacer vapor. Es la fuente de poder de los ingenios. El vapor generado por el bagazo en las calderas mueve luego el turbogenerador para producir su propia energía eléctrica. (Mirón, 1998)
7. **Cachaza:** Se obtiene como producto de la destilación del jugo de la caña de azúcar fermentado.
8. **Capacidad buffer:** Cantidad de ácido o base que una sustancia puede absorber sin modificar su pH.

- 9. Clarificador:** se utiliza para separar los sólidos en suspensión en el jugo de la caña. Estos sólidos son arena, tierra y material diverso.
- 10. Coeficiente microbiológico:** Valor numérico que indica el índice de actividad microbiológica en una solución, en un rango de 1 a 5, siendo 1 poca actividad y 5 mucha actividad microbiológica.
- 11. Contrato No. 11:** Contrato de compra-venta para azúcar crudo. (Mirón, 1998)
- 12. Endospora:** Son células especializadas, no reproductivas, producidas por unas pocas bacterias de la división Firmicute. Su función primaria es asegurar la supervivencia en tiempos de tensión ambiental.
- 13. Evaporador:** Tanque cilíndrico con una calandria (tubos) con el cual se evapora el agua del jugo de la caña. (Mirón, 1998)
- 14. Fibra:** Nombre que se le da a la caña que pasa por el proceso de preparación, y ya esta lista para ingresar a los molinos.
- 15. Finca en emergencia:** Finca determinada con alto índice de actividad microbiana con prioridad de ingreso a la fábrica.
- 16. Finca en observación:** Finca sin suficientes muestras para determinarla en estado de emergencia, pero está bajo advertencia de las muestras posteriores.
- 17. Finca:** Es un área determinada que se divide en lotes, que pueden ser diferentes en el tipo de suelo y variedades de caña de azúcar.
- 18. Floculante:** Polímero que aglutina sólidos en suspensión, provocando su precipitación.
- 19. Frente de cosecha:** Es grupo de personas o Maquinaria que se dedican al corte de caña Manual y Mecanizado en unión y función de una alzadora.

- 20. Frente:** Grupo de trabajadores que se encarga de cortar campos entre los que se incluye cortadores de machete, alzadoras, tractores, cabezales con jaulas, encargados de alimentación, coordinadores, plataformas para reparación y mantenimiento de vehículos, pipas con agua para apagar incendios y personal encargado de comunicación. (Mirón, 1998)
- 21. Geopolíticamente:** Desde el punto de vista geopolítico. (RAE)
- 22. Geopolítico:** Ciencia que pretende fundar la política nacional o internacional en el estudio sistemático de los factores geográficos, económicos, raciales, culturales y religiosos. (RAE)
- 23. Grados brix:** Determinan el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido.
- 24. Grúas malacates:** Es un tipo máquina móvil de elevación de movimiento discontinuo destinado a elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho y utilizan cadenas.
- 25. Jugo claro:** Jugo proveniente de los clarificadores posterior al proceso de sulfitación y alcalización.
- 26. Jugo diluido:** El jugo que se obtiene después de recorrer los 6 molinos y ya está listo para seguir hacia el proceso de sulfitado.
- 27. Jugo diluido:** Jugo de caña proveniente de la molienda de caña en molinos.
- 28. Jugo primario:** El jugo que se obtiene solamente del primer molino.
- 29. Lazo operativo:** Canal de comunicación basado en resultados de análisis químico u observación dentro de dos áreas, una generadora y una receptora.

- 30. Lechada de cal:** Mezcla de cal y agua para hacer mas permeable el lodo.
- 31. Levadura:** Diversos hongos microscópicos unicelulares que son importantes por su capacidad para realizar la descomposición mediante fermentación de diversos cuerpos orgánicos, principalmente los azúcares o hidratos de carbono, produciendo distintas sustancias.
- 32. Lixiviar:** Separar por medio del agua u otro disolvente (una sustancia soluble) de otra insoluble.
- 33. Lote:** Porción de suelo dentro de una finca con características similares además de tener la misma variedad de caña.
- 34. Machete australiano:** Un machete es un cuchillo grande pero más corto que una espada o un sable. Comúnmente mide menos de 60 cm y tiene un solo filo. Se utiliza para segar la hierba, cortar la caña de azúcar, podar plantas. También para abrirse paso en la selva.
- 35. Meladura:** Producto obtenido de los evaporadores con unos grados brix de aproximadamente 65.
- 36. Mesófilo:** Microorganismo que para un óptimo desarrollo necesita temperaturas inferiores a los 45 °C
- 37. Microbiota:** Es el conjunto de microorganismos, en general bacterias, que se alojan en el organismo sin producir enfermedad, son habitantes residentes no patógenos.
- 38. Mohos:** Microorganismos eucariontes que pertenecen al reino fungí, cada célula posee núcleo, membrana nuclear, retículo endoplásmico, aparato de Golgi y mitocondrias.
- 39. Molino:** Equipo que prensa la caña para extraer el jugo. (Mirón, 1998)
- 40. Morfología:** Parte de la biología que estudia la forma de los seres orgánicos y de las modificaciones o transformaciones que experimenta.

