

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Industrial



**Validación de una planta de tratamiento de aguas residuales  
y del método de producción de formas farmacéuticas  
sólidas.**

**Trabajo de graduación presentado por  
Diego Roberto Ayau Ayala para  
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial**

**Guatemala  
2012**



**Validación de una planta de tratamiento de aguas residuales  
y del método de producción de formas farmacéuticas  
sólidas.**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Industrial

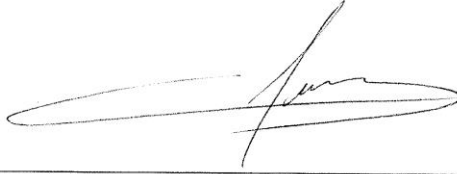


**Validación de una planta de tratamiento de aguas residuales  
y del método de producción de formas farmacéuticas  
sólidas.**

**Trabajo de Graduación presentado por  
Diego Roberto Ayau Ayala para optar al grado de  
Licenciado en Ingeniería Industrial.**

**Guatemala  
2012**

Vo.Bo. Asesor



Lic. Cristian Álvarez

Vo.Bo. Terna Examinadora



Lic. Cristian Álvarez.



Lic. Carlo Vinicio Prato.



Lic. Raúl Dacaret

Fecha de Aprobación: Guatemala, 12 de junio de 2012

## **Agradezco:**

A Dios por todas las obras de amor que me han guiado siempre a los mejores resultados...

A mi familia y amigos que hicieron de las pedradas los escalones del triunfo...

A mi asesor y amigo Cristián Álvarez que confió en mí y me apoyó en todo momento...

A Don Arturo Letona que me abrió las puertas de su empresa y su hogar, enseñándome el camino de la excelencia...

A mis catedráticos que fueron las luces de la inspiración requerida en este texto...

A San José María Escrivá de Balaguer, el santo de lo ordinario; que por su ejemplo ha inspirado a muchos a perseverar...

**Dedico este trabajo a:**

A Dios que es mi razón de existir, a mi familia, mis amigos, y demás personas que han estado en mi corto paso por el mundo. También a mis padres Jorge Roberto Ayau Foncea y Ana María Ayala De Ayau, que son modelos de perseverancia, ejemplo y por quienes por su sacrificio todo esto es posible.

## ÍNDICE

LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE GRÁFICOS	x
LISTA DE ILUSTRACIONES	xi
RESUMEN	xii
<b>CAPÍTULOS</b>	<b>NO. DE PÁGINA</b>
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
A. Objetivo general	3
B. Objetivos específicos	3
III. MARCO TEÓRICO	4
A. Términos generales	4
B. Términos del Acuerdo Gubernativo 236-2006	6
IV. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	10
A. Historia	10
B. Objetivo de la empresa	11
C. Misión	11
D. Visión	11
E. Ambientes	11
F. Ubicación geográfica	24
V. VALIDACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	25

A. Estudio técnico	26
B. Estudio financiero	47
VI.    VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS FARMACÉUTICOS	53
A. Estudio técnico	53
VII.   DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
A. Respecto a la validación de la planta de tratamiento	60
B. Respecto a la validación del método de producción de sólidos farmacéuticos.	69
VIII.  CONCLUSIONES	72
IX.    RECOMENDACIONES	73
X.     BIBLIOGRAFÍA	74
XI.    APÉNDICE	76

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del análisis ambiental y microbiológico.	38
Tabla 2: Caracterización del caudal de la planta de tratamiento.	40
Tabla 3: Caudal en L/s, L/min, L/hora, L/día y el promedio diario.	41
Tabla 4: Límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35.	43
Tabla 5: Afluente de agua del año 2011.	47
Tabla 6: Caudal por hora en L/s, L/min, L/hora, L/día y el promedio diario.	48
Tabla 7: Caudal mínimo, promedio y máximo proyectado por día y mes.	48
Tabla 8. Agua destinada al riego (efluente promedio).	49
Tabla 9. Agua destinada al riego (efluente mínimo).	50
Tabla 10. Agua destinada al riego (efluente máximo).	50
Tabla 11: Porcentaje de agua destinada al riego.	51
Tabla 12: Precio del servicio de agua por rangos de consumo.	52
Tabla 13: Costo del agua utilizada para el riego.	52
Tabla 14: Horarios de trabajo de Mettler Laboratorios Sociedad Anónima.	53
Tabla 15: Datos de producción.	53
Tabla 16: Paquetes de 25 blísteres con hule y etiqueta (promedio por cada operario).	55
Tabla 17: Corte de etiquetas por lote de cajas (promedio por cada operario).	56
Tabla 18: Termo de 2 paquetes (promedio por cada operario).	56
Tabla 19: Secado de paquetes con termo por caja (promedio por cada operario).	56
Tabla 20: Colocado de etiquetas por paquete (promedio por cada operario).	56
Tabla 21: Tiempos muertos de 1 operario diarios.	57

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Caudal del Efluente (L/día).	41
Gráfico 2: Diagrama de Flujo de Proceso del empaque de Acetaminofén 500mg.	54

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Edificio de administración.	12
Ilustración 2: Servicios generales y bodega.	13
Ilustración 3: Edificio de producción.	14
Ilustración 4: Área de producción y envasado.	15
Ilustración 5: Área de empaque.	16
Ilustración 6. Bodegas de materia prima.	16
Ilustración 7: Bodega de empaque .	16
Ilustración 8: Área de servicios.	17
Ilustración 9: Área de recepción y despacho de productos.	17
Ilustración 10: Oficina de producción.	18
Ilustración 11: Granuladora.	18
Ilustración 12: Tableteadora.	18
Ilustración 13: Área de semi-sólidos.	19
Ilustración 14: Área de retenciones.	19
Ilustración 15: Área de líquidos.	20
Ilustración 16: Área de control de calidad físico, químico y microbiológico.	20
Ilustración 17: Vestidor para damas.	21
Ilustración 18: Vestidor para caballeros.	21
Ilustración 19: Servicio sanitario para damas.	21
Ilustración 20: Servicio sanitario para caballeros.	21
Ilustración 21: Pasillo de producción.	22
Ilustración 22: Pasillo de salida.	22
Ilustración 23: Área de pesado de Materia Prima.	22
Ilustración 24: Interior edificio de Mantenimiento.	23
Ilustración 25: Exterior edificio de Mantenimiento.	23
Ilustración 26: Vista exterior Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima.	23
Ilustración 27: Ubicación geográfica de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima.	24

## RESUMEN

El trabajo presentado a continuación promueve el crecimiento y el desarrollo integral de una empresa en crecimiento. Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima es una empresa dedicada a la manufactura de productos farmacéuticos para uso medicinal, odontológico, de higiene personal y otros.

Durante los últimos años se ha generado una constante demanda por los productos farmacéuticos; cada año el porcentaje de personas que consumen formas farmacéuticas sólidas aumenta. Por ello, la empresa Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima tiene como objetivo abastecer estos mercados siendo no solo una de las empresas líderes en la producción de formas farmacéuticas sólidas, sino desempeñándose como una empresa que mejora sus prácticas de manufactura con el fin de asegurar ciertos estándares de calidad que exige el mercado internacional.

La validación de una planta de tratamiento de aguas residuales y del método de producción de formas farmacéuticas sólidas colocaría a la empresa como una de las mejores industrias farmacéuticas. Esto con el fin de poder no solo abastecer al mercado nacional, sino al internacional también; ya que el Tratado de Libre Comercio (TLC) exige ciertas normas ambientales que las empresas guatemaltecas deben de satisfacer para poder así ingresar al mercado estadounidense.

En este trabajo se brinda la validación de la planta de tratamiento de aguas residuales y se pretende lograr una eficiencia de tratamiento de aguas servidas de acuerdo a los estándares impuestos por el ministerio ambiental de Guatemala. En los objetivos se tiene la validación de la planta y la implementación de un sistema de abastecimiento, en el cual se utiliza el efluente de la planta de tratamiento como afluente para el sistema de servicios sanitarios y el sistema de riego.

Para el método de producción de formas farmacéuticas sólidas se pretende aplicar principios básicos de las GMP (*Good Manufacturing Practices*) o BPM (Buenas Prácticas de Manufactura) avaladas por el CGP+L (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia) para la implementación y cumplimiento de los estándares de calidad que esta normativa sugiere.

Para la validación del método de producción de formas farmacéuticas sólidas se pretende aplicar los principios de las BPM analizando tiempos y estandarizando el proceso de empaque, con el fin de documentar y normalizar dicho proceso. Se normalizó únicamente el proceso de empaque y emplastado de Acetaminofén 500mg ya que la producción de las grajeas se encuentra homogenizada, al igual que el proceso de blistado (agregar la lámina de aluminio a las grajeas); este último proceso lo realiza una empresa subcontratada por Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima. Asimismo, se observaba que en el proceso de empaque y emplastado existía una merma de productividad en cuanto al desempeño del personal, pues el proceso es parcialmente manual y BPM sugiere atender a esta necesidad con el fin de poder validar la línea de empaque.

## I. INTRODUCCIÓN

En un mercado en el que la competencia nacional e internacional busca satisfacer y ofrecer los mejores productos y servicios es importante implementar sistemas o principios como lo son las BPM. Las BPM son normas internacionales de buenas prácticas de manufactura utilizadas por lo general en la industria farmacéutica de los EEUU; entre sus objetivos destacan asegurar tanto calidad del producto, como buen manejo de desechos y de personal humano.

Con la vigencia del TLC es indispensable que las empresas guatemaltecas empiecen a cumplir con ciertos estándares que les permitan competir con el mercado internacional. Por ello, Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima empieza un proceso de competitividad mediante la validación de su planta de tratamiento de aguas residuales y de su método de producción de formas farmacéuticas sólidas. Con el fin de permanecer como una de las empresas líderes enfocadas a la producción de formas farmacéuticas sólidas. El tener un producto diferenciado le da cierta percepción de calidad al cliente. Asimismo, tener un proceso validado por un organismo internacional le brinda a la empresa cierto prestigio y le permite operar de acuerdo a las nuevas normas del TLC con la región que entrarán en vigencia este año. El Ministerio de Salud en cuanto al manejo de aguas residuales acuerda un **“REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS”**. Esto con el fin de reducir los niveles de Eutrofización; la Eutrofización es *el proceso de disminución de la calidad de un cuerpo de agua como consecuencia del aumento de nutrientes, lo que a su vez propicia el desarrollo de microorganismos y limita la disponibilidad de oxígeno disuelto que requiere la fauna y flora*. Debido a este acuerdo la empresa Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima busca cumplir con los estándares de calidad necesarios para poder operar en este mercado tan competitivo.

En este trabajo de graduación también se pretende que, con la planta de tratamiento de aguas residuales, estas aguas “grises” puedan utilizarse para abastecer los servicios sanitarios (inodoros y mingitorios) con el fin de utilizar agua reciclada para evitar el uso de agua blanca que se utiliza para los procesos de manufactura. Todo lo anterior con el fin de reducir no solo el impacto ambiental, sino poder reducir en costos incurridos para el riego de las áreas verdes del terreno. Asimismo, al momento de validar el método de producción de formas farmacéuticas sólidas se harán pruebas de tiempos, diagramas de flujo del proceso, diagramas bimanuales, entre otros, esto con el fin de estandarizar el mismo y lograr así una línea de empaque eficiente.

En cuanto a la planta de tratamiento, para su validación se hacen pruebas para verificar que la misma funcione adecuadamente y cumpla con los estándares de calidad que pide el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; la finalidad de la validación es el cumplimiento de la ley de aguas residuales de Guatemala. El tiempo estipulado para la realización del trabajo de graduación fue de enero a marzo, ya que el Ministerio Ambiental y de Recursos Naturales hizo una visita al laboratorio a finales de marzo, por lo que se necesitaba tener la validez de la planta de tratamiento de aguas residuales antes de la esperada visita.

En lo que respecta a la validación del método de producción de formas farmacéuticas sólidas son indispensables los diagramas de flujo del proceso actual y los diagramas bimanuales para que el método de fabricación sea estandarizado. El proceso a optimizar será el de empaque de tabletas de Acetaminofén 500mg. El objetivo principal será que, mediante toma de tiempos, se alcancen los parámetros de las BPM, analizando y haciendo constante el proceso de empaque. De igual manera, analizar los defectos del proceso y corregirlos con el fin de que la línea de empaque trabaje uniformemente y se puedan promover las Buenas Prácticas de Manufactura.

## **II. OBJETIVOS**

### **A. OBJETIVO GENERAL**

- Como objetivo general se tiene la validación de una planta de tratamiento de aguas residuales y del método de producción de formas farmacéuticas sólidas.

### **B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la eficiencia de la planta de tratamientos de aguas residuales con el fin de alcanzar los estándares del Ministerio de Salud y Recursos Naturales establecidos Acuerdo Gubernativo 236-2006.
- Implementar un sistema de abastecimiento de aguas tratadas para los servicios sanitarios (inodoro, mingitorios) y de riego con el fin de reducir el impacto ambiental.
- Mediante toma de tiempos, diagramas de flujo del proceso actual y diagramas bimanuales, aplicar las BPM para mejorar la línea de empaque y así estandarizar el proceso.
- Desarrollar una metodología para tratar los diferentes desechos que se dan en la empresa Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima y reducir de esta manera el impacto ambiental y poder generar un ingreso de capital a la empresa.

### III. MARCO TEÓRICO

Para la comprensión y entendimiento de los términos, parámetros y lugares en donde se dan los diferentes procesos de limpieza de aguas residuales, se puede separar el marco teórico de este trabajo de investigación en dos: Términos generales y términos del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

#### A. TÉRMINOS GENERALES

**1. Demanda Química Oxígeno (DQO).** La Demanda Química de Oxígeno o DQO, es la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar químicamente el material orgánico. Difiere de la DBO, en que en esta última prueba solo se detecta el material orgánico degradado biológicamente o que es biodegradable. En la determinación de DQO todo el material orgánico biodegradable y no biodegradable es químicamente oxidado por el bicromato de potasio en medio ácido en la presencia de un catalizador.<sup>1</sup>

**2. Demanda Biológica Oxígeno (DBO).** La DBO es uno de los parámetros de mayor importancia en el estudio y caracterización de las aguas no potables. La determinación de DBO, además de indicarnos la presencia y biodegradabilidad del material orgánico presente, es una forma de estimar la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico y saber con qué rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias que normalmente se encuentran presentes en las aguas residuales.<sup>2</sup>

**3. Digestor anaeróbico.** El digestor anaeróbico para lodos se emplea generalmente en el tratamiento de lodos, en aquellos casos en los que es necesario obtener la descomposición biológica anaeróbica de las sustancias orgánicas contenidas en el fango, mediante un proceso de mineralización, humidificación y gasificación.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> "Caracterización de agua por DBO Y DQO." 1-7. *Ingeniería De Plantas De Tratamiento*. Web. 2 Feb. 2012. <<http://www.oocities.org/edrochac/residuales/dboydgo2.pdf>>.

<sup>2</sup> "Caracterización de agua por DBO Y DQO." 1-7. *Ingeniería De Plantas De Tratamiento*. Web. 2 Feb. 2012. <<http://www.oocities.org/edrochac/residuales/dboydgo2.pdf>>.

<sup>3</sup> Sereco. *Catalogue*. Sereco. *Digestor Anaerobio Para Lodos*. Sereco. Web. 02 Feb. 2012. <[http://www.sereco.it/index.php/dir=\\_spa/mod=catalogo/idprod=64](http://www.sereco.it/index.php/dir=_spa/mod=catalogo/idprod=64)>.

**4. Fosa séptica y pozo de absorción.** El sistema de pozos o fosas sépticas es aquel indicado para tratar las aguas residuales, tanto en zonas de tipo rural como en áreas urbanas (en disminución) y tiene generalmente añadido un sistema de filtración para optimizar el servicio. Las fosas sépticas permiten quitar los sólidos sedimentarios y flotantes de las aguas negras, y a través del sistema de absorción se filtra y trata el efluente clarificado de la fosa séptica. Este proceso realizado en las fosas sépticas de quitar los sólidos permite proteger el sistema de filtración terriza contra las obstrucciones y las fallas este proceso se produce por decantación. Se produce la retención de agua en el tanque, lo cual produce que se hundan los sedimentos y salgan a flote las impurezas. Para que esta separación de elementos sea posible debe detenerse en el tanque el agua residual.<sup>4</sup>

**5. Planta de tratamiento de aguas residuales.** En la planta de tratamiento generalmente se construye un registro de pre tratamiento donde la materia no degradable, como el plástico, arena, metales, entre otros, es retenida. Luego, las aguas residuales entran a la cámara de aireación donde son mezcladas y aireadas con grandes volúmenes de aire, los cuales son bombeados al interior de la cámara bajo presión. En la medida que el aire de la planta de tratamiento sube a la superficie en forma de burbujas, transfiere oxígeno a los líquidos en la cámara, de tal manera que las bacterias aeróbicas presentes en el lodo activado usan este oxígeno para degradar la materia orgánica. En la cámara, las aguas pre tratadas son retenidas 24 horas mientras se produce la transformación de estas en un líquido claro, inodoro y sin gases. De esta manera, solamente el líquido altamente tratado e inodoro sale por el vertedero hacia la disposición final.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Maquinaria Pro. "Construcción De Fosas Sépticas." *Fosas Sépticas: Construcción Y Diseños De Distintas Fosas Sépticas*. Web. 02 Feb. 2012. <<http://www.maquinariapro.com/construccion/fosas-septicas.html>>.

<sup>5</sup> "PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES." *Planta De Tratamiento Aguas Residuales-Tratamiento Aguas Residuales Domésticas-Aguamarket*. Aguamarket. Web. 04 Feb. 2012. <<http://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=1038>>.

## **B. TÉRMINOS DEL ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006**

**Afluente:** El agua captada por un ente generador.

**Aguas residuales:** Las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.

**Aguas residuales de tipo especial:** Las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario o mezcla de las mismas.

**Aguas residuales de tipo ordinario:** Las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de un alcantarillado.

**Alcantarillado pluvial:** El conjunto de tuberías, canalizaciones y obras accesorias para recolectar y conducir las aguas de lluvia.

**Alcantarillado público:** El conjunto de tuberías y obras accesorias utilizadas por la municipalidad, para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo ordinario o de tipo especial, o combinación de ambas que deben ser previamente tratadas antes de descargarlas a un cuerpo receptor.

**Caracterización de una muestra:** La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos.

**Caracterización de un efluente o un afluente:** La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal, de los parámetros requeridos en el presente reglamento.

**Carga:** El resultado de multiplicar el caudal por la concentración determinados en un efluente y expresada en kilogramos por día.

**Caudal:** El volumen de agua por unidad de tiempo.

**Coliformes fecales:** El parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales de sangre caliente.

**Cuerpo receptor:** Embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales.

**Demanda bioquímica de oxígeno:** La medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius.

**Demanda química de oxígeno:** La medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.

**Dilución:** El proceso que consiste en agregar un volumen de agua con el propósito de disminuir la concentración en un efluente de aguas residuales.

**Efluente de aguas residuales:** Las aguas residuales descargadas por un ente generador.

**Entes generadores:** La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor.

**Entes generadores existentes:** Los entes generadores establecidos previo a la vigencia del presente reglamento.

**Entes generadores nuevos:** Los entes generadores establecidos posteriormente a la vigencia del presente reglamento.

**Estabilización de lodos:** El proceso físico, químico o biológico al que se someten los lodos para acondicionarlos previo a su aprovechamiento o disposición final.

**Estero:** La zona del litoral que se inunda durante la pleamar. Puede ser tanto arenoso como rocoso y en ocasiones alcanza gran amplitud, tanto mayor cuanto más leve sea la pendiente y más notorias las mareas. Con frecuencia tiene un amplio desarrollo en las desembocaduras fluviales.

**Eutrofización:** El proceso de disminución de la calidad de un cuerpo de agua como consecuencia del aumento de nutrientes, lo que a su vez propicia el desarrollo de microorganismos y limita la disponibilidad de oxígeno disuelto que requiere la fauna y flora.

**Fertirriego:** La práctica agrícola que permite el reúso de un efluente de aguas residuales, que no requiere tratamiento, a fin de aprovechar los diversos nutrientes que posee para destinarlos en la recuperación y mejoramiento de suelos así como en fertilización de cultivos que no se consuman crudos o precocidos.

**Humedal:** El sistema acuático natural o artificial, de agua dulce o salada, de carácter temporal o permanente, generalmente en remanso y de poca profundidad.

**Instrumentos de evaluación ambiental:** Los documentos técnicos definidos en el reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental, acuerdo gubernativo no. 23-2003 y sus reformas, contenidos en los acuerdos gubernativos no. 424-2003 y 704-2003; los cuales permiten realizar una identificación y evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad, desde la fase de construcción hasta la fase de abandono.

**Límite máximo permisible:** El valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales y en aguas para reúso y lodos.

**Lodos:** Los sólidos con un contenido variable de humedad proveniente del tratamiento de aguas residuales.

**Manto freático:** La capa de roca subterránea, porosa y fisurada que actúa como reservorio de aguas que pueden ser utilizables por gravedad o por bombeo.

**Meta de cumplimiento:** La determinación numérica de los valores que deben alcanzarse en la descarga de aguas residuales al final de cada etapa de cumplimiento. En el caso de los entes generadores nuevos y de las personas nuevas que descargan al alcantarillado público, al iniciar operaciones.

**Modelo de reducción progresiva:** El régimen de cumplimiento de valores de parámetros en cargas, con parámetro de calidad asociado, en distintas etapas.

**Monitoreo:** El proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada, para establecer el comportamiento de los valores de los parámetros de efluentes, aguas para reúso y lodos.

**Muestra:** La parte representativa, a analizar, de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos.

**Muestras compuestas:** Dos o más muestras simples que se toman en intervalos determinados de tiempo y que se adicionan para obtener un resultado de las características de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos.

**Muestra simple:** La muestra tomada en una sola operación que representa las características de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos en el momento de la toma.

**Parámetro:** La variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos, asignándole un valor numérico.

**Persona que descarga al alcantarillado público:** La persona individual o jurídica, pública o privada, que descarga aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público.

**Persona existente que descarga al alcantarillado público:** La persona que descarga al alcantarillado público establecida previo a la vigencia del presente reglamento.

**Persona nueva que descarga al alcantarillado público:** La persona que descarga al alcantarillado público establecida posteriormente a la vigencia del presente reglamento.

**Punto de descarga:** El sitio en el cual el efluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro efluente de aguas residuales.

**Servicios públicos municipales:** Aquellos que, de acuerdo con el código municipal, prestan las municipalidades directamente o los concesionan y que generan aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas.

**Sistema de alcantarillado privado:** El conjunto de tuberías y obras accesorias para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo especial, originadas por distintas personas individuales o jurídicas privadas, hasta su disposición a una planta de tratamiento de aguas residuales privada.

**Tratamiento de aguas residuales:** Proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup>Guatemala. Ministerio De Ambiente Y Recursos Naturales. Descargas. *Acuerdo Gubernativo No. 236-2006*. Por Oscar Berger Perdomo, Juan Mario Dary Fuentes, y Jorge Raúl Arroyave Reyes. Guatemala: MARN, 2006

## IV. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

### A. HISTORIA

La empresa Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima se encuentra localizada en la 39 calle 18-63 de la zona 12, de la Ciudad Capital de Guatemala. En esta ubicación ha funcionado desde septiembre de 1958 una industria químico-farmacéutica dedicada a la fabricación de productos farmacéuticos para uso medicinal, odontológico, de higiene personal y otros. Se excluye de los productos los de origen Penicilínico y Cefalosporinas, Hormonal y Antirretroviral.

La producción, desde sus inicios hasta 1983, involucró en todos sus procesos de manufactura, distribución y ventas, exclusivamente a miembros de la familia Letona - Martínez, y es a partir de 1983 que se han sumado más colaboradores a fin de mejorar y ampliar la capacidad de producción y servicio. Cabe mencionar que la casa de la familia Letona – Martínez estuvo siempre anexa al negocio familiar.

Actualmente, el enfoque de la empresa Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima es la producción de fármacos sólidos, líquidos y semisólidos; en los productos sólidos destacan las tabletas, grageas, granulados y cápsulas. Entre la gama de productos líquidos destaca la elaboración de jarabes, suspensiones, emulsiones y *shampoos* medicados. Finalmente, en lo que respecta a los semisólidos, Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima produce supositorios, óculos, cremas, ungüentos y lociones.

**B. OBJETIVO DE LA EMPRESA**

El objetivo principal de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima es diseñar, fabricar y comercializar medicamentos de calidad a un precio accesible para la población en el tiempo justo.

**C. MISIÓN**

Fabricar medicamentos esenciales, con calidad inherente al producto, de buen precio para hacerlos accesibles a la población y disponibles en el momento oportuno.

**D. VISIÓN**

Ser líderes en la innovación y suministro de medicamentos esenciales y productos para la salud.

**E. AMBIENTES**

Con el fin de ilustrar y contextualizar a continuación se muestran los diferentes ambientes en donde se realizan las diferentes tareas, ya sea de producción, empaque, administrativas, capacitaciones, etc.

Para su funcionamiento, el laboratorio ocupa un terreno de 2788.90 m<sup>2</sup> ubicado en la 39 calle de la zona 12. El área que ocupan las construcciones es de: 1250 m<sup>2</sup> y el resto lo ocupan el área destinada para parqueo, el acceso para vehículos que transportan materia prima, producto terminado, áreas verdes y jardines.

El terreno es completamente plano y está ocupado por varios edificios que se describen a continuación:

## 1. Administración:

Ilustración 1: Edificio de Administración



El edificio de administración se localiza al sur oeste del terreno y ocupa un área de construcción de 144 m<sup>2</sup>.

En el primer nivel se ubica la recepción, una sala de atención al público, sala de ventas y la alacena de administración.

En el segundo nivel se ubica la Oficina de Dirección Técnica, la oficina de Administración, la oficina de contabilidad, la sala de sesiones y el cuarto de seguridad. El edificio de administración cuenta con cuatro servicios sanitarios distribuidos en ambos niveles. Estos desembocan en la caja de registro que se muestra en los planos anexos; esta caja lleva el efluente de todo el terreno hacia la planta de tratamiento para posterior manejo de agua residual.

## 2. Servicios generales y bodega:

Ilustración 2: Servicios generales y bodega



El área de servicios generales y bodega es un edificio de 01 nivel y ocupa un área de 180 m<sup>2</sup>. En este se encuentran diferentes áreas de índole formativa y educacional; entre ellas destacan:

- Área de capacitaciones
- Biblioteca
- Archivo contable
- Bodega de material eléctrico

### 3. Producción:

Ilustración 3: Edificio de Producción



El edificio de producción está compuesto por un edificio con tres naves de dos niveles. Las paredes de este edificio están construidas de block con techo de lámina curvo-troquelada y en total ocupa un área de 870 m<sup>2</sup>. La planta de producción cuenta con las siguientes áreas:

- a. Área de producción y envasado.
- b. Área de empaque.
- c. Bodegas de materia prima, material de empaque y producto terminado.
- d. Área de servicios.
- e. Área de recepción y despacho de productos.
- f. Oficina de producción.
- g. Área de sólidos.
- h. Área de semisólidos.
- i. Área de retenciones.
- j. Área de líquidos.
- k. Área de control de calidad físico, químico, y microbiológico.
- l. Vestidores para damas y caballeros.
- m. Servicios sanitarios para damas y caballeros.
- n. Pasillos.
- o. Área de pesado de materia prima.

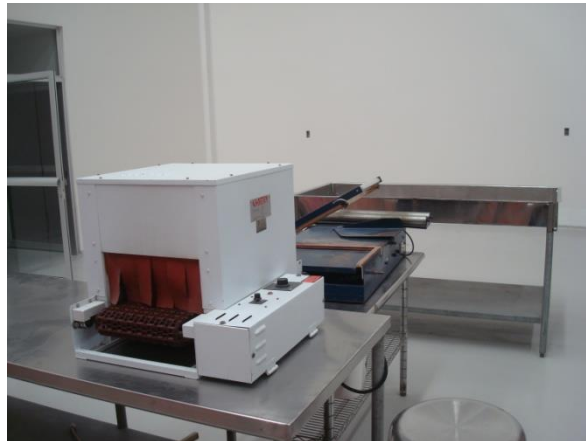
### a. Área de producción y envasado

Ilustración 4: Área de producción y envasado



El área de producción y envasado es una de las áreas más importantes dentro del laboratorio, aquí se hacen las respectivas formulaciones. La producción es básicamente la transformación de la materia prima en los diferentes productos que se fabrican en la planta. En esta área específicamente se realiza la fabricación y el envase primario del producto. Aquí se mantienen trabajando 20 empleados, quienes siempre visten el uniforme y equipo de protección especial de acuerdo a las labores que cada empleado realiza y el área en que se encuentra trabajando.

El envasado permite que los productos permanezcan limpios, secos, evita que se contaminen con otros productos, hace fácil el transporte y ayuda a preservarlos al protegerlos de agentes ambientales dañinos como el agua, el aire o la luz. El envasado es una técnica fundamental para conservar la calidad de los productos, reducir al mínimo su deterioro y limitar el uso de aditivos. El envase cumple diversas funciones de gran importancia: contener los productos, protegerlos del deterioro químico y físico y proporcionar un medio práctico para ofrecer información sobre las características del producto, su contenido y su composición. Por otro lado, el envase preserva la forma y la textura del producto que contiene, prolonga el tiempo de almacenamiento y regula el contenido de agua o humedad del producto.

**b. Área de empaque****Ilustración 5: Área de empaque**

En esta área se realiza el empaque secundario del producto, se empaquetan los productos para ser distribuidos a los clientes. Los empaques secundarios son cajas de cartón de diferentes tamaños dependiendo del lugar a donde va a ser distribuidos.

**c. Bodegas de materia prima, material de empaque y producto terminado****Ilustración 6. Bodegas de materia prima****Ilustración 7: Bodega de empaque**

Se localizan al este del laboratorio y es aquí donde se almacena la materia prima por el tiempo según especificaciones para cada materia prima. Asimismo se retiene el producto en un área de cuarentena mientras es aprobado según especificaciones de control de calidad.

**d. Área de servicios:**

**Ilustración 8: Área de servicios**



En esta área se cuenta con lavandería para ropa y uniformes de los empleados del área de producción. Todo el personal utiliza uniformes para trabajar en las áreas de producción; estos son lavados únicamente en la empresa para garantizar la sanitación de los mismos que involucra la calidad de los productos.

**e. Área de recepción y despacho de productos:**

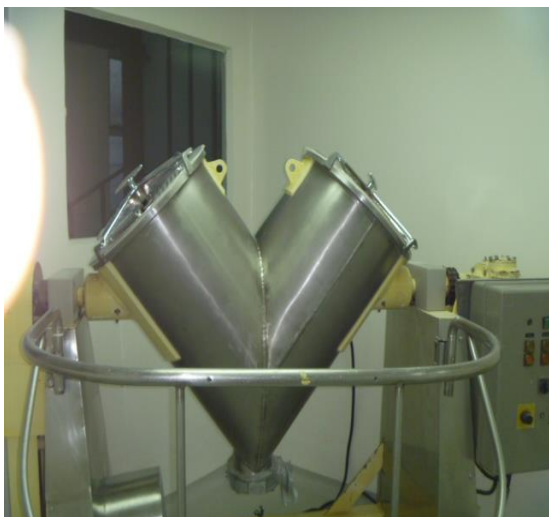
**Ilustración 9: Área de recepción y despacho de productos.**



A esta área se atiende a clientes como proveedores, con el fin de separar el área administrativa de la de recepción y despacho.

**f. Oficina de producción:****Ilustración 10: Oficina de producción**

La oficina de producción es el lugar en donde se ubica el profesional responsable de la producción y es donde además se mantiene la documentación concerniente a las actividades del laboratorio de producción y los controles del personal.

**g. Área de sólidos:****Ilustración 11: Granuladora.****Ilustración 12: Tableteadora.**

Esta es el área encargada de procesar todos los productos sólidos como tabletas, gránulos, capsulas, grageas. En las ilustraciones se muestra la granuladora y la tableteadora.

#### **h. Área de semi-sólidos**

**Ilustración 13: Área de semi-sólidos.**



El área de semi-sólidos es la encargada de producir supositorios, pomadas, óvulos, cremas y ungüentos.

#### **i. Área de retenciones**

**Ilustración 14: Área de retenciones**



Aquí se almacenan las muestras de referencia de los medicamentos fabricados y las materias utilizadas.

**j. Área de líquidos**

**Ilustración 15: Área de líquidos.**



En el área de líquidos se fabrican y envasan productos líquidos, suspensiones, emulsiones, y *shampoos* medicados.

**k. Área de control de calidad físico, químico, y microbiológico**

**Ilustración 16: Área de control de calidad físico, químico y microbiológico.**



Aquí se realizan las pruebas de calidad de los productos que se elaboran.

## I. Vestidores para damas y caballeros con sus duchas

Ilustración 17: Vestidor para damas



Ilustración 18: Vestidor para caballeros.



En esta área se tienen vestidores donde los trabajadores del laboratorio se cambian la ropa y se colocan sus respectivos uniformes y el equipo de protección antes de ingresar al área de producción. Se tienen módulos separados para damas y caballeros. Cada módulo tiene sus respectivas duchas con agua fría y agua caliente, las cuales están a disposición del personal para su uso.

## m. Servicios sanitarios para damas y caballeros

Ilustración 19: Servicio sanitario para damas



Ilustración 20: Servicio sanitario para caballeros



Los servicios sanitarios están localizados en el primer nivel; se cuenta con tres unidades por separado para damas y dos para caballeros. Cada unidad cuenta con sus respectivos artefactos, las paredes están recubiertas con azulejos y cada servicio dispone de *lockers* y bancas.

## n. Pasillos

Ilustración 21: Pasillo de producción



Ilustración 22: Pasillo de salida



Los pasillos son ambientes cerrados que comunican las diferentes áreas dentro del laboratorio. Estos son lo suficientemente amplios para permitir el paso de personas y equipos según sea el área del mismo.

## o. Área de pesado de materia prima

Ilustración 23: Área de pesado de materia prima



Es el área que comunica con la bodega; en esta se reciben los productos, se pesan y miden para trasladarlos a las áreas de producción.

#### 4. Mantenimiento:

Ilustración 24: Interior edificio de mantenimiento    Ilustración 25: Exterior edificio de mantenimiento



El edificio de mantenimiento es un edificio pequeño de 01 nivel localizado al noreste del terreno; en su interior se resguardan los equipos usados para el mantenimiento de las instalaciones y ocupa 54 m<sup>2</sup>.

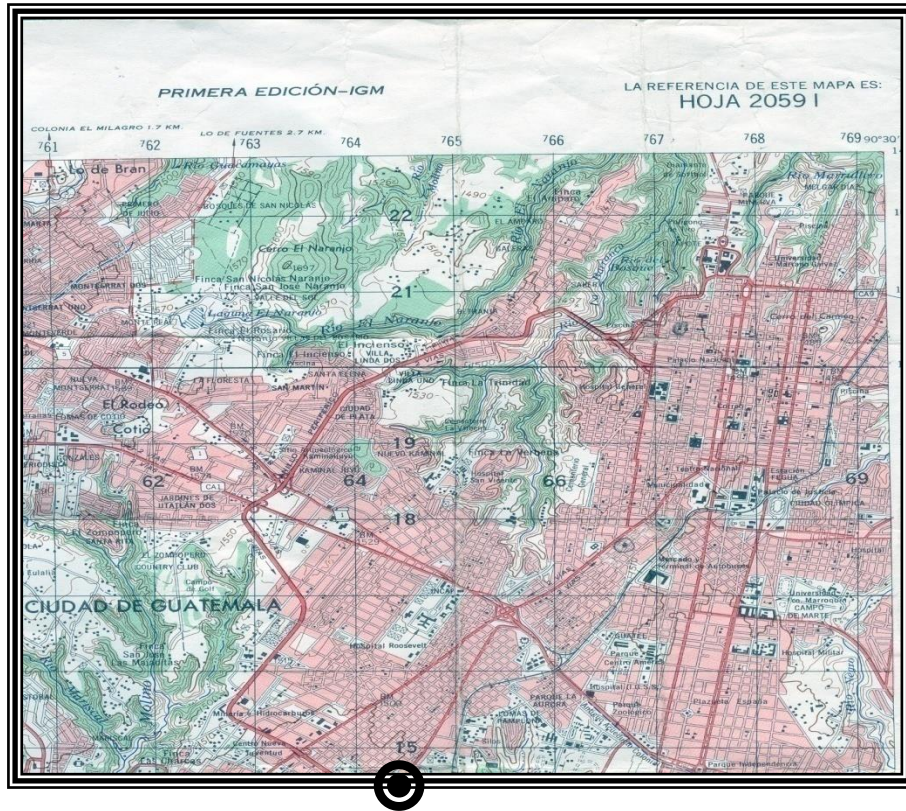
Ilustración 26: Vista exterior Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima.



Se ha estimado que el área total del terreno es de 2,788.90 m<sup>2</sup> y el área total de construcción es de 1250 m<sup>2</sup>. El **Apéndice No. 1** muestra los accesos del terreno, así como el área total del mismo.

## F. UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

Ilustración 27: Ubicación geográfica de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima.



## V. VALIDACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La validación de la planta de tratamiento de aguas residuales está sujeta al Acuerdo Gubernativo 236-2006; dicho acuerdo promueve el resguardo y equilibrio ambiental para así obtener una mejora en la calidad de vida. Esto es posible mediante el control de contaminación hídrica; para ello, el Acuerdo Gubernativo 236-2006 establece 76 artículos divididos en 12 capítulos que son:

1. Disposiciones generales
2. Definiciones
3. Estudio técnico
4. Caracterización
5. Parámetros para aguas residuales y valores de descarga a cuerpos receptores
6. Parámetros para aguas residuales y valores de descarga al alcantarillado público
7. Parámetros de aguas para reuso
8. Parámetros para lodos
9. Seguimiento y evaluación
10. Prohibiciones y sanciones
11. Disposiciones generales
12. Disposiciones transitorias

Tomando en cuenta los diferentes requerimientos mencionados en los 12 capítulos para la validación de la planta de tratamiento, se procedió a implementar un proceso de tratamiento de aguas residuales, la estandarización del mismo y la validación de la planta de tratamiento de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima.

En el **Apéndice No. 2** se puede observar un resumen de cada capítulo, especificando tablas y temas relacionados al estudio técnico de la planta de tratamiento. De igual forma, el apéndice explica qué capítulos aplican a la planta de tratamiento de aguas residuales implementada y validada en Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima.

## A. ESTUDIO TÉCNICO

El estudio técnico pretende analizar y determinar cuáles son los recursos con los que se cuenta actualmente y cuáles son los requerimientos del proyecto; a partir de los requerimientos propios del proyecto se determinará qué recursos resultan útiles y qué infraestructura y procesos son necesarios. Además, el estudio técnico pretende determinar la eficiencia de la planta de tratamiento; el término eficiencia en este caso no será calculado en base a porcentaje de agua tratada sino que será evaluado considerando cuántas de las cuatro etapas del Acuerdo Gubernativo 236-2006 cumple la planta de tratamiento y cómo se ha estandarizado el proceso para que la planta de tratamiento logre alcanzar los 20 parámetros establecidos en dicho acuerdo.

En lo que respecta a los requerimientos del proyecto se toma de base el Acuerdo Gubernativo 236-2006, específicamente el Artículo 6 “Contenido del Estudio Técnico” del capítulo 3 “Estudio Técnico”. Para que Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima pudiese validar la planta de tratamiento de aguas residuales, se tenía que cumplir con los 76 artículos descritos en el Acuerdo Gubernativo No. 236-206. El cumplimiento de estos parámetros permitió que el MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales) aplicase la ley de aguas residuales organizando una visita a la planta con el fin su validación. Sin embargo, para esta validación se necesitaban ciertos documentos y ciertas especificaciones puntuales. Por ello, se avocó al artículo mencionado previamente. Dicho artículo establece que ***“Las personas individuales, jurídicas, públicas o privadas, indicadas en el artículo 5 del presente reglamento, para documentar el estudio técnico deberán tomar en cuenta los siguientes requisitos:”***<sup>7</sup>

### 1. INFORMACIÓN GENERAL:

- a. Nombre, razón o denominación social.
- b. Persona contacto ante el ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

---

<sup>7</sup> Guatemala. Ministerio De Ambiente Y Recursos Naturales. Descargas. *Acuerdo Gubernativo No. 236-2006*. Por Oscar Berger Perdomo, Juan Mario Dary Fuentes, y Jorge Raúl Arroyave Reyes. Guatemala: MARN, 2006.

- c. Descripción de la naturaleza de la actividad de la persona individual o jurídica sujeta al presente reglamento.
- d. Horarios de descarga de aguas residuales.
- e. Descripción del tratamiento de aguas residuales.
- f. Caracterización del efluente de aguas residuales, incluyendo sólidos de sedimentación.
- g. Caracterización de las aguas para re uso.
- h. Caracterización de lodos a disponer.
- i. Caracterización del afluente. Aplica en el caso de la deducción especial de parámetros del artículo 23 del presente Reglamento.
- j. Identificación del cuerpo receptor hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica,
- k. Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales si aplica.
- l. Enumeración de parámetros exentos de medición y su justificación respectiva.

En la INFORMACIÓN GENERAL se buscará describir el enfoque, giro del negocio, planeación, gestión de aguas residuales, gestión de aguas para reusos, gestión de lodos, horarios, características de los efluentes, parámetros, etc. Con el fin de explicar y lograr el objetivo principal que es validar la planta de tratamiento de Mettler Laboratorios S.A. De acuerdo al Acuerdo Gubernativo No. 236-2008 se toman ciertas consideraciones, estas son:

***"Que por imperativo constitucional el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga el impacto adverso del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico; para lo cual es necesario dictar normas que garanticen la utilización y el aprovechamiento racional de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, evitando su depredación.***

***Que la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.***

***Que de conformidad con la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, el Gobierno debe emitir las disposiciones y reglamentos correspondientes, para ejercer el control, aprovechamiento y uso de las aguas; prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares y cualquier otra causa o fuente de contaminación hídrica.***

***Que es importante contar con un instrumento normativo moderno que ofrezca certeza jurídica para la inversión, permita la creación de empleo, propicie el mejoramiento progresivo de la calidad de las aguas y contribuya a la sostenibilidad del recurso hídrico; coordinando para el efecto los esfuerzos de los órganos de la administración pública con las municipalidades y la sociedad civil.***

Es por ello que, ***En uso de las funciones que le confieren el artículo 183, literal e) de la Constitución Política de la República de Guatemala,***

***ACUERDA: Emitir el siguiente “REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS”.***

Para esto, el objetivo que se busca satisfacer es que el Reglamento establezca criterios y requisitos que se deben cumplir para la descarga y reuso de aguas residuales y para la disposición de lodos. En otras palabras, se busca proteger los cuerpos receptores de agua contaminada por la actividad humana, recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización, así como promover el desarrollo del recurso hídrico.