- 41. Moscabado:** Es un azúcar de caña integral, no refinado originario de las Islas Mauricio. Tiene un color marrón oscuro y una gran cantidad de melaza lo que le da un gusto muy particular así como una textura pegajosa.
- 42. Periférico:** Persona responsable de coordinar la entrada y recorrido de los camiones al área de descarga.
- 43. pH:** Partes de hidrógeno. Es una medida de acidez. (Mirón, 1998)
- 44. Pol:** Medida del contenido de sacarosa de azúcar.
- 45. Quintales:** Peso equivalente a 100 libras. (RAE)
- 46. Resazurina:** Es un colorante azul, que se vuelve incoloro cuando se le reduce químicamente por la eliminación de oxígeno. (Géosta, 2003)
- 47. Sacarato:** Mezcla de agua, cal, jugo claro y meladura; utilizada para alcalizar el jugo diluido.
- 48. Saccharum officinarum:** Especie originaria de Nueva Guinea que se caracteriza por su alto contenido de sacarosa, tallos gruesos y pesados, con bajo contenido en fibra y altura media. (Subirós, 2000)
- 49. Saccharum:** El género Saccharum corresponde a un complejo sustituido por seis especies; cuatro domesticadas (*S. officinarum*, *S. edule*, *S. barberi* y *S. sinensis*) y dos silvestres (*S. spontaneum* y *S. robustum*). (Subirós, 2000)
- 50. Sulfitación:** Proceso por medio del cual se le introduce anhídrido sulfuroso en forma de gas para ayudar a blanquear el azúcar. (Mirón, 1998)
- 51. Sulfitación:** Proceso por medio del cual se le introduce anhídrido sulfuroso en forma de gas para ayudar a blanquear el azúcar. (Mirón, 1998)

- 52. Sulfitado:** Proceso por medio del cual se le introduce anhídrido sulfuroso en forma gaseosa para ayudar a blanquear el azúcar.
- 53. Tacho:** Reactor presurizado, a presión de vacío, utilizado para concentrar la meladura para la obtención de los granos de azúcar y mieles.
- 54. Tándem:** Conjunto de molinos de los ingenios están compuestos de cuatro mazas: maza cañera, maza superior, maza bagacera y cuarta maza. El objetivo del tándem es la extracción del jugo. (Mirón, 1998)
- 55. Tándem:** Se le llama tándem de molinos a la sección en la cual se encuentran una serie de molinos en un ingenio azucarero. En el Ingenio Pantaleón se posee el tándem A y B, cada uno cuenta con 6 molinos.
- 56. Termófilo:** Microorganismo que para un óptimo desarrollo necesita temperaturas superiores a los 45 °C.
- 57. Test de resazurina:** Análisis realizado con el indicador resazurina, con el fin de determinar el coeficiente microbiológico de una solución. El análisis se lleva a cabo determinando el tiempo en horas, que tarda en cambiar de color la solución analizada, siendo los colores mostrados rojo y rosado hasta llegar a beige o el color inicial del jugo.
- 58. Tintoriales:** agregar colorantes a las microbiotas para determinar el grupo al que pertenecen.
- 59. Trapiches:** Industria donde se produce panela, por no tener todo el equipo especializado para producir azúcar cristalizada. (Mirón, 1998)
- 60. Unidades Formadoras de Colonias:** Es un valor que indica el grado de contaminación microbiológica de un ambiente. Expresa el número relativo demicroorganismos.

61. Xilema: Es un tejido vegetal lignificado de conducción que transporta líquidos de una parte a otra de las plantas vasculares. Transporta agua, sales minerales y otros nutrientes desde la raíz hasta las hojas de las plantas.

62. Zafra: Periodo de cosecha de la caña de azúcar y la temporada en que se realiza.

XIII. ABREVIATURAS

1. **% v/v** Porcentaje volumen/volumen
2. **%p/p** Porcentaje peso/peso
3. **Δ** Cambio
4. **ATRV** alza, transporte y red vial que es utilizado comúnmente en el área agrícola industrial en Ingenio Pantaleón.
5. **cm** centímetro
6. **CM** Coeficiente microbiológico
7. **cm³** Centímetros cúbicos.
8. **dm³** Decímetros cúbicos
9. **EPP** Equipo de protección personal y es utilizado comúnmente dentro de las instalaciones del Ingenio Pantaleón y otras industrias.
10. **g** gramo
11. **HPLC** Cromatografía líquida de alta presión
12. **Kg** Kilogramos
13. **L** litros
14. **m** Metros
15. **m²** Metros cuadrados
16. **mg** Miligramos
17. **mL** Mililitros
18. **Pa** Pascales
19. **pH** Potencial de hidrógeno
20. **ppm** Partes por millón
21. **s** Segundos
22. **TAH** Toneladas de azúcar por hectárea
23. **TCH** Toneladas de caña de azúcar por hectárea
24. **ton** Toneladas
25. **t_R** tiempo de reducción.