**a. NOMBRE, RAZÓN O DENOMINACIÓN SOCIAL.**

METTLER Laboratorios, Sociedad Anónima

**b. PERSONA O CONTACTO ANTE EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.**

Licenciada Ana Lucía Herrarte (Jefe de producción).

- c. DESCRIPCIÓN DE LA NATURALEZA DE LA ACTIVIDAD DE LA PERSONA INDIVIDUAL O JURÍDICA SUJETA AL PRESENTE REGLAMENTO.** En esta ubicación ha funcionado desde septiembre de 1958 una industria químico-farmacéutica dedicada a la fabricación de productos farmacéuticos para uso medicinal, odontológico, de higiene personal y otros. Se excluye de los productos los de origen Penicilínicos y Cefalosporinas, Hormonal y Antirretroviral.

La producción, desde sus inicios hasta 1983, involucró en todos sus procesos de manufactura, distribución y ventas, exclusivamente a miembros de la familia Letona - Martínez, y es a partir de 1983 que se han sumado más colaboradores a fin de mejorar y ampliar la capacidad de producción y servicio. Cabe mencionar que la casa de la familia Letona – Martínez estuvo siempre anexa al negocio familiar.

- d. HORARIOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES.** METTLER Laboratorios, Sociedad Anónima opera de lunes a viernes de 7:00 am a 6:00 pm. Por lo que sus horarios de descarga de aguas residuales son de lunes a viernes a las mismas horas de trabajo. La cantidad de litros que se consumen en promedio datado actualmente, según reporte del Contador de Agua por EMPAGUA es de casi 5, 000 litros diarios, que combina agua para producto en sí, agua para producción (servicios sanitarios, lavandería, comedor, limpieza de equipos) y agua para jardinería.

- e. DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.** El objetivo principal de METTLER Laboratorios, Sociedad Anónima es fabricar productos farmacéuticos de alta calidad, promoviendo una producción tanto eficiente como verde. En ella se procura fabricar productos de alta calidad inherente a un medicamento y a un precio accesible a la población, sin descuidar la preservación del medio ambiente.

Desde el mes de enero del año pasado, la empresa se involucró primero recibiendo una asesoría por parte del CENTRO GUATEMALTECO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (CG P+L) en la que se realizó un análisis enfocándose principalmente en el proceso de producción, se recopiló la información de consumo de energía eléctrica y agua, y finalmente se optimizó el consumo de energía y agua en todos los procesos.

Derivado de las acciones y compromisos implementados en pro de la eficiencia en el uso de agua y la energía, el personal profesional de la empresa CG P+L ha sido invitado regularmente a exponer su experiencia en los Congresos Nacionales de Producción Más Limpia.

Finalmente, se reconoce la importancia de la proyección de responsabilidad socio-ambiental de la empresa, pues se vela por el cumplimiento de la normativa establecida para el manejo de aguas residuales (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006).

Para el tratamiento de aguas residuales, el proceso innovador – de amplia aplicación en otros países – que METTLER Laboratorios, Sociedad Anónima realiza es llevar a cabo el funcionamiento de dicha planta con el mínimo uso de energía para su funcionamiento y la mayor parte del proceso es realizado a gravedad. La planta de tratamiento de aguas residuales consta de diversas partes, procesos y etapas para tratar, desinfectar y recuperar el recurso hídrico utilizado en la producción antes de descargarla al pozo de absorción.

El proceso consta de dos etapas de gran envergadura:

- I. Primera etapa es anaeróbica,
- II. Segunda etapa es aeróbica.

Para la ilustración del proceso en el **Apéndice No. 3** se puede ver el detalle de la planta de tratamiento; las dos etapas (aeróbica y anaeróbica) constan de **8 pasos**, que se describen a continuación:

#### **PASOS DE TRATAMIENTO ANAERÓBICO**

1. Separación de grasas, jabones y desechos sólidos.  
**(Digestor)**
2. Sedimentación de sólidos insolubles y floculación de sólidos solubles.

**(Fosa séptica de sedimentación).**

3. Desinfección del agua residual.

**(Clorinador).**

4. Tratamiento de Filtración.

**(Cámara de filtración y desinfección).**

#### **PASOS DE TRATAMIENTO AERÓBICO**

5. Tratamiento de oxigenación.

**(Cortina de oxigenación).**

6. Oxidación.

**(Fosa séptica de oxigenación).**

7. Peroxidación.

**(Cortina de peroxidación).**

8. Alimentación del manto freático.

**(Pozo de absorción).**

Según el esquema del plano general descriptivo de la instalación de drenajes **Apéndice No. 4** se puede observar que el sistema por el cual pasa el caudal de aguas residuales recoge tanto aguas residuales de tipo Especial (que son las generadas por los servicios farmacéuticos del área de producción) como de tipo Ordinario (aguas residuales generadas por uso de servicios sanitarios, lavatrastos, lavado de ropa, etc.).

Todas estas aguas residuales se canalizan a través de tuberías de PVC a diferentes cajas de registro impermeabilizadas con Thoroseal y finalmente son llevadas a La Planta de Tratamiento en donde se lleva a cabo el proceso tratamiento de aguas residuales.

Cabe mencionar que todas las cámaras en donde se dan los diferentes pasos (tanto aeróbicos como anaeróbicos) están recubiertas e impermeabilizadas con un compuesto natural de cemento más arcillas (Thoroseal).

El Thoroseal es utilizado para la impermeabilización interior y exterior de las construcciones de hormigón y albañilería, por encima o por debajo del nivel del terreno; por ejemplo: sótanos, depósitos de agua, túneles, piscinas, fosos de ascensor, tuberías de hormigón, peceras, etc. En este caso es el revestimiento aplicado a las paredes de las diferentes cámaras de la Planta de tratamiento instalada en METTLER Laboratorios, Sociedad Anónima.<sup>8</sup>

Para fines didácticos se irán explicando las distintas Etapas y sus Pasos del proceso de tratamiento de aguas residuales detallando el objetivo y fin que cada uno de ellos busca. Para más información sobre la limpieza y mantenimiento de la planta de tratamiento avocarse al **Apéndice No 8** y el **Apéndice No. 9**; en dichos apéndices se ilustra el proceso de limpieza y mantenimiento, así como un cronograma de actividades bianual y finalmente los registros de limpieza de la planta de tratamiento descritos en el **Apéndice No. 10**.

## I. ETAPA ANAERÓBICA

### Paso No. 1:

El primer paso es el de **Separación de grasas, jabones y sólidos** dicho proceso toma lugar en el **DIGESTOR**, en este paso, el agua residual Especial y Ordinaria entra con el objetivo de digerir y separar cualquier partícula proveniente de las aguas residuales, tanto de tipo especial como de tipo ordinario; todo esto con el fin de lograr una digestión anaeróbica, (dicha digestión es un proceso biológico en el cual la materia orgánica ausente de oxígeno y con ayuda de ciertas bacterias específicas busca descomponerse en productos gaseosos o biogás (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S<sub>5</sub>, etc.) Para optimizar el proceso se adiciona 250 gramos semanales de un compuesto de bacterias comercial denominado "*Bacterial Drain & Trap Cleaner*" Marca Roebic E-67. El tiempo estimado en el cual se estarán

---

<sup>8</sup> Thoroseal. publicidad. THORO. Thoro System Products. Web. 3 Mar. 2012. <<http://www.thoro.es/material-construccion.do?producte.codiProducte=17>>

degradando todos los sólidos y partículas no deseadas es de aproximadamente 2 días<sup>9</sup>.

El DIGESTOR utilizado es Modelo RP- 1300, dicho DIGESTOR instalado tiene una capacidad de 1,300 Litros con dimensiones de 1.95 metros de altura máxima y un diámetro máximo de 1.15 metros, este DIGESTOR tiene una capacidad de tratamiento de aguas negras domiciliarias para aproximadamente 10 personas, debiéndose efectuar el servicio de limpieza de lodos cada 2 años. Estando en una fase experimental, se estima que se efectuará para nuestro caso la limpieza de lodos cada 6 meses de funcionamiento. (Meses de enero y julio de cada año). El detalle del DIGESTOR se encuentra en los planos anexos (**Ver Apéndice 3**).

#### **Paso No. 2:**

En este paso las aguas residuales provenientes del DIGESTOR ingresan a la **FOSA SÉPTICA DE SEDIMENTACIÓN** (fosa séptica No. 1) para llevarse a cabo el proceso de **Sedimentación de sólidos insolubles y floculación de sólidos solubles**. En este paso lo que se busca es crear una Sedimentación de lodos y por ende una Decantación por gravedad de los sólidos insolubles contenidos en el agua residual, con el fin de potencializar el funcionamiento de la Fosa Séptica No. 1 se instaló un registro para adicionar 100 gramos de Sulfato de Aluminio en suspensión para alcanzar una concentración de 1:100,000 en la fosa séptica No. 1.

Para este proceso Anaeróbico se instaló una Fosa Séptica Modelo FS8000 (Tiene una capacidad de 8,000 Litros de agua, con dimensiones de 2.30 metros de diámetro y 2.51 metros de altura máxima. Según especificaciones técnicas del fabricante la fosa séptica utilizada tiene capacidad de almacenaje de desechos generados por rango de entre 66 a 90 personas; según indicaciones del

---

<sup>9</sup> "Biogás Digestor (metano Y Hidrogeno) Sistemas Sostenible De Energía - Electrigaz Technologies Inc." *Electrigaz Biogas Engineering*. Web. 06 Mar. 2012. <[http://www.electrigaz.com/biogas\\_es.htm](http://www.electrigaz.com/biogas_es.htm)>

fabricante debe de realizarse una limpieza de lodos cada dos años, pero como el diseño aplicado en nuestro caso esta limpieza se efectuará cada año (Enero de cada año).<sup>10</sup>

La Fosa Séptica (**Ver Apéndice No. 3**) se puede describir como un recipiente hermético diseñado para recibir el caudal de aguas residuales, almacenar sólidos y finalmente permitir que el líquido procesado sea descargado para su posterior tratamiento y disposición. Esta cámara funciona de manera que el sobrenadante del agua sube a la línea de tratamiento llevando consigo partículas muy finas y micro biota bacteriana propia del proceso, ya que fueron agregadas a propósito en la caja de registro previa al DIGESTOR para poder disolver cualquier partícula no deseada y permitir que el agua cumpla el proceso de digestión anaeróbica para lograr que se dé el proceso de sedimentación y decantación en la fosa séptica para luego ser llevado a la Cámara de Desinfección.

### **Paso No. 3:**

El tercer paso toma lugar en el **CLORINADOR** en él se lleva a cabo la **Desinfección del agua residual** proveniente del PASO No. 2, al momento en que el agua residual entra a la cortina de desinfección se le agrega una solución de Hipoclorito de Sodio al 5 - 7 % en cantidad de 2,000 mL. / Día. (6 mL. / Minuto ó 30 gotas/Minuto) Esto con el fin de eliminar la carga bacteriana y las endotoxinas producto del proceso de digestión anaeróbica. Para la aplicación del ion cloro, se optó por manufacturar un dosificador con un barril, conexiones de PVC, manguera y un regulador en vez de comprar un dosificador.

Es indispensable que se eliminen las endotoxinas y la carga bacteriana para poder cumplir con los parámetros establecidos en el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. El objetivo es tener 80 ppm de Hipoclorito de Calcio en este proceso

---

<sup>10</sup> "Fosas Sépticas." *Fosas Sépticas*. Solución Web. Web. 06 Feb. 2012. <<http://www.rototec.com.gt/fosas-s%C3%A9pticas>>.

para terminar en un rango entre 1 ppm a 5 ppm de cloro libre (agua potable a agua para higienización de baños, agua para procesos industriales, regadío de flores y verduras para impedir presencia de algas, pseudomonas, etc.). Con esta cantidad es esperado que el agua mantenga las propiedades deseadas y pueda satisfacer la Normativa que el Ministerio de Ambientes y Recursos Naturales establece.

#### **Paso No. 4:**

**El tratamiento de filtración** toma lugar en la **CÁMARA DE FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN**, el objetivo principal de este paso es de filtrar cualquier sólido que permanezca en el sistema (sólidos o partículas que lograron atravesar el **PASO No. 1 y PASO No. 2**). Para ello, la cámara de piedrín de Basalto cuenta con diferentes divisiones en donde contiene piedrín de diferentes tamaños dispuestos en gradiente con el fin de lograr impedir que sólidos o partículas insolubles pasen por la cámara de Tratamiento al siguiente PASO.

El piedrín designado para las cuatro divisiones es de  $\frac{3}{4}$  de pulgada,  $\frac{1}{2}$  pulgada,  $\frac{1}{4}$  pulgada y finalmente de  $\frac{1}{8}$  pulgada. El objetivo es ir disminuyendo el espacio para que a medida que el agua avanza por la CÁMARA DE FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN se depuren las partículas sólidas de remanentes no deseados y poder así alcanzar la meta de cumplimiento de la Normativa. En otras palabras lo que se pretende es que el agua atraviese esta cámara sin partículas sin bacterias y sin endotoxinas. Sin embargo el proceso no tiene oxígeno, por lo que en la siguiente cámara se le agregará el oxígeno y comenzar el proceso Aeróbico, dicho proceso asigna al agua propiedades que son necesarias para cumplir con los estándares deseados.

El piedrín utilizado para la Cámara de Tratamiento es Basalto; que es suministrado por la empresa Agregua, se escogió piedrín de Basalto por sus características organolépticas (insolubilidad, dureza, y contenido rico en hierro y magnesio). Asimismo, cabe resaltar que, comparado con otras rocas ígneas, el

Basalto tiene un bajo contenido de sílice y es un material ampliamente disponible en la región de Guatemala. Comparándolo con la piedra caliza es mejor, ya que esta se disuelve con el tiempo, una prueba de ello es la cantidad de estalactitas formadas en cavernas en todo el territorio nacional.

## II. ETAPA AERÓBICA:

### Paso No. 5:

El quinto paso de la planta de tratamiento es el **Tratamiento de Oxigenación** dicho paso ocurre en la **CORTINA DE OXÍGENO**. El proceso en este paso es bastante sencillo; una vez se hayan filtrado todas las partículas que portaba el agua, se procede a oxigenar el agua (esto se debe a que el agua ha perdido su Oxígeno desde que entró al DIGESTOR y se hace necesario recuperarlo). Para lograr el objetivo se tiene instalada una bomba de aire sencilla con capacidad de 15 galones / hora. Para así proceder a oxigenar el agua en nuestra línea de tratamiento.

### Paso No. 6:

Este paso consiste en la **Oxidación** dicho paso tiene lugar en la **FOSA SÉPTICA DE OXIDACIÓN** (Fosa séptica No. 2). En él se utiliza una Fosa Séptica modelo FS800 (8,000 Litros de capacidad). Con las mismas especificaciones que la Fosa Séptica No. 1 (una capacidad de 8,000L de agua, 2.30m de diámetro y 2.51m de altura máxima), al ingresar el agua residual previamente tratada y oxigenada se lleva a cabo una oxidación que facilita que ocurra un proceso de **FLOCULACIÓN** de sólidos aún no disueltos.

La Floculación es un proceso químico mediante el cual se consigue que las partículas dispersas en el agua, que son demasiado pequeñas para ser retenidas por los filtros tradicionales de arena y que enturbian el agua, se aglutinen formando partículas más voluminosas y densas que al aglomerarse sedimentan de manera natural y de este modo se facilite su eliminación. Es importante que

la FOSA SÉPTICA No. 2 logre su acometido ya que esta es la última etapa en donde se eliminan restos sólidos y partículas indeseadas.

**Paso No. 7:**

El penúltimo paso del proceso es conocido como **Peroxidación** dicho paso toma lugar en la **CORTINA DE DESINFECCIÓN**. El objetivo es desinfectar el agua tratada. Para esto se puede agregar tanto Ozono  $O_3$ , como Peróxido  $H_2O_2$ , el fin que tiene esta cortina es de terminar de desinfectar el agua para que esta pueda ser reutilizada. Para este paso se utilizará un registro en la salida de la Fosa Séptica de oxidación (fosa séptica No. 2). En el cual se dosificará el peróxido 50% a un volumen de 25 – 30 ml / Hora.

**Paso No. 8:**

El último paso de tratamiento es la **Alimentación del Manto Freático** este paso enfoca toda la línea de tratamiento hacia el **POZO DE ABSORCIÓN**. En este paso el objetivo es, una vez tratada el agua residual, poder depositarla en un pozo construido a 30 varas de profundidad en que se encuentra el estrato de arena de río; esto se debe a que en este estrato es posible la filtración del agua y se logra la reposición del manto freático. Logramos el objetivo de la preserva del medio ambiente utilizando el agua residual tratada para reponer la cantidad de agua que no se utilizó en el producto en sí pero si se utilizó en el proceso de producción.

El vertido del agua residual tratada a un pozo de absorción obedece a que en el sector en que se encuentra ubicada la empresa no existe servicio de alcantarillado por parte de la Municipalidad de la ciudad de Guatemala, por lo que es necesario tener una alternativa factible que satisfaga las necesidades de la empresa como las del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

f. **CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE DE AGUAS RESIDUALES, INCLUYENDO SÓLIDOS DE SEDIMENTACIÓN.** Para la caracterización del efluente de aguas residuales, incluyendo sólidos de sedimentación se optó por un “Análisis Ambiental y Microbiológico”. La empresa encargada de este análisis fue la empresa FQB Laboratorios; dicha empresa se encuentra en la carretera a Canalitos 21-96 Zona 17. La responsable del análisis fue la Licda. Rina L. Orellana Ayala y la responsable de la transcripción del informe fue la Licda. Lisette Ufú Martínez. Los resultados obtenidos fueron:

**Tabla 1. Resultados del Análisis Ambiental y Microbiológico.**

Determinaciones fisicoquímicas	Agua residual especial y ordinaria (salida a pozo de absorción) N: 14°34'41,8" O: 90°32'50, 6" Altura 1,478 mts. SNM (+/-6) (No. Lab. 123129)
Demanda química de oxígeno (DQO)	582.0 mg O <sub>2</sub> /L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	402.0 mg O <sub>2</sub> /L
Relación DQO/DBO	1.4
Sólidos sedimentables	<0.1 ml/L
Materia flotante	Ausente
Sólidos en suspensión	4.0 mg/L
Grasas y aceites	3.0 mg/L
Color	141.0 pt/Co
Nitrógeno total	7.9 mg/L
Fósforo total	1.1 mg/L
Coliformes fecales	45000 NMP/100ml

\*NMP = Número más probable

La metodología para la toma de estos resultados fue de mezclas compuestas como el artículo 49 lo estipula; dicho artículo habla de **“La frecuencia de toma de muestras y de la metodología dependiendo de las horas en las que la planta de tratamiento está en funcionamiento”**.<sup>11</sup> Sin embargo, para evitar márgenes de error la empresa FQB laboratorios sugirió tomar ocho muestras simples e irlas almacenando en

<sup>11</sup> Guatemala. Ministerio De Ambiente Y Recursos Naturales. Descargas. *Acuerdo Gubernativo No. 236-2006*. By Oscar Berger Perdomo, Juan Mario Dary Fuentes, and Jorge Raúl Arroyave Reyes. Guatemala: MARN, 2006.

un recipiente de volumen conocido para formar así una muestra compuesta. El objetivo era medir el caudal del efluente a las diferentes horas para así poder sacar un promedio de caudal diario. Asimismo, las muestras simples debían de situarse en un recipiente dentro de una hielera llena, esto con el fin de evitar que las bacterias e individuos se reprodujeran y alteraran la muestra (gracias a las bajas temperaturas de los hielos que rodeaban el recipiente).

Cabe decir que a cada muestra tomada se debía tomar una muestra de pH, esto con el fin de ver el estado de acidez o basicidad del agua del efluente. También se debía tomar una muestra microbiológica aparte de las ocho muestras de caudal, para esta muestra se debía tomar el caudal antes de que llegase al pozo de absorción y verterlo en una bolsa microbiológica.

Debido a que el pozo de absorción es bastante profundo, resulta complicada la toma de caudal, ya que no es posible ver qué tan lleno está el recipiente en donde se toma la muestra, solo se puede escuchar el tiempo de llenado. Por ello, se optó por tomar un recipiente en donde la cantidad de agua iba a ser menor al volumen del mismo; el recipiente utilizado tenía 400 mL de capacidad y las diferentes muestras no pasaban los 360 mL. Además, con un cilindro graduado se medía la cantidad de mL de efluente que el recipiente de 400 mL contenía en una cantidad “x” de segundos; para la toma de tiempos se utilizó un cronómetro convencional. Una vez obtenidos los diferentes caudales en mL y los tiempos en segundos, se procedió a obtener el caudal en L/min como se muestra a continuación.

$$\begin{array}{l}
 1) \quad \frac{345\text{mL}}{8\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} = \underline{\underline{2.588\text{L/min}}} \\
 2) \quad \frac{358\text{mL}}{8\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} = \underline{\underline{2.685 \text{ L/min}}} \\
 3) \quad \frac{344\text{mL}}{8\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} = \underline{\underline{4.128 \text{ L/min}}} \\
 4) \quad \frac{354\text{mL}}{8\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} = \underline{\underline{3.034 \text{ L/min}}} \\
 5) \quad \frac{349\text{mL}}{8\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} = \underline{\underline{3.490 \text{ L/min}}}
 \end{array}$$

$$6) \frac{350\text{mL}}{8\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} = \underline{\underline{3.500 \text{ L/min}}}$$

$$7) \frac{349\text{mL}}{8\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} = \underline{\underline{3.490 \text{ L/min}}}$$

$$8) \frac{349\text{mL}}{8\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} = \underline{\underline{3.490 \text{ L/min}}}$$

Al determinar los diferentes caudales se procedió a llenar la tabla que FQB laboratorios pedía para ellos poder hacer el análisis Ambiental y Microbiológico; a continuación se presenta la tabla con la caracterización del caudal de la planta.

**Tabla 2: Caracterización del caudal de la planta de tratamiento.**

Hora	Caudal (litro/min)	Temperatura °C	pH	Muestra microbiológica
09:40	2.588	21	6.0	
10:40	2.685	21	6.0	
11:40	4.128	21	6.0	
12:40	3.034	21	6.0	
13:40	3.490	21	6.0	*****
14:40	3.500	21	6.0	
15:50	3.490	21	6.0	
16:40	3.490	21	6.0	

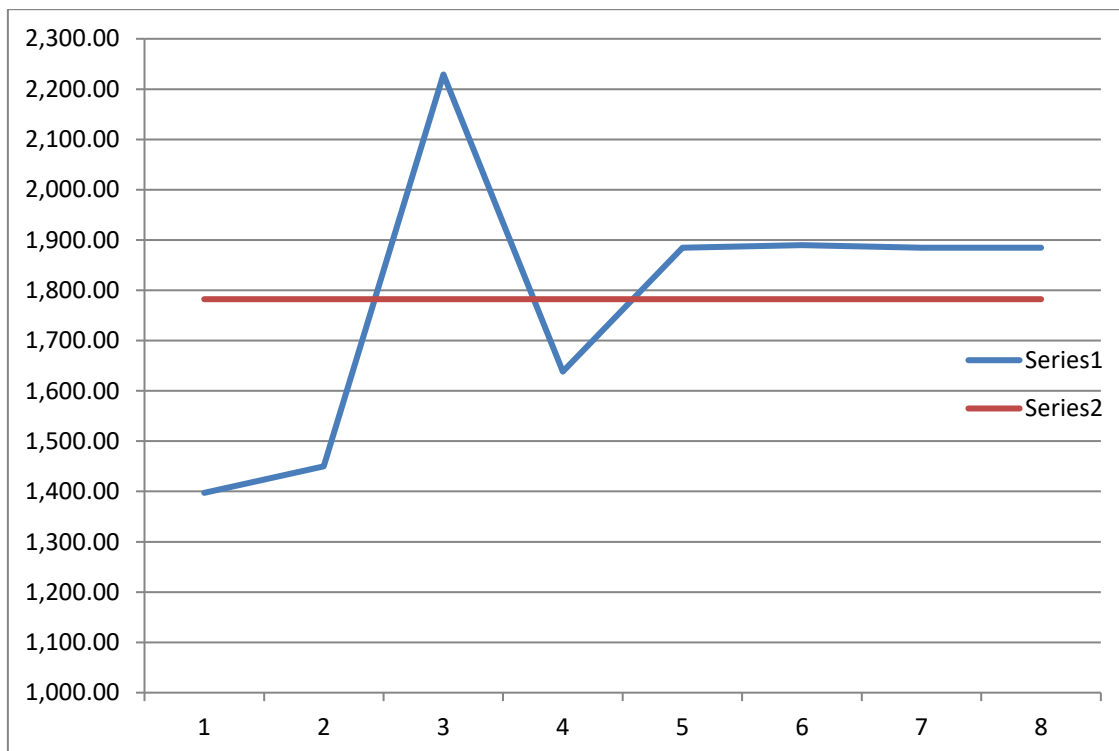
En la Tabla 2 se pueden ver los diferentes caudales (ocho muestras) tomados en un día de producción, se puede ver que la temperatura del agua tratada así como el pH no varió durante el día. La Tabla 2 también muestra la hora en la que se tomó la muestra microbiológica que es la muestra con la que se hacen los análisis de Coliformes fecales, la hora en la que se tomó dicha muestra fue a las 13:40.

**Tabla 3: Caudal en L/s, L/min, L/hora, L/día y el promedio diario.**

L/s	L/min	L/hora	L/día	Promedio diario
0.043	2.59	155.25	1,397.25	1,782.30
0.045	2.69	161.10	1,449.90	1,782.30
0.069	4.13	247.68	2,229.12	1,782.30
0.051	3.03	182.04	1,638.36	1,782.30
0.058	3.49	209.40	1,884.60	1,782.30
0.058	3.50	210.00	1,890.00	1,782.30
0.058	3.49	209.40	1,884.60	1,782.30
0.058	3.49	209.40	1,884.60	1,782.30

La Tabla 3 muestra los diferentes caudales, en L/s, L/min, L/hora y L/día; también se ilustra el promedio diario en L/día, se puede ver que el promedio es de 1,782.30 L/día. Sin embargo, se puede ver que puede oscilar entre los 1,397.25 L/día y puede alcanzar hasta los 2,229.12 L/día.

**Gráfico 1: Caudal del Efluente (L/día).**



En el Gráfico 1, se muestran los diferentes caudales esperados basados en la toma de caudal por hora (línea azul). Ahora bien, la línea roja muestra un promedio de caudal diario de 1,782 L/día o 1.78 m<sup>3</sup>/día.

**g. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS PARA REUSO.** Para la caracterización de las aguas para reuso se planea implementar un sistema que provea agua tratada, tanto para los servicios sanitarios (inodoros y mingitorios), como para el sistema de riego del terreno de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima. Los parámetros que se necesitan para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales permita el reuso para los servicios sanitarios, son que el agua tratada cumpla con el artículo 20, "límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores"<sup>12</sup> hasta el año 2011 (etapa 1). La tabla de parámetros se encuentra en el Apéndice No. 5 que luego se comparará con el Apéndice No. 7. Gracias a que los parámetros del agua cumplen satisfactoriamente con los parámetros del año 2011, se confirma que se pueda reutilizar el agua para los servicios sanitarios (inodoros y mingitorios). En el Apéndice No. 6 se muestra un plano con una propuesta para empezar a implementar el sistema de reuso de aguas "grises".

En lo que respecta al reuso de aguas para el riego se debe analizar el capítulo VII, específicamente el artículo 34 del Acuerdo Gubernativo 236-2006; dicho artículo trata sobre la "**Autorización de Reuso**". Específicamente el TIPO I: ***Reuso para riego Agrícola en General: use de un efluente que debido a los nutrientes que posee se puede utilizar en el riego extensivo e intensivo, a manera de fertirriego, para recuperación y mejoramiento de suelos y como fertilizante en plantaciones de cultivos que, previamente a su consumo, requieren de un proceso industrial, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35.***<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Guatemala. Ministerio De Ambiente Y Recursos Naturales. Descargas. *Acuerdo Gubernativo No. 236-2006*. Por Oscar Berger Perdomo, Juan Mario Dary Fuentes, y Jorge Raúl Arroyave Reyes. Guatemala: MARN, 2006.

<sup>13</sup> Guatemala. Ministerio De Ambiente Y Recursos Naturales. Descargas. *Acuerdo Gubernativo No. 236-2006*. Por Oscar Berger Perdomo, Juan Mario Dary Fuentes, y Jorge Raúl Arroyave Reyes. Guatemala: MARN, 2006.

Dicha tabla se muestra a continuación:

**Tabla 4: Límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35.**

Tipo de Reúso	DBO (Mg/L)	Coliformes fecales
Tipo I	No aplica	No aplica
Tipo II	No aplica	$< 2 \times 10^2$
Tipo III	200	No aplica
Tipo IV	No aplica	$< 1 \times 10^3$
Tipo V	200	$< 1 \times 10^3$

Según lo establecido en esta tabla, la Demanda Bioquímica de Oxígeno y los Coliformes fecales no aplican para este tipo de Riego agrícola, pues el agua que sale de la planta de tratamiento de aguas residuales cumple con las especificaciones del MARN, por lo que se puede reusar con fines de riego agrícola de Tipo I. En cuanto a la gestión de estas aguas se puede ver el **Apéndice No. 6**, en el que se ilustra cómo se conectarán las tuberías al sistema de riego para poder regar el terreno de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima.

- h. CARACTERIZACIÓN DE LODOS A DISPONER.** El DIGESTOR se vaciará cada seis meses (enero y julio de cada año) en tanto que la FOSA SÉPTICA No. 1 se vaciará cada año (enero) y la FOSA SÉPTICA No. 2 se vaciará cada dos años (junio de cada dos años), el trabajo de recolección lo realiza la empresa Servicios García. Ubicada en el Kilómetro 10.8 carretera al Atlántico zona 18, teléfonos 22552648, y el servicio de disposición de los lodos los efectúa la empresa ABC BIOFERT (Aquimsa Biofert de Centroamérica, S.A. con autorización resolución No. 62-97/JFAF/DVD/SM) con dirección en la 10ª Avenida 34-01 zona 11, Colonia Las Charcas, teléfonos 247649476.
- i. CARACTERIZACIÓN DEL AFLUENTE.** La caracterización del afluente No aplica. Esto se debe a que el agua utilizada en Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima no proviene de ningún recurso hídrico natural, además en la zona en donde se encuentra la empresa no existen recursos hídricos naturales de ningún tipo, por lo que el agua que se utiliza proviene de la municipalidad de Guatemala.

- j. IDENTIFICACIÓN DEL CUERPO RECEPTOR HACIA EL CUAL SE DESCARGAN LAS AGUAS RESIDUALES, SI APLICA.** El cuerpo receptor al cual se descargan las aguas residuales es un pozo de absorción cavado a 30 varas de profundidad (hasta el estrato de área de río), dicho pozo cuenta con un diámetro de 1.26 metros. El mismo es el encargado de alimentar el manto freático con agua tratada. Todo esto, con el fin de reducir costos, mejorar el entorno ecológico en METTLER Laboratorios, Sociedad Anónima y cumplir con la responsabilidad socio-ambiental.
- k. IDENTIFICACIÓN DEL ALCANTARILLADO HACIA EL CUAL SE DESCARGAN LAS AGUAS RESIDUALES, SI APLICA.** La identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales No Aplica, ya que la empresa METTLER Laboratorios, Sociedad Anónima descarga sus aguas residuales a un pozo de absorción en vez del alcantarillado público, pues en el sector en que se encuentra ubicada la empresa no existe servicio de alcantarillado por parte de la Municipalidad de la ciudad de Guatemala. Por ello, es necesario tener una alternativa factible que satisfaga las necesidades de la empresa, como las del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- l. ENUMERACIÓN DE PARÁMETROS EXENTOS DE MEDICIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN RESPECTIVA.** Debido a que el proceso de fabricación no incluye metales pesados, se ha logrado acordar con el MARN que los únicos parámetros que serán tomados en cuenta serán los de:
- I. DQO
  - II. DBO
  - III. Relación DQO/DBO
  - IV. Sólidos sedimentables
  - V. Materia flotante
  - VI. Sólidos en suspensión
  - VII. Grasas y aceites
  - VIII. Color
  - IX. Nitrógeno total
  - X. Fósforo total

XI. Coliformes fecales

Quitando del estudio parámetros como Arsénico, Cadmio, Cianuro total, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo y zinc.

**2. DOCUMENTOS**

**a. PLANO DE LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN, CON COORDENADAS GEOGRÁFICAS, DEL ENTE GENERADOR O DE LA PERSONA QUE DESCARGA AGUAS RESIDUALES AL ALCANTARILLADO PÚBLICO.**

El plano de localización y ubicación del ente generador (Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima) al alcantarillado público no aplica, ya que Mettler Laboratorios, S.A. no descarga sus aguas residuales tratadas en el alcantarillado, puesto que este no existe. Estos se descargan en un pozo de absorción como se describió previamente en el plan de gestión de aguas residuales. Sin embargo, se puede ver el Apéndice No. 1 para comprender la localización del terreno en donde toma lugar el proyecto.

**b. PLANO DE LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN, CON COORDENADAS GEOGRÁFICAS, DEL O LOS DISPOSITIVOS DE DESCARGA, PARA LA TOMA DE MUESTRAS, TANTO DEL AFLUENTE COMO DEL EFLUENTE. EN EL CASO DEL AFLUENTE CUANDO APLIQUE.**

Mettler laboratorios, Sociedad Anónima no cuenta con ningún recurso hídrico cercano o de mayor envergadura; por lo que no existe un afluente en donde se tomen muestras del afluente; en lo que respecta al plano de toma de muestras del efluente se puede avocar al Apéndice No. 3 y el Apéndice No. 4. En estos planos se muestra tanto el detalle de la planta de tratamiento, como el sistema de drenajes que desembocan en la planta de tratamiento y dan concluidas sus labores en el pozo de absorción (donde se toma las muestras del efluente).

**c. PLAN DE GESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES, AGUAS PARA REUSO Y LODOS. LAS MUNICIPALIDADES O EMPRESAS ENCARGADAS DE PRESTAR EL SERVICIO DE**

**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, A PERSONAS QUE DESCARGAN SUS AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL AL ALCANTARILLADO PÚBLICO, INCLUIRÁN LA SIGUIENTE INFORMACIÓN: EL CATASTRO DE DICHOS USUARIOS Y EL MONITOREO DE SUS DESCARGAS.**

El plan de gestión de aguas residuales para reúso se describe en los puntos “f” y “g” del ESTUDIO TÉCNICO, se menciona la caracterización de las mismas y el protocolo establecido para el reúso de las mismas. Asimismo, en el **Apéndice No. 8** se describe el procedimiento y la empresa encargada de la limpieza del digestor; cabe mencionar que los **Apéndices No. 9 y 10** consideran el cronograma de la limpieza de lodos, los responsables de efectuar los diferentes servicios de limpieza y mantenimiento de la planta de tratamiento y finalmente el formato del registro de limpieza de la planta de tratamiento.

**d. PLAN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, SI SE DESCARGAN A UN CUERPO RECEPTOR O ALCANTARILLADO.**

En cuanto al plan de tratamiento de aguas residuales, el proceso se describe en el punto ESTUDIO TÉCNICO. En él se mencionan las capacidades de la planta de tratamiento y los procesos que toman lugar en la planta de tratamiento de aguas residuales.

**e. INFORMES DE RESULTADOS DE LAS CARACTERIZACIONES REALIZADAS.**

Los informes de resultados se describen en el punto “f” del ESTUDIO TÉCNICO. Sin embargo, en la DISCUSIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO se explicarán las etapas que la planta de tratamiento cumple (Eficiencia de la planta), el plan de gestión de reúso (sistema de abastecimiento de agua a servicios sanitarios y del sistema de riego del terreno) y los beneficios financieros que la misma conlleva; sin tomar en cuenta los del crecimiento de mercado por la inclusión de la empresa en el TLC.

## B. ESTUDIO FINANCIERO

A pesar de que el objetivo general de este trabajo de graduación no es el de analizar los costos financieros del proyecto, sino la validación de la planta de tratamiento de aguas residuales, se considera importante poner en contexto los beneficios económicos cumpliendo el objetivo de la implementación de un sistema para abastecer los servicios sanitarios y el riego del terreno. Por ello, el objetivo del estudio financiero es determinar el porcentaje de agua residual reutilizada para el riego, así como los costos en los que la empresa Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima se ahorraría al momento de implementar el sistema de riego con el agua “gris” o agua tratada para el terreno en donde se encuentra localizada la empresa. En lo que respecta al agua utilizada en servicios sanitarios, no se tomará en cuenta en este estudio financiero, ya que el porcentaje que representa es mínimo y el objetivo de la implementación es acudir a una necesidad ambiental y no a una de índole económica.

### 1. AFLUENTE Y EFLUENTE

a. **AFLUENTE DEL ÚLTIMO AÑO.** Para poder comparar mejoras o deterioros se debe contar con dos variables, el antes y después. En este caso, se debe conocer el afluente de agua que entra a la empresa así como el Efluente de agua que sale de la empresa hacia el pozo de absorción localizado al sur del terreno. El afluente del último año es el siguiente:

**Tabla 5: Afluente de agua del año 2011.**

Mes	Afluente (m <sup>3</sup> /mes)
Diciembre	119
Noviembre	101
Octubre	75
Septiembre	73
Agosto	73
Julio	59
Junio	70
Mayo	65
Abril	90
Marzo	93
Febrero	96
Enero	112

**b. EFLUENTE ACTUAL.** El efluente actual se toma desde el pozo de absorción que se encuentra al sur del terreno de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima. En la última etapa de la planta de tratamiento de aguas residuales; la toma del efluente se describió en el punto 1.6 del capítulo de ESTUDIO TÉCNICO. El efluente en los diferentes puntos del día fue el siguiente:

**Tabla 6: Caudal por hora en L/s, L/min, L/hora, L/día y el promedio diario.**

Hora	L/s	L/min	L/hora	L/día	Promedio diario
9:40	0.043	2.59	155.25	1,397.25	1,782.30
10:40	0.045	2.69	161.10	1,449.90	1,782.30
11:40	0.069	4.13	247.68	2,229.12	1,782.30
12:40	0.051	3.03	182.04	1,638.36	1,782.30
13:40	0.058	3.49	209.40	1,884.60	1,782.30
14:40	0.058	3.50	210.00	1,890.00	1,782.30
15:50	0.058	3.49	209.40	1,884.60	1,782.30
16:40	0.058	3.49	209.40	1,884.60	1,782.30

Se puede ver que el efluente mínimo ocurre a las 9:40 y el máximo a las 11:40; debido a que el día en que se tomó el efluente no era un día destinado a la producción, se tomó un promedio diario para modelar el caudal esperado en un día estándar. Con estos datos se procedió a promediar un día con caudal mínimo, promedio y máximo, también se proyectó el efluente a un mes y se convirtió a las dimensionales que la municipalidad de Guatemala utiliza para poder comparar y determinar la cantidad de agua utilizada al riego. A continuación, se presenta la tabla de resultados:

**Tabla 7: Caudal mínimo, promedio y máximo proyectado por día y mes.**

	L/día	L/mes	m <sup>3</sup> /mes
Caudal Mínimo	1,397.25	29,342.25	29.34
Caudal Promedio	1,782.30	37,428.38	37.43
Caudal Máximo	2,229.12	46,811.52	46.81

**2. AGUA DESTINADA AL RIEGO.** El agua del afluente de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima se utiliza para producir, abastecer sus servicios sanitarios y regar el terreno. Para el cálculo de agua destinada al riego se le resta al afluente (agua que entra al terreno) el efluente (agua que sale de la planta de tratamiento); al agua que se encuentra en la planta de tratamiento también se le resta al afluente porque existe agua que se queda en el sistema de tratamiento de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima. Para este cálculo solo se toman las capacidades de las diferentes cámaras de la planta de tratamiento y este se muestra en el **Apéndice No. 11**. La siguiente tabla muestra el agua destinada al riego por cada mes:

**Tabla 8. Agua destinada al riego (efluente promedio).**

Mes	Afluente (m <sup>3</sup> /mes)	Efluente promedio (m <sup>3</sup> /mes)	m <sup>3</sup> en Planta de Tratamiento	Agua utilizada en riego (m <sup>3</sup> /mes)
Diciembre	119	37.43	30	51.57
Noviembre	101	37.43	30	33.57
Octubre	75	37.43	30	7.57
Septiembre	73	37.43	30	5.57
Agosto	73	37.43	30	5.57
Julio	59	37.43	30	8.43
Junio	70	37.43	30	2.57
Mayo	65	37.43	30	2.43
Abril	90	37.43	30	22.57
Marzo	93	37.43	30	25.57
Febrero	96	37.43	30	28.57
Enero	112	37.43	30	44.57

Cabe mencionar que existen números negativos en la tabla, esto se debe a que probablemente el caudal del efluente era mayor en esos meses. Debido a esto, en las siguientes tablas se mostrará el agua utilizada en riego con un caudal mínimo y un caudal máximo. Esto con el fin de poder determinar si en los meses entre mayo y octubre no se regó como es de esperarse (en Guatemala llueve prácticamente todos los días entre mayo y octubre).

Tabla 9: Agua destinada al riego (efluente mínimo).

Mes	Afluente (m <sup>3</sup> /mes)	Efluente mínimo (mes)	m <sup>3</sup> en Planta de Tratamiento	Agua utilizada en riego
Diciembre	119	29.34225	30	59.66
Noviembre	101	29.34225	30	41.66
Octubre	75	29.34225	30	15.66
Septiembre	73	29.34225	30	13.66
Agosto	73	29.34225	30	13.66
Julio	59	29.34225	30	0.34
Junio	70	29.34225	30	10.66
Mayo	65	29.34225	30	5.66
Abril	90	29.34225	30	30.66
Marzo	93	29.34225	30	33.66
Febrero	96	29.34225	30	36.66
Enero	112	29.34225	30	52.66

Tabla 10: Agua destinada al riego (efluente máximo).

Mes	Afluente (m <sup>3</sup> /mes)	Efluente máximo (mes)	m <sup>3</sup> en Planta de Tratamiento	Agua utilizada en riego
Diciembre	119	46.81152	30	42.19
Noviembre	101	46.81152	30	24.19
Octubre	75	46.81152	30	1.81
Septiembre	73	46.81152	30	3.81
Agosto	73	46.81152	30	3.81
Julio	59	46.81152	30	17.81
Junio	70	46.81152	30	6.81
Mayo	65	46.81152	30	11.81
Abril	90	46.81152	30	13.19
Marzo	93	46.81152	30	16.19
Febrero	96	46.81152	30	19.19
Enero	112	46.81152	30	35.19

Gracias a estas tablas se puede ver que cuando el efluente es mínimo el mes de julio sigue sin tener agua destinada al riego. Sin embargo, cuando el afluente es máximo, los meses entre mayo y octubre son negativos, por lo que significa que no se utilizó agua para regar en estos meses, por lo que su porcentaje destinado al riego es de 0.00% como se había especulado.

**3. PORCENTAJE DE AGUA DESTINADA AL RIEGO.** Para determinar el porcentaje de agua destinada al riego, se tienen que tomar en cuenta solo los meses en los que se riega el terreno (noviembre a abril). Luego, se procedió a determinar el afluente de estos meses y el agua utilizada para regar el terreno, incluyendo el caudal mínimo esperado, el promedio esperado y el máximo esperado. Una vez obtenidos todos los porcentajes (dividiendo agua utilizada en riego dentro del afluente) se sacó un promedio total, estos datos se muestran a continuación:

**Tabla 11: Porcentaje de agua destinada al riego.**

	Mes	Afluente (m <sup>3</sup> /mes)	Agua utilizada en riego (m <sup>3</sup> /mes)	Porcentaje de agua destinada al riego
<b>Mínimo</b>	<b>Diciembre</b>	119	59.66	50.13%
	<b>Noviembre</b>	101	41.66	41.25%
	<b>Abril</b>	90	30.66	34.06%
	<b>Marzo</b>	93	33.66	36.19%
	<b>Febrero</b>	96	36.66	38.19%
	<b>Enero</b>	112	52.66	47.02%
<b>promedio</b>	<b>Diciembre</b>	119	51.57	43.34%
	<b>Noviembre</b>	101	33.57	33.24%
	<b>Abril</b>	90	22.57	25.08%
	<b>Marzo</b>	93	25.57	27.49%
	<b>Febrero</b>	96	28.57	29.76%
	<b>Enero</b>	112	44.57	39.79%
<b>máximo</b>	<b>Diciembre</b>	119	42.19	35.45%
	<b>Noviembre</b>	101	24.19	23.95%
	<b>Abril</b>	90	13.19	14.65%
	<b>Marzo</b>	93	16.19	17.41%
	<b>Febrero</b>	96	19.19	19.99%
	<b>Enero</b>	112	35.19	31.42%
<b>Promedio</b>	<b>TOTAL</b>	101.83	33.97	32.69%

El porcentaje de agua destinada al riego es del 32.69%. En lo que respecta a la cantidad, se utilizan en promedio 33.97 m<sup>3</sup>/mes para regar el terreno de Mettler laboratorios, Sociedad Anónima en los meses de noviembre a abril.

**4. COSTO DEL AGUA UTILIZADA PARA EL RIEGO.** Según la municipalidad de Guatemala, el costo del agua depende de la cantidad de m<sup>3</sup> que se utilicen en la localidad, a continuación, se presenta la tabla en donde especifica el costo dependiendo los diferentes rangos de utilización de agua:

**Tabla 12: Precio del servicio de agua por rangos de consumo.**

Rango de consumo por metro cúbico	Precio del metro cúbico (No incluye IVA)	(+) Alcantarillado sobre total de consumo	(+) CARGO FIJO (No incluye IVA)
1 a 20	Q1.12	20%	Q16.00
21 a 40	Q1.76	20%	Q16.00
41 a 60	Q2.24	20%	Q16.00
61 a 120	Q4.48	20%	Q16.00
121 a más	Q5.60	20%	Q16.00

El rango de consumo por metro cúbico al cual pertenece Mettler laboratorios, Sociedad Anónima es el 4to rango (61 m<sup>3</sup>/mes a 120 m<sup>3</sup>/mes), por lo que el precio del metro cúbico es de Q4.48 + IVA del precio del m<sup>3</sup> + Cargo Fijo + IVA del cargo fijo, el alcantarillado sobre el total de consumo no se paga ya que en esta zona no existe alcantarillado público. A continuación, se muestra el costo del agua utilizada en riego:

**Tabla 13: Costo del agua utilizada para el riego.**

Agua utilizada en riego (m <sup>3</sup> /mes)	Costo por m <sup>3</sup> (IVA incluido)	Costo total de agua	Cargo Fijo (IVA incluido)	COSTO TOTAL
33.97	Q5.02	Q170.53	Q17.92	Q188.45

En total se gastan aproximadamente Q188.45, que se ahorrarían si se implementa el sistema de riego. Más allá del ahorro económico, se ahorraría aproximadamente un 33.97 m<sup>3</sup> del agua utilizada en Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima, que representa casi un 33% del total de agua utilizada. Por ello, Mettler Laboratorios atiende a esta necesidad mejorando sus gastos financieros, como el impacto ambiental sobre el manto freático que se encuentra debajo del terreno de Mettler.

## VI. VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS FARMACÉUTICOS

Para la validación del método de producción de sólidos farmacéuticos se decidió como objetivo específico trabajar con Acetaminofén 500mg. y mejorar el proceso de empaque. Para esto se analizará el proceso en cuanto a tiempos, movimientos, etc. Con el fin de estandarizarlo y reducir los tiempos muertos en los que incurren las personas al momento de empacar Acetaminofén 500mg.

### A. ESTUDIO TÉCNICO:

Para el estudio técnico de la validación del método de producción de sólidos farmacéuticos se presentarán a continuación los horarios de trabajo de la planta, esto con el fin de ilustrar y poner en contexto al lector sobre el tiempo en el que los trabajadores laboran dentro de las instalaciones de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima. Ahora bien, en lo que respecta a los datos de producción de Acetaminofén 500mg., a continuación se presenta la tabla en donde se especifica el lote de producción a analizar, los blíster por caja, blíster por paquete, paquetes por caja, paquetes por lote y blíster por lote:

Tabla 14: Horarios de trabajo de Mettler Laboratorios Sociedad Anónima

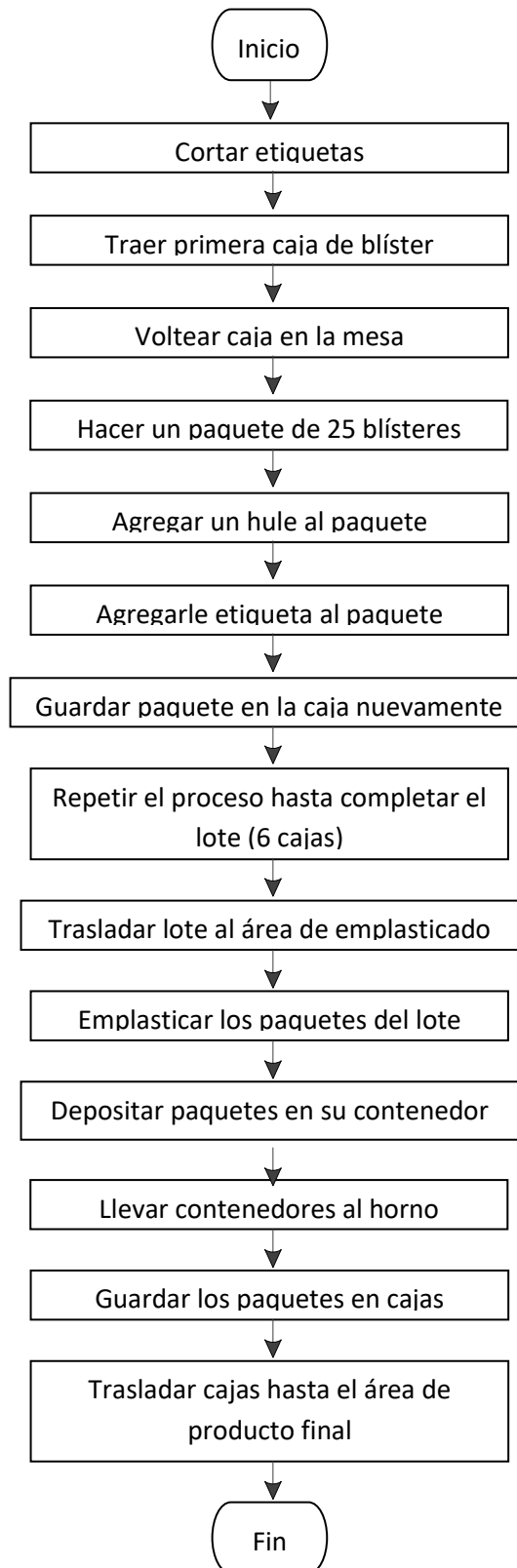
Días a la semana	5
Hora de ingreso a labores	08:00 a.m.
Hora de refacción	10:00 a.m.
Hora de reinicio de labores	10:20 a.m.
Hora de almuerzo	01:00 p.m.
Hora de reinicio de labores	02:00 p.m.
Hora de salida	05:00 p.m.

Tabla 15: Datos de producción

Datos de Producción		
Lote de producción	6	cajas
Blísteres por caja	1,920	blísteres
Blísteres por paquete	25	blísteres
Paquetes por caja	76.80	paquetes
Paquetes por lote	460.80	paquetes
Blísteres por lote	11,520	blísteres

## 1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Gráfico 2: Diagrama de flujo de proceso del empaque de Acetaminofén 500mg.



**2. TOMA DE TIEMPOS.** En el **Apéndice No. 12** se muestran los tiempos promedio de ciclo por cada proceso que intervienen en la producción. Se realizaron mediciones durante cinco días de producción; sin embargo, se pueden considerar estos tiempos de ciclo promedio como válidos dado que la variabilidad entre cada operario y en la repetición de los mismos procesos es mínima. Para demostrarlo se realizó un análisis estadístico conocido como ANOVA, con un alfa de 0.05 y sus resultados arrojan que la variabilidad entre datos no es significativa. Por lo tanto, se puede asumir que siempre tardarán el mismo tiempo ciclo por proceso, con independencia del operario.

A continuación, se muestran tablas de resumen de los distintos procesos, así como un análisis de sensibilidad para ver la reducción o aumento de tiempos a medida que se agregan o quitan operarios. Estos se expresan en distintas unidades.

**Tabla 16: Paquetes de 25 blísteres con hule y etiqueta (promedio por cada operario).**

Resumen de datos: 1 operario			
Actividad	Segundos	Minutos	Horas
<b>Terminar un paquete</b>	43.29	0.72	0.01
Terminar una caja	3,324.67	55.41	0.92
Terminar un lote	19,948.03	332.47	5.54
Resumen de datos: 2 operarios			
Actividad	Segundos	Minutos	Horas
<b>Terminar un paquete</b>	43.29	0.72	0.01
Terminar una caja	1,662.34	27.71	0.46
Terminar un lote	9,974.02	166.23	2.77
Resumen de datos: 3 operarios			
Actividad	Segundos	Minutos	Horas
<b>Terminar un paquete</b>	43.29	0.72	0.01
Terminar una caja	1,108.22	18.47	0.31
Terminar un lote	6,649.34	110.82	1.85
Resumen de datos: 4 operarios			
Actividad	Segundos	Minutos	Horas
<b>Terminar un paquete</b>	43.29	0.72	0.01
Terminar una caja	831.17	13.85	0.23
Terminar un lote	4,987.01	83.12	1.39
Resumen de datos: 5 operarios			
Actividad	Segundos	Minutos	Horas
<b>Terminar un paquete</b>	43.29	0.72	0.01
Terminar una caja	664.93	11.08	0.18
Terminar un lote	3,989.61	66.49	1.11

Tabla 17: Corte de etiquetas por lote de cajas (Promedio por cada operario).

Resumen de datos: 1 operario			
Actividad	Segundos	Minutos	Horas
Terminar un paquete	0.80	0.01	0.00
Terminar una caja	61.21	1.02	0.02
<b>Terminar un lote</b>	367.26	6.12	0.10

Tabla 18: Termo de 2 paquetes (Promedio por cada operario).

Resumen de datos: 1 operario			
Actividad	Segundos	Minutos	Horas
<b>Terminar dos paquetes</b>	12.95	0.22	0.00
Terminar una caja	505.05	8.42	0.14
Terminar un lote	3030.30	50.51	0.84
Resumen de datos: 2 operarios			
Actividad	Segundos	Minutos	Horas
<b>Terminar dos paquetes</b>	12.95	0.22	0.00
Terminar una caja	252.53	4.21	0.07
Terminar un lote	1,515.15	25.25	0.42

Tabla 19: Secado de paquetes con termo por caja (Promedio por cada operario).

Resumen de datos: 1 operario			
Actividad	Segundos	Minutos	Horas
Terminar un paquete	0.46	0.01	0.00
<b>Terminar una caja</b>	35.35	0.59	0.01
Terminar un lote	212.10	3.54	0.06

Tabla 20: Colocado de etiquetas por paquete (Promedio por cada operario).

Resumen de datos: 1 operario			
Actividad	Segundos	Minutos	Horas
<b>Terminar un paquete</b>	4.87	0.08	0.00
Terminar una caja	374.02	6.23	0.10
Terminar un lote	2244.10	37.40	0.62
Resumen de datos: 2 operarios			
Actividad	Segundos	Minutos	Horas
<b>Terminar un paquete</b>	4.87	0.08	0.00
Terminar una caja	187.01	3.12	0.05
Terminar un lote	1122.05	18.70	0.31
Resumen de datos: 3 operarios			
Actividad	Segundos	Minutos	Horas
<b>Terminar un paquete</b>	4.87	0.08	0.00
Terminar una caja	124.67	2.08	0.03
Terminar un lote	748.03	12.47	0.21

**3. TIEMPOS MUERTOS.** Cabe mencionar que dentro de las políticas de la empresa se estipula que es prohibido acudir al baño y contestar el teléfono, salvo casos de emergencia, con la finalidad de reducir los tiempos muertos y ociosos. Se puede acudir al baño, contestar llamadas y otras actividades solamente en los tiempos libres como almuerzo y refacción, o antes de entrada y salida laboral. A continuación, se analiza a un operario en su rutina diaria y se determinan sus tiempos muertos; este análisis se realizó la semana del 19 al 23 de marzo del presente año.

**Tabla 21: Tiempos muertos de 1 operario diarios**

**Operario 1**

**Fecha** 19/03/2012

Hora	Tiempo muerto (Mins)	Descripción
08:00 a.m.	19:00	Operario ingresa a instalaciones, limpia las mismas y las prepara para el trabajo.
	02:00	Operario recibe orden de producción y se dirige a estación de trabajo.
	08:00	Operario debe ir a traer cajas de blísteres al almacén.
10:00 a.m.		
10:20 a.m.	02:00	Operario regresa tarde de refacción.
01:00 p.m.		
02:00 p.m.	01:00	Operario regresa tarde de almuerzo.
	01:00	Operario bota caja de blísteres y los recoge.
	04:00	Operario acude al llamado de jefe.
	02:00	Operario va en busca de más hules.
<b>TOTAL</b>	00:39:00	

El resto de días se pueden ver en el **Apéndice No. 13**. Tal y como se observa, la principal causa de tiempo muerto en los distintos procesos es cuando el operario debe ir a traer cajas de blísteres para empezar todo el proceso de producción. Asimismo, se puede ver que el operario se mueve de su estación de trabajo porque no tiene el material necesario al momento de producir por lo que debe salir y conseguirlo. Esto se debe tomar en cuenta para reducir los tiempos muertos.

**4. MANEJO DE DESECHOS.** La validación del método de producción de sólidos farmacéuticos por parte del CG P+L no solo depende de la estandarización del proceso, sino también del manejo de desechos y del cuidado ambiental de la empresa hacia el terreno, sus trabajadores y sus clientes. Por eso, los trabajadores de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima recolectan desechos sólidos, materias primas descartadas, producto vencido y producto rechazado dentro de las instalaciones del Laboratorio. Estos son desechados en depósitos específicos de donde son recogidos por trabajadores de una Empresa externa privada autorizada **“ECOTERMO”** quien se encarga del manejo de los mismos y de la disposición final.

Otros desechos como vidrio, plástico, aluminio, papel, cartón y aceite de maquinaria que se producen en las instalaciones son vendidos una Empresa recicladora y los ingresos de la misma son destinados a un Fondo Solidario de los Trabajadores. Estos desechos previamente mencionados se depositan en contenedores destinados a cada tipo de materia prima; para poder reciclar y reutilizar material usado, es indispensable que el mismo se encuentre separado para poder destinarlo a los diferentes procesos necesarios para el reciclaje del mismo. De igual manera, la empresa está consciente de las 3 “R”s que son necesarias para tener un cuidado ambiental, estas son reducir, reusar y reciclar. A los empleados se les fomenta la cultura de reciclaje, ya que como se mencionó previamente, existe un Fondo Solidario de los Trabajadores el cual les beneficia y vela por su bienestar.

En Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima no se realiza ninguna actividad que pueda tener impactos significativos o que pudieran causar algún tipo de deterioro al ambiente o daños a la salud de la población. Sin embargo, se considera como impacto positivo la generación de empleo que redundará en una mejor calidad de vida, pero lo más importante es que esta actividad es de utilidad, ya que en el laboratorio se producen medicamentos que son adquiridos por el Sistema Nacional de Salud (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y sus dependencias).

Adicionalmente debe hacerse mención que **METTLER Laboratorios, S.A.**, desde el año 2008, ha recibido una consultoría y acompañamiento por parte del Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia (**CGP+L**) con el fin de mejorar sus eficiencias

en sus procesos de producción, el uso de energía y agua. Dentro de lo mismo ha recibido un acompañamiento constante en la implementación de medidas eficientes y amigables con el medio ambiente que son innovadoras para el medio lo que ha llevado a participar como expositor en Congresos Nacionales de Producción + Limpia, con la finalidad de replicar la experiencia en más industrias nacionales. Gracias a estos logros, la validación es factible y permitiría el ingreso de la empresa al TLC y poder exportar hacia la región centroamericana y del Caribe. La validación tanto de la planta como del método de producción de sólidos farmacéuticos atiende a una necesidad y abre una brecha hacia el mercado internacional, el objetivo de Desarrollar una metodología para tratar los diferentes desechos que se dan en la empresa Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima y la reducción del impacto ambiental ratificaría a la empresa de Mettler Laboratorios como una empresa líder e innovadora que no solo asegura estándares de calidad altos, sino que vela por el cuidado ambiental.

## VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### A. RESPECTO A LA VALIDACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO:

**1. SOBRE EL ESTUDIO TÉCNICO.** El objetivo general es “La validación de la planta de tratamiento de aguas residuales y del método de producción de sólidos farmacéuticos. Entre los objetivos específicos se tenía la determinación de la eficiencia de la planta de tratamiento de acuerdo a los parámetros establecidos por el MARN Acuerdo Gubernativo 236-2006 y el de implementar un sistema de abastecimiento de aguas tratadas para los servicios sanitarios y de riego con el fin de reducir el impacto ambiental. Para cumplir el primer objetivo específico se implementó y echó a andar la planta de tratamiento de aguas residuales; dicha planta cuenta con ocho pasos en donde se da el proceso de tratamiento de aguas residuales. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla 1. Resultados del análisis ambiental y microbiológico”.**

Determinaciones fisicoquímicas	Agua residual especial y ordinaria (salida a pozo de absorción) N: 14°34'41,8" O: 90°32'50, 6" Altura 1,478 mts. SNM (+/-6) (No. Lab. 123129)
Demanda química de oxígeno (DQO)	582.0 mg O <sub>2</sub> /L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	402.0 mg O <sub>2</sub> /L
Relación DQO/DBO	1.4
Sólidos sedimentables	<0.1 ml/L
Materia flotante	Ausente
Sólidos en suspensión	4.0 mg/L
Grasas y aceites	3.0 mg/L
Color	141.0 pt/Co
Nitrógeno total	7.9 mg/L
Fósforo total	1.1 mg/L
Coliformes fecales	45000 NMP/100ml

\*NMP = Número más probable

Debido a que existen algunos parámetros exentos de evaluación presentados en el punto 1. 12 del capítulo del ESTUDIO TÉCNICO el estudio realizado por FQB Laboratorio en su determinación fisicoquímica no presentaron estos parámetros, ya que Mettler laboratorios, Sociedad Anónima no trabaja con metales pesados ni los otros parámetros exentos. Al comparar esta tabla con la del Acuerdo Gubernativo 236-2006. Presentada en el **Apéndice No. 5** se puede observar que el agua del efluente de la planta de tratamiento cumple con todos los parámetros hasta el año 2015, en el año 2020 no cumple con el parámetro de Coliformes fecales. Por ende, tampoco cumple con el parámetro establecido para el año 2024. El valor para la etapa 3 y 4 debería de ser menor a  $1 \times 10^4$  (10,000 NMP/100ml) y el valor actual se encuentra en 45,000 NMP/100ml. Para la reducción de este parámetro se recomienda dosificar más ion cloro en la primera fosa séptica o más peróxido al momento que sale de la fosa séptica de oxidación. A continuación, se presenta la tabla en donde se determina si los diferentes parámetros cumplen o no con los límites máximos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

**Apéndice No. 7: "Cumplimiento de parámetros por etapas".**

Agua residual especial y ordinaria (salida a pozo de absorción) N: 14°34'41,8" O: 90°32'50,6" Altura 1,478 mts. SNM (+/-6)		No. Lab:123129			
Parámetros	Etapa 1 2011	Etapa 2 2015	Etapa 3 2020	Etapa 4 2024	
DQO	No hay normativa	No hay normativa	No hay normativa	No hay normativa	
DBO (carga)	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	
Grasas y aceites	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	
Materia flotante	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	
Sólidos en suspensión	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	
Nitrógeno total	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	
Fósforo total	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	
pH	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	
Coliformes fecales	Sí cumple	Sí cumple	<b>NO CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>	
Temperatura	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	
Color	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	

Ahora bien, en lo que respecta a la determinación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, se puede observar en el **Apéndice No. 7** que la planta de tratamiento cumple satisfactoriamente con todos los parámetros de la segunda etapa que estableció el MARN en la ley de aguas del Acuerdo Gubernativo 236-2006. Por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento se encuentra en la etapa 2/4; esta eficiencia no se debe de considerar que la planta funciona al 50% ya que la consistencia en las muestras siempre será satisfactoria respecto a los parámetros del año 2015. La planta se espera que al aumentar la dosificación del ion cloro y/o del peróxido alcance el límite máximo para los Coliformes fecales y a finales del presente año (2012) el análisis ambiental y microbiológico resulte adecuado para satisfacer los parámetros establecidos en la tercera etapa (2020).

Para la facilitación de la limpieza de la planta de tratamiento se diseñó un “Procedimiento de planta” (**Apéndice No. 8**) en este documento se describen las diferentes actividades que se deben realizar para la limpieza de la planta de tratamiento de aguas residuales; asimismo, el documento se ve complementado con un cronograma de actividades de mayor envergadura que se deben de realizar con el fin de mantener la planta de tratamiento funcionando y que se limpien las dos fosas sépticas y el digestor de los lodos que se van acumulando al tratar el agua residual de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima. Estos documentos se describen en el **Apéndice No. 9** y el **Apéndice No. 10** el primero establece un cronograma bianual en donde se marcan con diferente color cada actividad de limpieza que se le debe dar a la planta, también señala al responsable de la realización de la misma, esto con el fin de que el proceso de mantenimiento y limpieza este estandarizado. En cuanto al segundo documento, este es un registro de las actividades que se deben realizar en la planta de tratamiento, para las actividades de “Dosificación de limpiador bacteriano, limpieza de digestor, limpieza de fosa de sedimentación, limpieza de fosa de oxigenación y dosificación de sulfato de aluminio) se incluye la fecha en la que debe realizarse la actividad, esta fecha concuerda con la establecida en el cronograma de actividades bianual y también tiene el espacio en blanco para que el responsable apunte su nombre y alguna observación que el mismo pueda realizar.

Cabe mencionar que algunos parámetros no fueron tomados en cuenta o mejor dicho, fueron exentos de medición, esto se debe a que el proceso de fabricación no incluye metales pesados por lo que se acordó con el MARN que el análisis ambiental y microbiológico solo incluiría DBO, DQO, sólidos sedimentables, materia flotante, sólidos en suspensión, grasas y aceites, color, nitrógeno total, fósforo total y Coliformes fecales. Descartando parámetros como Arsénico, Cadmio, Cianuro total, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo y zinc.

Siguiendo con la caracterización del efluente en la Tabla 3 se pueden ver los diferentes caudales tomados para formar la mezcla compuesta y analizar el agua; en los diferentes caudales el menor fue el de 1,397 L/día y el mayor es de 2,229 L/día, el caudal promedio diario es de 1,782 L/día.

**Tabla 3: Caudal en L/s, L/min, L/hora, L/día y el promedio diario.**

L/s	L/min	L/hora	L/día	Promedio diario
0.043	2.59	155.25	1,397.25	1,782.30
0.045	2.69	161.10	1,449.90	1,782.30
0.069	4.13	247.68	2,229.12	1,782.30
0.051	3.03	182.04	1,638.36	1,782.30
0.058	3.49	209.40	1,884.60	1,782.30
0.058	3.50	210.00	1,890.00	1,782.30
0.058	3.49	209.40	1,884.60	1,782.30
0.058	3.49	209.40	1,884.60	1,782.30

Como objetivo específico el mencionado efluente debería de implementarse para abastecer el sistema de servicios sanitarios y de riego; como se mencionó previamente el objetivo no es de un ahorro económico, sino de la validación de la planta de tratamiento y de cumplir con el cuidado ambiental que las normativas del TLC establecen. En el **Apéndice No. 6** se ilustra un plano de cómo se debería de canalizar el efluente proveniente de la planta de tratamiento y convertirse en un afluente de agua gris para satisfacer los servicios sanitarios y el sistema de riego.

En la Tabla 4 se muestran los parámetros que debía de tener cada tipo de reúso de aguas residuales, para el sistema de servicios sanitarios se debe cumplir con los límites máximos de la etapa 1 (2011) que de acuerdo al análisis ambiental y microbiológico el efluente de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima cumple; ahora bien en cuanto al sistema de riego, el tipo de reúso es “Reúso para riego agrícola en general”. Este reúso es de tipo I. y como la tabla 4 muestra no se requiere ninguna especificación de DBO ni de Coliformes fecales, por lo que el agua puede ser implementada para el sistema de riego como el **Apéndice No. 6** lo establece.

**Tabla 4: Límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35.**

Tipo de Reúso	DBO (Mg/L)	Coliformes fecales
Tipo I	No aplica	No aplica
Tipo II	No aplica	$< 2 \times 10^2$
Tipo III	200	No aplica
Tipo IV	No aplica	$< 1 \times 10^3$
Tipo V	200	$< 1 \times 10^3$

Es importante recalcar que el procedimiento de tratamiento de aguas residuales es eficiente y que es estándar, la prueba de esto es que al mezclar diferentes muestras simples para formar una compuesta, los límites máximos se cumplen hasta la segunda etapa (año 2015) y de acuerdo a las consideraciones de este trabajo de graduación se espera que la planta de tratamiento de aguas residuales alcance la etapa 4/4 para finales del presente año.

**2. SOBRE EL ESTUDIO FINANCIERO.** En cuanto al estudio financiero el objetivo no era determinar la rentabilidad de la planta de tratamiento, ya que la implementación de la misma atiende a una necesidad más que a un beneficio económico. Como objetivo específico se tenía la implementación de un sistema de abastecimiento de aguas tratadas para los servicios sanitarios (inodoro, mingitorios) y de riego con el fin de reducir el impacto ambiental. Para alcanzar dicho objetivo se determinó el afluente de agua en Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima del último año; al analizar la Tabla 5: el afluente del año 2012 registró que los años en donde se registraba mayor afluencia de agua era en los meses en los cuales no llueve en Guatemala (noviembre a abril).

Luego en la Tabla 6, se toman los diferentes caudales y se proyectan a un día entero de producción, el caudal mínimo ocurrió a las 9:40 y el máximo ocurrió a las 11:40. También se estableció que el día en el que se tomaron los diferentes caudales, no era un día destinado netamente a la producción, por lo que se tuvo que modelar respecto al caudal mínimo y máximo la cantidad de efluente esperado en un día destinado a la producción, y un día destinado a servicios menores. También se sacó un efluente promedio con todas las medidas. Todas estas muestras se toman en la Tabla 7 y se proyectan a un mes de producción.

**Tabla 7: Caudal mínimo, promedio y máximo proyectado por día y mes.**

	L/día	L/mes	m <sup>3</sup> /mes
Caudal Mínimo	1,397.25	29,342.25	29.34
Caudal Promedio	1,782.30	37,428.38	37.43
Caudal Máximo	2,229.12	46,811.52	46.81

Para saber si la determinación de los meses destinados al riego era la adecuada se le restó al afluente anual del año 2012 el efluente promedio, el efluente máximo y el efluente mínimo, con el fin de determinar la cantidad de m<sup>3</sup>/mes destinados al riego de los terrenos de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima.

En las Tablas 8, 9 y 10 se puede ver que el agua destinada al riego era aquella en la que se obtuvieron números negativos (restando afluente menos efluente) y se pudo determinar que en los meses entre mayo y octubre el agua destinada al riego fue negativa, por lo que se puede decir que en estos meses definitivamente no se regó, por lo que la suposición inicial fue correcta.

**Tabla 8. Agua destinada al riego (efluente promedio).**

Mes	Afluente (m <sup>3</sup> /mes)	Efluente promedio (m <sup>3</sup> /mes)	m <sup>3</sup> en Planta de Tratamiento	Agua utilizada en riego (m <sup>3</sup> /mes)
Diciembre	119	37.43	30	51.57
Noviembre	101	37.43	30	33.57
Octubre	75	37.43	30	7.57
Septiembre	73	37.43	30	5.57
Agosto	73	37.43	30	5.57
Julio	59	37.43	30	8.43
Junio	70	37.43	30	2.57
Mayo	65	37.43	30	2.43
Abril	90	37.43	30	22.57
Marzo	93	37.43	30	25.57
Febrero	96	37.43	30	28.57
Enero	112	37.43	30	44.57

**Tabla 9: Agua destinada al riego (efluente mínimo).**

Mes	Afluente (m <sup>3</sup> /mes)	Efluente mínimo (mes)	m <sup>3</sup> en Planta de Tratamiento	Agua utilizada en riego
Diciembre	119	29.34225	30	59.66
Noviembre	101	29.34225	30	41.66
Octubre	75	29.34225	30	15.66
Septiembre	73	29.34225	30	13.66
Agosto	73	29.34225	30	13.66
Julio	59	29.34225	30	0.34
Junio	70	29.34225	30	10.66
Mayo	65	29.34225	30	5.66
Abril	90	29.34225	30	30.66
Marzo	93	29.34225	30	33.66
Febrero	96	29.34225	30	36.66
Enero	112	29.34225	30	52.66

Tabla 10: Agua destinada al riego (efluente máximo).

Mes	Afluyente (m <sup>3</sup> /mes)	Efluente máximo (mes)	m <sup>3</sup> en Planta de Tratamiento	Agua utilizada en riego
Diciembre	119	46.81152	30	42.19
Noviembre	101	46.81152	30	24.19
Octubre	75	46.81152	30	1.81
Septiembre	73	46.81152	30	3.81
Agosto	73	46.81152	30	3.81
Julio	59	46.81152	30	17.81
Junio	70	46.81152	30	6.81
Mayo	65	46.81152	30	11.81
Abril	90	46.81152	30	13.19
Marzo	93	46.81152	30	16.19
Febrero	96	46.81152	30	19.19
Enero	112	46.81152	30	35.19

Para determinar el porcentaje de agua destinada al riego se optó por determinar el agua destinada al riego de igual manera que como se hizo en los meses de lluvia, con la única diferencia que esta vez solo se tomarían en cuenta los meses en los cuales no llueve y se tiene que regar (noviembre a abril). Al obtener el agua utilizada en riego se puede determinar el porcentaje que esta representa respecto al afluyente mensual.

Tabla 11: Porcentaje de agua destinada al riego.

	Mes	Afluyente (m <sup>3</sup> /mes)	Agua utilizada en riego (m <sup>3</sup> /mes)	Porcentaje de agua destinada al riego
<b>Mínimo</b>	<b>Diciembre</b>	119	59.66	50.13%
	<b>Noviembre</b>	101	41.66	41.25%
	<b>Abril</b>	90	30.66	34.06%
	<b>Marzo</b>	93	33.66	36.19%
	<b>Febrero</b>	96	36.66	38.19%
	<b>Enero</b>	112	52.66	47.02%
<b>Promedio</b>	<b>Diciembre</b>	119	51.57	43.34%
	<b>Noviembre</b>	101	33.57	33.24%
	<b>Abril</b>	90	22.57	25.08%
	<b>Marzo</b>	93	25.57	27.49%
	<b>Febrero</b>	96	28.57	29.76%
	<b>Enero</b>	112	44.57	39.79%
<b>Máximo</b>	<b>Diciembre</b>	119	42.19	35.45%
	<b>Noviembre</b>	101	24.19	23.95%
	<b>Abril</b>	90	13.19	14.65%
	<b>Marzo</b>	93	16.19	17.41%
	<b>Febrero</b>	96	19.19	19.99%
	<b>Enero</b>	112	35.19	31.42%
<b>Promedio</b>	<b>TOTAL</b>	101.83	33.97	32.69%

En la Tabla 11 se determinaron los diferentes porcentajes mensuales destinados al riego, se puede ver que los porcentajes oscilan entre 14% y 47%, al sacar el promedio se obtiene que un 32% del agua total está destinada al riego, esto significa que la empresa utiliza 1/3 de su agua para regar y esta agua no alimenta el manto freático adecuadamente, ya que las diferentes capas de subsuelo hacen que el agua se estanque y no baje hasta la parte de la litosfera que alimenta el manto freático. Sin embargo, con la planta de tratamiento de aguas residuales el pozo de absorción si llega hasta el manto freático y lo alimenta, promoviendo el cuidado ambiental y haciendo que la empresa cumpla con la ley de aguas establecida por el MARN.

Asimismo, este 32% de agua utilizada exclusivamente al riego será dinero ahorrado, ya que la empresa lo que pretende es mediante los planos del **Apéndice No. 6** reabastecer tanto el sistema sanitario como el de riego, reutilizando las aguas grises previamente tratadas en la planta de tratamiento de aguas residuales. Cabe mencionar que el ahorro esperado es simbólico, esto se debe a que el precio del agua es relativamente barato. Sin embargo, el porcentaje de agua destinado al riego es representativo, ya que este 32% que se estaría ahorrando dejaría de obtenerse del afluente de la municipalidad y sería obtenido del afluente del pozo de absorción instalado al sur del terreno.

Debido a que el estudio realizado es un ESTUDIO FINANCIERO se obtuvieron los precios del agua dependiendo de la cantidad de m<sup>3</sup>/mes requeridos para el funcionamiento del laboratorio. Según la tabla de precios el rango de consumo de la empresa es entre 60 y 120 metros cúbicos. Por lo que el precio del agua es de Q4.48 + IVA del precio del m<sup>3</sup> + Cargo Fijo + IVA del cargo fijo. Los cálculos se muestran a continuación:

**Tabla 13: Costo del agua utilizada para el riego.**

Agua utilizada en riego (m <sup>3</sup> /mes)	costo por m <sup>3</sup> (IVA incluido)	costo total de agua	Cargo Fijo (IVA incluido)	COSTO TOTAL
33.97	Q5.02	Q170.53	Q17.92	Q188.45

Se puede ver que se incurren en casi Q200 destinados a agua que con la planta de tratamiento se ahorrarían y harían que la empresa velara por el cuidado ambiental.

## **B. RESPECTO A LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS FARMACEUTICOS:**

**1. SOBRE EL ESTUDIO TÉCNICO.** En lo que respecta a la validación del método de producción se puede decir que el objetivo de esta actividad era el de estandarizar un proceso que mostraba ciertas deficiencias; se optó por escoger el proceso de empaque ya que el proceso de producción de grajeas Acetaminofén 500mg. Es un proceso con resultados homogéneos y satisfactorios de acuerdo a las BPM, el proceso ya tiene tiempo y se encuentra en una fase estandarizada.

En lo que concierne al proceso de blisteado, este proceso lo realiza una empresa subcontratada por Mettler laboratorios, Sociedad Anónima. Por lo que el proceso no es interno de la empresa y no se necesita ninguna estandarización. Además según el CG P+L no sugirió invertir en algo que es ajeno de la empresa.

El CG P+L promueve las buenas prácticas de manufactura y para alcanzar estándares de calidades altos se debe de tener un proceso estandarizado y normalizado. Asimismo, se espera que el proceso se encuentre documentado y se tenga cierta expectativa sobre el rendimiento del mismo. El proceso de empaque era un proceso ineficiente que debía de ser estandarizado y normalizado; para ello se hicieron estudios de tiempo, para encontrar los diferentes tiempos muertos y holguras de parte de los operarios.

Primero se procedió a realizar el diagrama de flujo del proceso para determinar los pasos necesarios para el empaque del producto para su posterior venta. Luego se realizaron mediciones durante cinco días de producción para determinar la capacidad de los operarios, sin embargo, se pueden considerar estos tiempos de ciclo promedio como válidos dado que la variabilidad entre cada operario y en la repetición de los mismos procesos es mínima. Para demostrarlo se realizó un análisis estadístico conocido como ANOVA, con un alfa de 0.05 y sus resultados arrojan que la variabilidad entre datos no es significativa. Por lo tanto, se puede asumir que siempre tardarán el mismo tiempo ciclo por proceso, con independencia del operario

Entre los resultados obtenidos se puede ver que en la Tabla 16: el promedio que tarda un operario por paquete es de 43.29 segundos y para terminar un lote es de 5.54 horas; ahora bien, al agregar más operarios el tiempo se reduciría hasta 1.11 horas se tardarían cinco operarios en terminar el lote.

En lo que respecta al corte de etiquetas por lote, la Tabla 17 muestra que un operario se tardaría aproximadamente 6.12 minutos en terminar un lote de producción; aquí se optó por solo proyectar el tiempo de trabajo de un operario ya que el tiempo por paquete es mínimo (0.8 segundos, pues un corte produce más de una etiqueta).

El termo de dos paquetes toma 51 minutos si lo realiza un operario y 25 minutos si lo realizan dos operarios, estos valores se pueden ver en la Tabla 18 del ESTUDIO TÉCNICO DEL MÉTRODO DE PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS FARMACEUTICOS, este proceso solo se tomó con dos operarios porque tener más personal en esta actividad es ilógico ya que se tienen que esperar a que el producto esté listo, el proceso no requiere tanta mano de obra sino una mejora en el equipo. El secado de paquetes lo realiza únicamente un operario, ya que el tiempo total de la actividad es de 3.54 minutos por lo que no se considera oportuno ni rentable tener un operario en dicho proceso.

Finalmente, el colocado de etiquetas por paquete toma 4.87 segundos por operario y se utilizan tres operarios para terminar un lote, el tiempo estimado para la realización de esta actividad es de 12.47 minutos con tres operarios en este proceso. Entre los estudios realizados también se determinaron los tiempos muertos en los que incurrían los operarios a lo largo del día; en el **Apéndice No. 13** se muestran las diferentes tablas con el horario de un operario a lo largo de 5 días laborales y se anotan los tiempos muertos y holguras en los que el operario incurrió, ya sea por falta de equipo, puntualidad, emergencias, etc. En la mayoría de días el operario al cual se analizó tuvo tiempos muertos debido a que muchas veces debía de mover cajas de blísteres del almacén hacia el área de trabajo; todos los días el operario tenía que realizar esta actividad que le quitaba tiempo, la solución sugerida a este problema es que el operario en vez de tener las cajas de blísteres en el almacén, las debería de tener cerca del área de empaque, esto se puede corregir al momento de recibir las mismas, ya no se llevarían al área del almacén, sino que se podrían dejar debajo de las mesas en

donde se realiza el área de empaque. En promedio el operario tiene tiempos muertos de aproximadamente 30 minutos al día.

El objetivo de esta estandarización era mejorar la línea de empaque mediante diagramas de flujo, diagramas bimanuales y tomas de tiempo. Gracias a las herramientas utilizadas se puede decir que la línea de empaque es mejor, ya se conoce la capacidad que se tiene para realizar el empaque del producto por lote pedido. Esta estandarización permite la validación del método de producción de acuerdo a las BPM, ya que regula, normaliza y permite la planificación en la empresa para la producción de lotes y así mejorar el servicio ofrecido y poder tener certeza de la capacidad de producción.

Una pequeña parte del proceso de validación del método de producción de sólidos farmacéuticos era el de atender a las necesidades ambientales, es por ello que la empresa colocó recipientes en donde se marca el tipo de material o desecho industrial destinado al reciclaje. Como se mencionó previamente, el objetivo es el de desarrollar una metodología para tratar los diferentes desechos que se dan en la empresa Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima y reducir de esta manera el impacto ambiental y poder generar un ingreso de capital a la empresa. La empresa ECOTERMO compra los servicios y el dinero recaudado se destinaría al Fondo de los Trabajadores. Por cuestiones de tamaño no se pretende analizar la cantidad de dinero que se espera recaudar, ya que no se tiene como objetivo hacer la validación del método de producción de sólidos farmacéuticos algo rentable, sino se pretende entrar al mercado internacional mediante el TLC para la región de Centroamérica y del Caribe.

Como recomendación sería interesante agregar el mercado al cual la empresa se estaría dirigiendo, esto con el fin de poder realizar un estudio y poder determinar si el mercado al cual se quiere entrar es factible o no. Sin embargo, los motivos de este trabajo de investigación están intrínsecamente relacionados a las validaciones, tanto de la planta de tratamiento de aguas residuales como del método de producción de sólidos farmacéuticos, por lo que el único estudio financiero no pretendía demostrar rentabilidad, sino contextualizar el porcentaje de agua utilizado en riego y que, con la implementación, sería ahorrado.

## VIII. CONCLUSIONES

- La planta de tratamiento de aguas residuales funciona de acuerdo a los parámetros establecidos por el MARN y cumple con los estándares establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 hasta el año 2015.
- La planta de tratamiento de aguas residuales puede operar hasta el año 2020, ya que no cumple con el parámetro de Coliformes Fecales.
- Para futuras tomas de muestra, la empresa acordó con el MARN descartar parámetros como Arsénico, Cadmio, Cianuro total, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo y zinc.
- Con la implementación del sistema de abastecimiento para el sistema de servicios sanitarios y del sistema de riego, la empresa ahorraría aproximadamente un 32% del total de agua ( $34\text{m}^3/\text{mes}$ ) entre los meses de noviembre y abril.
- En el área de empaque relacionada con el método de producción de sólidos farmacéuticos se registraron tiempos muertos mayores de 30 minutos diarios.
- El cuello de botella en el proceso de empaque es el empaquetado de 25 paquetes con hule y etiqueta con 43.29 segundos por paquete.
- El método más eficiente del proceso de empaque es el de corte de etiquetas con 0.80 segundos por paquete.
- La empresa ECOTERMO es la encargada de la recolección y disposición final de los desechos sólidos, materias primas descartadas, producto vencido, producto rechazado y demás desechos que se dan en Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima.

## IX. RECOMENDACIONES

- En cuanto a la planta de tratamiento de aguas residuales se recomienda hacer un estudio de mercado para determinar el crecimiento que tendría la empresa Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima con el fin de determinar la rentabilidad de la inversión.
- Respecto al sistema de abastecimiento de aguas grises para el sistema de servicios sanitarios y del sistema de riego se sugiere implementarlo en un circuito cerrado. Esto con el objetivo de mantener la presión en toda la línea e implementarlo con tuberías de cuatro pulgadas al igual que el resto de drenajes, pasando las líneas por los jardines y agregándole las debidas cajas de registro para detectar las zonas en las que se congestiona el agua (si se llegase a dar el caso).
- Para evitar holguras y tiempos muertos, se recomienda tener un área cercana a la línea de empaque en donde se puedan tener las cajas de los blísteres para evitar que el operario cargue ese peso por la empresa y no se distraiga en el proceso.
- Se recomienda documentar un procedimiento en el cual se determine la cantidad de materia prima necesaria para lograr un lote de producción, sin que el operario tenga que reabastecerse con hules y/o hojas de etiquetas.
- Descartando el hecho que el paso de empaque más veloz era el de corte de etiquetas, la guillotina utilizada no era la adecuada, ya que el filo de la navaja no cumple con los requerimientos mínimos para un funcionamiento estándar. Debido a esto, se sugiere cambiar el equipo y darle el mantenimiento adecuado.

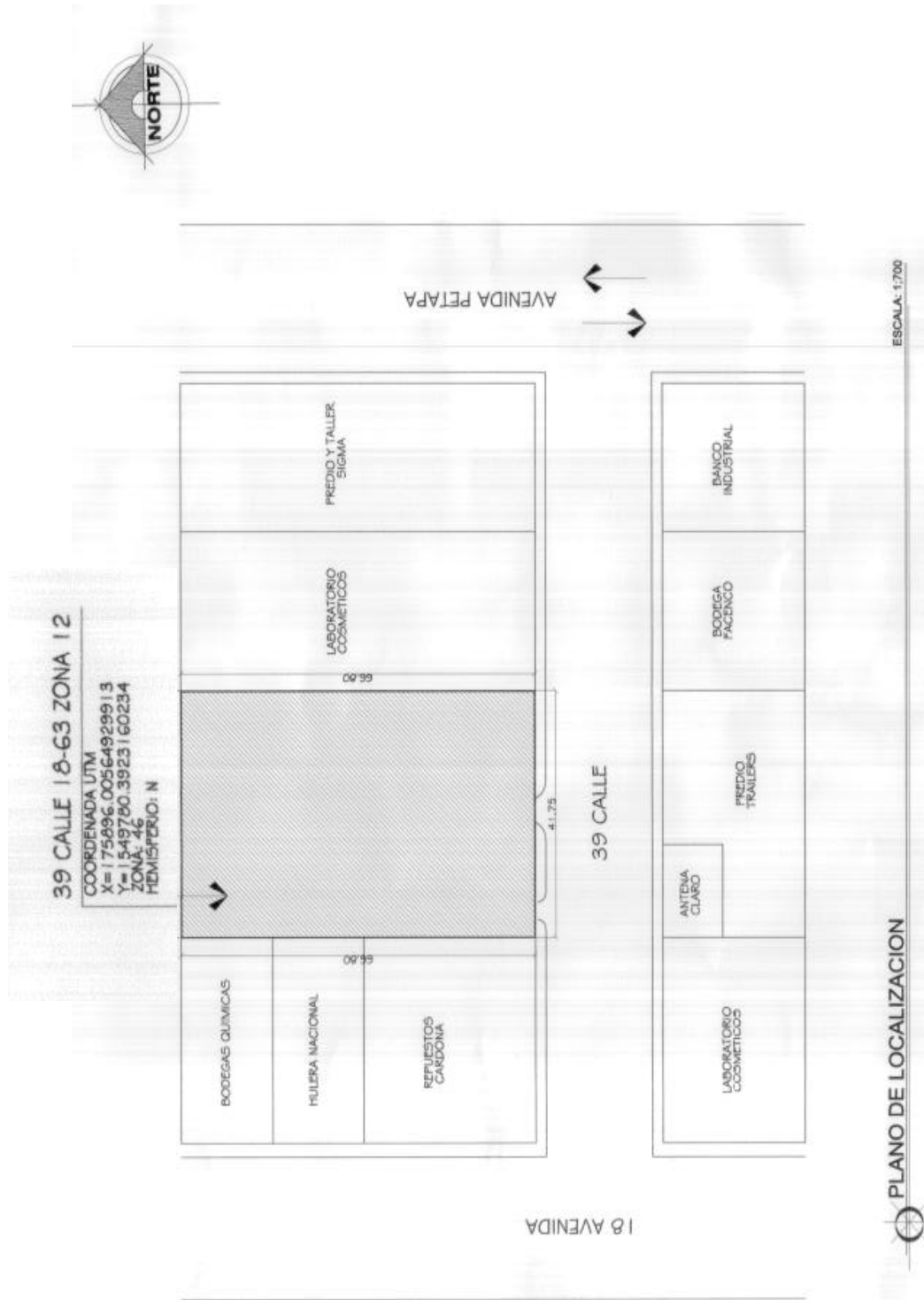
## X. BIBLIOGRAFÍA

- Aguamarket. *Planta De Tratamiento Aguas Residuales*. Web. 04 Feb. 2012. <<http://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=1038>>.
- Berger Perdomo, Oscar, Dary Fuentes, Juan Mario y Arroyave Reyes, Jorge Raúl. 2006. *Ministerio De Ambiente Y Recursos Naturales. Descargas. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006*. Guatemala: MARN.
- DBO Y DQO. *Caracterización De Agua. Ingeniería De Plantas De Tratamiento*. Web. 2 Feb. 2012. <<http://www.oocities.org/edrochac/residuales/dboydgo2.pdf>>.
- Electrigaz Technologies Inc. *Biogás Digestor (Metano e Hidrógeno) Sistemas Sostenible De Energía*. Web. 06 Mar. 2012. <[http://www.electrigaz.com/biogas\\_es.htm](http://www.electrigaz.com/biogas_es.htm)>
- Maquinaria Pro. *Construcción De Fosas Sépticas. Fosas Sépticas: Construcción Y Diseños De Distintas Fosas Sépticas*. Web. 02 Feb. 2012. <<http://www.maquinariapro.com/construccion/fosas-septicas.html>>.
- Monzón Simón, Henry Estuardo. 2009. *Estudio de factibilidad para desarrollar un proyecto turístico en la finca Los 13, ubicada en Quetzaltenango*. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala.
- Niebel, Benjamin y Freivalds, Andris. 2009. *Ingeniería industrial, Métodos, estándares y diseño de trabajo*. Duodécima Edición. Mc Graw Hill Latinoamérica.
- Rototec. *Fosas Sépticas*. Web. 06 Feb. 2012. <<http://www.rototec.com.gt/fosas-s%C3%A9pticas>>.

- Sapag, Nassir. 2007. *Proyectos de inversión formulación y evaluación*. Prentice Hall. Capítulos: 2 (comportamientos de mercado: marco económico y predictivo) 6 (cálculo de beneficios del proyecto).
- Sereco. *Catalogue. Digester Anaerobio Para Lodos*. Web. 02 Feb. 2012. <[http://www.sereco.it/index.php/dir=\\_spa/mod=catalogo/idprod=64](http://www.sereco.it/index.php/dir=_spa/mod=catalogo/idprod=64)>.
- Thoro. *Thoro System Products*. Web. 3 Mar. 2012. <<http://www.thoro.es/material-construccion.do?producte.codiProducte=17>>

# XI. APÉNDICE

## Apéndice No. 1 “Plano de Localización de Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima”



## **Apéndice No. 2 “Resumen de los capítulos del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006”**

- 1. Disposiciones generales:** Este capítulo tiene como objeto proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana. Recuperará los cuerpos receptores de agua en un proceso de eutrofización y de promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada; también menciona que este reglamento debe aplicarse a los entes generadores de aguas residuales, como lo es Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima.
  
- 2. Definiciones:** En este capítulo se establecen los términos utilizados en el acuerdo Gubernativo 236-2006 y los términos sugeridos para lograr la validación mediante un estudio técnico.
  
- 3. Estudio técnico:** Dicho capítulo establece la Información general que el estudio debe contener, esta es:
  - a. Nombre, razón o denominación social.
  - b. Persona contacto ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
  - c. Descripción de la naturaleza de la actividad de la persona individual o jurídica sujeta al presente reglamento.
  - d. Horarios de descarga de aguas residuales.
  - e. Descripción del tratamiento de aguas residuales.
  - f. Caracterización del efluente de aguas residuales, incluyendo sólidos de sedimentación.
  - g. Caracterización de las aguas para re uso.
  - h. Caracterización de lodos a disponer.
  - i. Caracterización del afluente. Aplica en el caso de la deducción especial de parámetros del artículo 23 del presente Reglamento.
  - j. Identificación del cuerpo receptor hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica,
  - k. Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales si aplica.

- I. Enumeración de parámetros exentos de medición y su justificación respectiva.

Asimismo, establece los documentos finales necesarios para validar la planta de tratamiento con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

#### **4. Documentos**

- a) Plano de localización y ubicación, con coordenadas geográficas, del ente generador o de la persona que descarga aguas residuales al alcantarillado público.
- b) Plano de localización y ubicación, con coordenadas geográficas, del o los dispositivos de descarga, para la toma de muestras, tanto del afluente como del efluente. En el caso del afluente cuando aplique.
- c) Plan de gestión de aguas residuales, aguas para reuso y lodos. Las municipalidades o empresas encargadas de prestar el servicio de tratamiento de aguas residuales, a personas que descargan sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, incluirán la siguiente información: el catastro de dichos usuarios y el monitoreo de sus descargas.
- d) Plan de tratamiento de aguas residuales, si se descargan a un cuerpo receptor o alcantarillado.
- e) Informes de resultados de las caracterizaciones realizadas.

**5. Caracterización:** En este capítulo se tratan temas concernientes a los resultados finales, a la caracterización del efluente, la caracterización de los lodos, etc.

#### **6. Parámetros para aguas residuales y valores de descarga a cuerpos receptores:**

En lo que respecta a los parámetros de las aguas residuales se habla de:

- a. Temperatura
- b. Potencial de hidrógeno
- c. Grasas y aceites
- d. Materia flotante

- e. Sólidos suspendidos totales
- f. Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius
- g. Demanda química de oxígeno
- h. Nitrógeno total
- i. Fósforo total
- j. Arsénico
- k. Cadmio
- l. Cianuro total
- m. Cobre
- n. Cromo hexavalente
- o. Mercurio
- p. Níquel
- q. Plomo
- r. Zinc
- s. Color
- t. Coliformes fecales

**7. Parámetros para aguas residuales y valores de descarga al alcantarillado**

**público:** Estos parámetros son los mismos que los mencionados anteriormente; sin embargo, algunos varían en la cantidad evaluada. Cabe destacar que por ser alcantarillado público no aplica a Mettler Laboratorios, Sociedad Anónima, ya que en esta área no existe alcantarillado público, por lo que el efluente de aguas del laboratorio llega a un pozo de absorción.

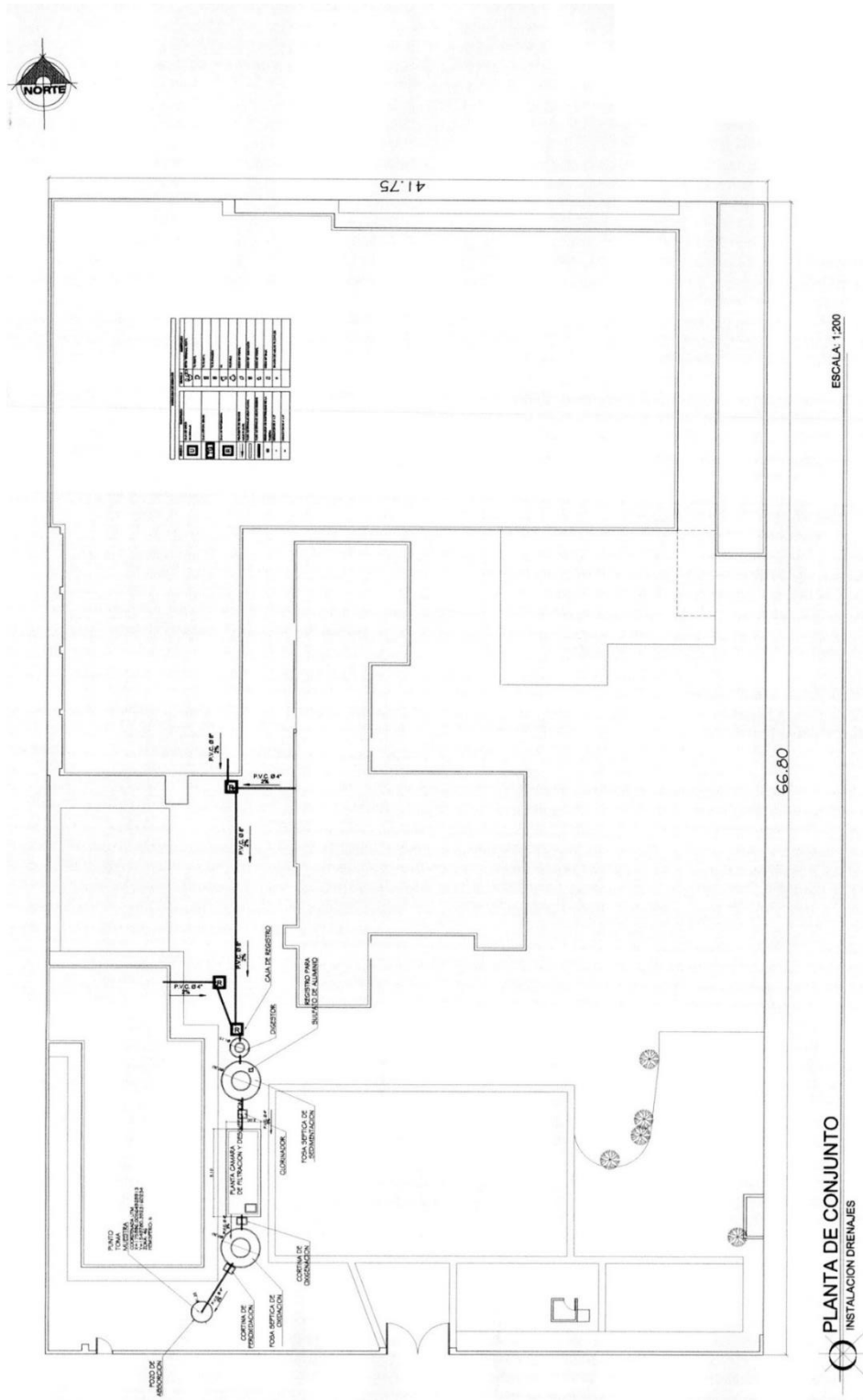
**8. Parámetros de aguas para reuso:** El capítulo siete establece ciertos parámetros para las aguas en reuso, dependiendo la actividad en la que se quiera incurrir para así determinar qué tan rigurosos serán los parámetros.

**9. Parámetros para lodos:** Este capítulo establece parámetros y límites máximos permisibles para lodos, comercialización y contratación de servicios de extracción, manejo o disposición final de lodos.

- 10. Seguimiento y evaluación:** Dicho capítulo trata sobre la frecuencia de la toma de muestras (dos veces al año), la medición del caudal del efluente; asimismo, exige un lugar exclusivo para la toma de muestras, métodos de análisis y muestreo.
- 11. Prohibiciones y sanciones:** Este capítulo se enfoca en mencionar todas las prohibiciones y las sanciones para el ente generador en caso de infringir la ley de aguas o alguno de los artículos del Acuerdo Gubernativo 236-2006.
- 12. Disposiciones generales:** El presente capítulo trata temas concernientes al incumplimiento de los límites máximos permisibles y sus etapas correspondientes, la revisión del reglamento de descargas de aguas residuales, el cumplimiento de las municipalidades y de las personas privadas que descargan a sistemas de tratamiento privados.
- 13. Disposiciones transitorias.** El último capítulo menciona temas como límites aprobados en estudios de evaluación de impacto ambiental, modelo de reducción progresiva de cargas de demanda química de oxígeno, manuales a implementar y finalmente, la vigencia del Acuerdo Gubernativo 236-2006.



Apéndice No. 4 "Detalle de instalación de drenajes".



ESCALA: 1/200

**Apéndice No. 5 “Tabla de límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores”.**

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			2 de mayo de 2011	2 de mayo de 2015	2 de mayo de 2020	2 de mayo de 2024
			Etapa			
			1	2	3	4
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Mg/L	1500	100	50	25	10
Materia flotante	Ausencia/ Presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Mg/L	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	Mg/L	1400	100	50	25	10
Fósforo total	Mg/L	700	75	30	15	10
Potencial de Hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes Fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 <sup>8</sup>	< 1x10 <sup>6</sup>	< 1x10 <sup>5</sup>	< 1x10 <sup>4</sup>	< 1x10 <sup>4</sup>
Arsénico	Mg/L	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Mg/L	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Mg/L	6	3	1	1	1
Cobre	Mg/L	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Mg/L	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Mg/L	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Mg/L	6	4	2	2	2
Plomo	Mg/L	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Mg/L	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500
DBO	Mg/L	3500	1500	750	450	200

TCR = Temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius



### Apéndice No. 7: "Cumplimiento de parámetros por etapas"

Agua residual especial y ordinaria (salida a pozo de absorción)  N: 14°34'41,8"  O: 90°32'50,6"  Altura 1,478 mts. SNM (+/-6)	No. Lab:123129			
Parámetros	Etapa 1 2011	Etapa 2 2015	Etapa 3 2020	Etapa 4 2024
DQO	No hay normativa	No hay normativa	No hay normativa	No hay normativa
DBO (carga)	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple
Grasas y aceites	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple
Materia flotante	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple
Sólidos en suspensión	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple
Nitrógeno total	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple
Fósforo total	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple
pH	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple
Coliformes fecales	Sí cumple	Sí cumple	<b>NO CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>
Temperatura	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple
Color	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple

## Apéndice No. 8 “Limpieza y mantenimiento de la planta de tratamiento”.

<b>PROCEDIMIENTOS DE PLANTA</b>	<b>No.</b>	
Operaciones de Planta	<b>Fecha:</b>	2,012.03.30
<b>Nombre: LIMPIEZA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>		
<p><b>1.- Objetivo:</b> Mantener la planta de tratamiento en óptimas condiciones con el fin de asegurar que las Determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas cumplan con los parámetros establecidos en el Acuerdo <b>Gubernativo 236-2006</b>.</p> <p><b>2.- Responsabilidad de aplicación y alcance:</b> La responsabilidad de aplicar este procedimiento es del departamento de Control de Calidad de Mettler Laboratorios, S.A.- El alcance del proyecto es únicamente para el tratamiento de aguas Residuales de tipo especial y ordinario.</p> <p><b>3.- Definiciones:</b></p> <p><b>Aguas residuales</b> Las aguas que han recibido uso y cuyas cualidades han sido modificadas</p> <p><b>Aguas residuales de tipo especial</b> Las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, Así como la mezcla de las mismas.</p> <p><b>Aguas residuales de tipo ordinario</b> Las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que Se conduzcan a través de un alcantarillado.</p> <p><b>Caja de registro:</b> Cámara receptora de aguas residuales de tipo especial y ordinario, a las cual se le agrega un limpiador Bacteriano.</p> <p><b>Digestor:</b> Cámara de filtración de lodos, grasas y aceites.</p> <p><b>Fosa séptica de sedimentación:</b> Cámara en donde se realiza la floculación y sedimentación</p> <p><b>Clorinador:</b> Dispositivo utilizado para dosificar ion cloro al agua en tratamiento</p> <p><b>Cámara de filtración y desinfección:</b> Cámara que impide el paso de sólidos suspendidos</p> <p><b>Cortina de oxigenación:</b> Bomba utilizada para agregar oxígeno a la línea de tratamiento</p> <p><b>Fosa séptica de oxidación:</b> Cámara donde se lleva a cabo la oxidación de la línea que facilita la floculación de sólidos aún disueltos</p> <p><b>Cortina de peroxigenación:</b> Dispositivo utilizado para dosificar peróxido de hidrógeno a la línea de tratamiento</p> <p><b>Pozo de absorción:</b> Pozo en donde desembocan las aguas tratadas</p>		
Escrito por:	Revisado por:	Aprobado por:
Página 1 de 2		Fecha: 2,012.03.30

**PROCEDIMIENTOS DE PLANTA**

Operaciones de Planta

No.

Fecha:  
2,012.03.3  
0**Nombre: LIMPIEZA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES****4.- Materiales y utensilios:**

- 4.1 Limpiador bacteriano
- 4.2 Sulfato de aluminio
- 4.3 Hipoclorito de calcio
- 4.5 Peróxido de hidrógeno

**5.- Procedimiento:**

- 5.1 En la caja de registro se dosificará el limpiador bacteriano. La frecuencia establecida es una vez al mes (el primer viernes de cada mes) y la cantidad a agregar es de 1.134 kilogramos.
- 5.2 El digestor se limpiará cada 6 meses (2 veces al año). Esto lo efectuará la empresa **Servicios García** (Teléfono: 22552648,58108065)  
A la fosa séptica de sedimentación se le agregan 100 gramos de sulfato de aluminio
- 5.3 una vez por semana (el día viernes)  
Y se vaciará completamente una vez al año, esto lo efectuará la empresa **Servicios García** (Teléfono: 22552648,58108065)
- 5.4 El clorinador dosificará el ion cloro todos los días, la cantidad a dosificar será de 20 a 30 gotas por minuto.
- 5.5 La cámara de filtración de desinfección no utiliza ningún aditivo
- 5.6 La cortina de oxigenación funciona mediante energía eléctrica  
A la fosa séptica de oxidación no utiliza ningún aditivo, esta se vaciará
- 5.7 completamente dos veces por año por la empresa **Servicios García** (Teléfono: 22552648,58108065)
- 5.8 A la cortina de peroxigenación se le dosificarán entre 20 a 30 gotas de peróxido de Hidrógeno por minuto.
- 5.9 El pozo de absorción no necesita mantenimiento de ningún tipo.

**6.- Registros:**

Efectúe los registros en el documento de "Registros de limpieza planta de tratamiento"

**7.- Anexos:**

Cronograma de Limpieza de Planta de Tratamiento

**8.- Nota:**

El calendario bianual esta hecho considerando asuetos y días no laborales.

Escrito por:

Revisado por:

Aprobado por:

Página 2 de 2

Fecha: 2,012.03.30





**Apéndice No. 10 “Registro de limpieza de la planta de tratamiento de aguas  
residuales”.**

Actividad a Realizar: DOSIFICACIÓN DE LIMPIADOR BACTERIANO		
FECHA	NOMBRE	OBSERVACIONES
13/04/12		
04/05/12		
01/06/12		
06/07/12		
03/08/12		
07/09/12		
05/10/12		
09/11/12		
07/12/12		
04/01/13		
01/02/13		
01/03/13		
05/04/13		
03/04/13		
03/05/13		
07/06/13		
05/07/13		
02/08/13		
06/09/13		
04/10/13		
08/11/13		
06/12/13		

Actividad a realizar: LIMPIEZA DIGESTOR		
FECHA	NOMBRE	OBSERVACIONES
14/07/12		
12/01/13		
13/07/13		

Actividad a realizar: LIMPIEZA DE FOSA DE SEDIMENTACIÓN (1)		
FECHA	NOMBRE	OBSERVACIONES
19/01/13		

Actividad a realizar: LIMPIEZA DE FOSA DE OXIGENACIÓN (2)		
FECHA	NOMBRE	OBSERVACIONES
15/06/13		

Actividad a Realizar: DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO		
FECHA	NOMBRE	OBSERVACIONES
13/04/12		
20/04/12		
27/04/12		
04/05/12		
11/05/12		
18/05/12		
25/05/12		
01/06/12		
08/06/12		
15/06/12		
22/06/12		
29/06/12		
06/07/12		
13/07/12		
20/07/12		
27/07/12		
03/08/12		
10/08/12		
17/08/12		
24/08/12		
31/08/12		
07/09/12		
14/09/12		
21/09/12		
28/09/12		
05/10/12		
12/10/12		
19/10/12		
26/10/12		
02/11/12		
09/11/12		
16/11/12		
23/11/12		
30/11/12		
07/12/12		
14/12/12		
21/12/12		
28/12/12		

Actividad a Realizar: DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO		
FECHA	NOMBRE	OBSERVACIONES
04/01/13		
11/01/13		
18/01/13		
25/01/13		
01/02/13		
08/02/13		
15/02/13		
22/02/13		
01/03/13		
08/03/13		
15/03/13		
22/03/13		
29/03/13		
05/04/13		
12/04/13		
18/04/13		
26/04/13		
03/05/13		
10/05/13		
17/05/13		
24/05/13		
31/05/13		
07/06/13		
14/06/13		
21/06/13		
28/06/13		
04/07/13		
12/07/13		
19/07/13		
26/07/13		
02/08/13		
09/08/13		
16/08/13		
23/08/13		
30/08/13		
06/09/13		
13/09/13		
20/09/13		

Actividad a Realizar: DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO		
FECHA	NOMBRE	OBSERVACIONES
27/09/13		
04/10/13		
11/10/13		
18/10/13		
25/10/13		
31/10/13		
08/11/13		
15/11/13		
22/11/13		
29/11/13		
06/12/13		
13/12/13		
20/12/13		
27/12/13		

**Apéndice No. 11 “Cálculo de capacidad de agua en la planta de tratamiento”.**

Cámara	Capacidad (m <sup>3</sup> )
Digestor	1.3
Fosa séptica de sedimentación	8
Cámara de filtración y desinfección	14.28
Fosa séptica de oxidación	8
Tuberías	1
<b>TOTAL</b>	<b>32.58</b>

A pesar de que la capacidad total es de 32.58, la capacidad que se tomará en cuenta es de 30 m<sup>3</sup> ya que no necesariamente tiene que encontrarse llena la planta de tratamiento de aguas residuales.

**Apéndice No. 12 “Tablas de Tiempos de empaque”.**

**Paquetes de 25 blísteres con hule y etiqueta (Promedio por cada operario)**

Mano Izquierda	Símbolo	Tiempo	Orden	Tiempo	Símbolo	Mano derecha
			0:1	0.40	RE	Alcanza primer blíster
			0:1	0.21	GR	Sujeta primer blíster
Sujeta primer blíster	GR	0.20	2:1	0.30	MO	Mueve primer blíster
Sujeta primer blíster	GR	0.20	2:1	0.10	RL	Libera primer blíster
Sujeta primer blíster	GR	0.20	2:1	0.40	RE	Alcanza segundo blíster
Sujeta primer blíster	GR	0.20	2:1	0.20	GR	Sujeta segundo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.33	MO	Mueve segundo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.10	RL	Libera segundo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.21	2:1	0.35	RE	Alcanza tercer blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.15	GR	Sujeta tercer blíster
Sujeta blísteres	GR	0.18	2:1	0.29	MO	Mueve tercer blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.11	RL	Libera tercer blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.45	RE	Alcanza cuarto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.20	GR	Sujeta cuarto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.16	2:1	0.30	MO	Mueve cuarto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.11	RL	Libera cuarto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.45	RE	Alcanza quinto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.20	GR	Sujeta quinto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.21	2:1	0.28	MO	Mueve quinto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.09	RL	Libera quinto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.40	RE	Alcanza sexto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.28	GR	Sujeta sexto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.21	2:1	0.25	MO	Mueve sexto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.21	2:1	0.09	RL	Libera sexto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.18	2:1	0.45	RE	Alcanza séptimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.19	GR	Sujeta séptimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.30	MO	Mueve séptimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.21	2:1	0.09	RL	Libera séptimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.16	2:1	0.40	RE	Alcanza octavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.21	GR	Sujeta octavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.16	2:1	0.29	MO	Mueve octavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.21	2:1	0.11	RL	Libera octavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.18	2:1	0.35	RE	Alcanza noveno blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.18	GR	Sujeta noveno blíster
Sujeta blísteres	GR	0.21	2:1	0.31	MO	Mueve noveno blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.10	RL	Libera noveno blíster
Sujeta blísteres	GR	0.16	2:1	0.35	RE	Alcanza décimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.19	2:1	0.20	GR	Sujeta décimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.36	MO	Mueve décimo blíster

Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.11	RL	Libera décimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.18	2:1	0.35	RE	Alcanza onceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.16	2:1	0.18	GR	Sujeta onceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.28	MO	Mueve onceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.10	RL	Libera onceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.40	RE	Alcanza doceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.19	GR	Sujeta doceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.21	2:1	0.29	MO	Mueve doceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.18	2:1	0.10	RL	Libera doceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.19	2:1	0.35	RE	Alcanza treceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.23	GR	Sujeta treceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.29	MO	Mueve treceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.09	RL	Libera treceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.18	2:1	0.40	RE	Alcanza catorceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.18	2:1	0.19	GR	Sujeta catorceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.19	2:1	0.31	MO	Mueve catorceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.10	RL	Libera catorceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.35	RE	Alcanza quinceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.23	GR	Sujeta quinceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.21	2:1	0.30	MO	Mueve quinceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.10	RL	Libera quinceavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.18	2:1	0.40	RE	Alcanza décimo sexto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.19	2:1	0.19	GR	Sujeta décimo sexto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.32	MO	Mueve décimo sexto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.16	2:1	0.11	RL	Libera décimo sexto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.45	RE	Alcanza décimo séptimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.20	GR	Sujeta décimo séptimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.32	MO	Mueve décimo séptimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.16	2:1	0.11	RL	Libera décimo séptimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.18	2:1	0.40	RE	Alcanza décimo octavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.18	GR	Sujeta décimo octavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.18	2:1	0.31	MO	Mueve décimo octavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.19	2:1	0.10	RL	Libera décimo octavo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.18	2:1	0.40	RE	Alcanza décimo noveno blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.16	GR	Sujeta décimo noveno blíster
Sujeta blísteres	GR	0.19	2:1	0.33	MO	Mueve décimo noveno blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.09	RL	Libera décimo noveno blíster
Sujeta blísteres	GR	0.19	2:1	0.26	RE	Alcanza vigésimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.20	2:1	0.18	GR	Sujeta vigésimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.31	MO	Mueve vigésimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.19	2:1	0.10	RL	Libera vigésimo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.40	RE	Alcanza vigésimo primer blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.20	GR	Sujeta vigésimo primer blíster

Sujeta blísteres	GR	0.19	2:1	0.32	MO	Mueve vigésimo primer blíster
Sujeta blísteres	GR	0.21	2:1	0.09	RL	Libera vigésimo primer blíster
Sujeta blísteres	GR	0.18	2:1	0.35	RE	Alcanza vigésimo segundo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.16	2:1	0.19	GR	Sujeta vigésimo segundo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.29	MO	Mueve vigésimo segundo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.19	2:1	0.10	RL	Libera vigésimo segundo blíster
Sujeta blísteres	GR	0.21	2:1	0.40	RE	Alcanza vigésimo tercer blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.18	GR	Sujeta vigésimo tercer blíster
Sujeta blísteres	GR	0.19	2:1	0.33	MO	Mueve vigésimo tercer blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.10	RL	Libera vigésimo tercer blíster
Sujeta blísteres	GR	0.19	2:1	0.35	RE	Alcanza vigésimo cuarto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.18	GR	Sujeta vigésimo cuarto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.18	2:1	0.30	MO	Mueve vigésimo cuarto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.21	2:1	0.10	RL	Libera vigésimo cuarto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.19	2:1	0.35	RE	Alcanza vigésimo quinto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.16	2:1	0.17	GR	Sujeta vigésimo quinto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.17	2:1	0.34	MO	Mueve vigésimo quinto blíster
Sujeta blísteres	GR	0.22	2:1	0.12	RL	Libera vigésimo quinto blíster
Libera paquete de blísteres	RL	0.25	1:0			

<b>Mano izquierda</b>			<b>Mano derecha</b>
Tiempo efectivo promedio	18.64	24.65	Tiempo efectivo promedio
Tiempo no efectivo promedio	24.65	18.64	Tiempo no efectivo promedio
Tiempo del ciclo promedio	43.29		Tiempo del ciclo promedio

### Corte de etiquetas por lote de cajas (Promedio por cada operario)

Mano izquierda	Símbolo	Tiempo	Orden	Tiempo	Símbolo	Mano derecha
Alcanza 10 hojas	RE	5.10	1:1	5.10	RE	Alcanza 10 hojas
Sujeta y coloca las 10 hojas	GP	4.20	1:1	4.20	GP	Sujeta y coloca las 10 hojas
Posiciona hojas en la cortadora	PP	4.59	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.35	1:2	1.30	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.30	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Alcanza cortes rectangulares	RE	3.19	1:1	3.19	RE	Alcanza cortes rectangulares
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:1	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:1	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.40	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.50	1:1	3.50	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:1	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:1	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Ordena etiquetas	OR	4.70	1:1	4.70	OR	Ordena etiquetas
Traslado a empaque	MO	5.53	1:0			
Se liberan etiquetas en empaque	RL	0.85	1:0			
Alcanza 10 hojas	RE	5.00	1:1	5.00	RE	Alcanza 10 hojas
Sujeta y coloca las 10 hojas	GP	4.10	1:1	4.10	GP	Sujeta y coloca las 10 hojas
Posiciona hojas en la cortadora	PP	4.50	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.30	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.35	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.35	1:2	1.30	AP	Acciona palanca de guillotina
Alcanza cortes rectangulares	RE	3.15	1:1	3.15	RE	Alcanza cortes rectangulares
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.40	1:1	3.40	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.40	1:1	3.40	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.45	1:2	1.30	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.55	1:1	3.55	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.40	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.40	1:1	3.40	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.40	1:2	1.15	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:1	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.25	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina

Ordena etiquetas	OR	4.55	1:1	4.55	OR	Ordena etiquetas
Traslado a empaque	MO	5.40	1:0			

Se liberan etiquetas en empaque	RL	0.90	1:0			
Alcanza 10 hojas	RE	5.10	1:1	5.10	RE	Alcanza 10 hojas
Sujeta y coloca las 10 hojas	GP	4.20	1:1	4.20	GP	Sujeta y coloca las 10 hojas
Posiciona hojas en la cortadora	PP	4.60	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.35	1:2	1.30	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Alcanza cortes rectangulares	RE	3.20	1:1	3.20	RE	Alcanza cortes rectangulares
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.40	1:1	3.40	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.40	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:1	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.40	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.50	1:1	3.50	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:1	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.35	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:1	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.45	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Ordena etiquetas	OR	4.60	1:1	4.60	OR	Ordena etiquetas
Traslado a empaque	MO	5.20	1:0			
Se liberan etiquetas en empaque	RL	0.70	1:0			
Alcanza 10 hojas	RE	5.10	1:1	5.10	RE	Alcanza 10 hojas
Sujeta y coloca las 10 hojas	GP	4.20	1:1	4.20	GP	Sujeta y coloca las 10 hojas
Posiciona hojas en la cortadora	PP	4.55	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.35	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.35	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.30	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Alcanza cortes rectangulares	RE	3.25	1:1	3.25	RE	Alcanza cortes rectangulares
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:1	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.30	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:1	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.35	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.50	1:1	3.50	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:1	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:1	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Ordena etiquetas	OR	4.70	1:1	4.70	OR	Ordena etiquetas

Traslado a empaque	MO	5.60	1:0			
Se liberan etiquetas en empaque	RL	0.90	1:0			
Alcanza 6 hojas	RE	4.75	1:1	4.75	RE	Alcanza 6 hojas
Sujeta y coloca las 6 hojas	GP	4.05	1:1	4.05	GP	Sujeta y coloca las 6 hojas
Posiciona hojas en la cortadora	PP	4.15	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina

Mueve hoja	MO	1.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.35	1:2	1.30	AP	Acciona palanca de guillotina
Mueve hoja	MO	1.30	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Alcanza cortes rectangulares	RE	3.00	1:1	3.00	RE	Alcanza cortes rectangulares
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:1	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.45	1:2	3.45	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.40	1:2	1.25	AP	Acciona palanca de guillotina
Sujeta y coloca 10 cortes	GP	3.50	1:2	3.50	GP	Sujeta y coloca 10 cortes
Posiciona cortes en la cortadora	PP	3.35	1:2	1.20	AP	Acciona palanca de guillotina
Ordena etiquetas	OR	3.95	1:1	3.95	OR	Ordena etiquetas
Traslado a empaque	MO	5.35	1:0			
Se liberan etiquetas en empaque	RL	0.70	1:0			

<b>Mano izquierda</b>		<b>Mano derecha</b>	
Tiempo efectivo promedio	314.51	216.29	Tiempo efectivo promedio
Tiempo no efectivo promedio	52.75	150.97	Tiempo no efectivo promedio
Tiempo del ciclo promedio	367.26		Tiempo del ciclo promedio

### Emplastamiento - Termo de dos paquetes (Promedio por cada Operario)

Mano izquierda	Símbolo	Tiempo	Orden	Tiempo	Símbolo	Mano derecha
			0:1	0.55	GR	Toma dos paquetes
			0:1	1.20	DS	Desenrolla plástico
Estira la bolsa plástica	ES	1.80	1:1	1.80	PP	Posiciona entre el plástico
Ajusta bolsa plástica	AJ	0.65	1:0			
Sujeta bolsa plástica	GR	1.10	1:0			
Presiona con el sellador	PR	1.30	1:1	1.30	GR	Sujeta bolsa plástica
Libera palanca selladora	RL	0.40	1:1	0.40	DE	Desprende bolsa plástica
Separa los dos paquetes	MO	0.35	1:1	0.35	MO	Separa los dos paquetes
Presiona con el sellador	PR	1.45	1:1	1.45	MO	Separa el paquete
			0:1	1.05	GR	Toma paquete restante
Reposiciona paquete	PP	0.35	1:1	0.35	PP	Reposiciona paquete
Presiona con sellador	PR	1.45	1:1	1.45	GR	Sujeta bolsa plástica
			0:1	0.35	DE	Desprende sobrante
			0:1	0.55	MO	Junta dos paquetes
Sujeta ambos paquetes	GR	0.25	1:1	0.25	GR	Sujeta ambos paquetes
			0:1	0.15	RL	Libera producto final a caja

Mano izquierda			Mano derecha
Tiempo efectivo promedio	9.10	11.20	Tiempo efectivo promedio
Tiempo no efectivo promedio	3.85	1.75	Tiempo no efectivo promedio
Tiempo del ciclo promedio	12.95		Tiempo del ciclo promedio

### Secado de paquetes con termo por caja (Promedio por cada operario)

Mano izquierda	Símbolo	Tiempo	Orden	Tiempo	Símbolo	Mano derecha
Traslado de caja a secado	MO	7.35	1:1	7.35	MO	Traslado de caja a secado
Alcanza caja	RE	1.20	1:1	1.20	RE	Alcanza caja
Se agarran paquetes	GR	2.85	1:1	2.85	GR	Se agarran paquetes
Se colocan sobre banda	CB	3.35	1:1	3.35	CB	Se colocan sobre banda
Se liberan	RL	0.45	1:1	0.45	RL	Se liberan
Espera a que pase por banda	UD	2.00	0:0	2.00	UD	Espera a que pase por banda
Espera a que caigan a la caja	UD	0.55	0:0	0.55	UD	Espera a que caigan a la caja
Se ordenan en la caja	OR	4.15	1:1	4.15	OR	Se ordenan en la caja
Se cierra la caja	CC	1.75	1:1	1.75	CC	Se cierra la caja
Se alcanza la caja	RE	2.15	1:1	2.15	RE	Se alcanza la caja
Se traslada a almacén	MO	9.55	1:1	9.55	MO	Se traslada a almacén

Mano izquierda			Mano derecha		
Tiempo efectivo promedio	32.80	32.80	Tiempo efectivo promedio		
Tiempo no efectivo promedio	2.55	2.55	Tiempo no efectivo promedio		
Tiempo del ciclo promedio	35.35		Tiempo del ciclo promedio		

### Colocado de etiquetas por paquete (Promedio por cada operario)

Mano izquierda	Símbolo	Tiempo	Orden	Tiempo	Símbolo	Mano derecha
Alcanza paquete	RE	0.60	1:0			
Sujeta paquete	GR	0.20	1:2	0.55	RE	Alcanza etiqueta
Mueve paquete	MO	0.45	2:1	0.25	GR	Sujeta etiqueta
Libera paquete	RL	0.20	1:0			
Alcanza hule del paquete	RE	0.25	1:0			
Sujeta hule del paquete	GR	0.15	1:0			
Levanta y estira hule	LE	0.40	1:2	0.60	SL	Desliza etiqueta abajo del hule
Libera hule	RL	0.10	2:1	0.15	RL	Libera etiqueta
Sujeta paquete	GR	0.27	1:0			
Mueve paquete	MO	0.50	1:0			
Libera paquete	RL	0.20	1:0			

Mano izquierda			Mano derecha		
Tiempo efectivo promedio	3.32	1.55	Tiempo efectivo promedio		
Tiempo no efectivo promedio	1.55	3.32	Tiempo no efectivo promedio		
Tiempo del ciclo promedio	4.87		Tiempo del ciclo promedio		

### Apéndice No. 13 “Tiempos muertos de un operario (20 al 23 de marzo de 2012)”

Fecha 20/03/2011

Hora	Tiempo muerto (min.)	Descripción
08:00 a.m.	02:00	Operario ingresa tarde a instalaciones
	06:00	Operario debe ir a traer cajas de blísteres al almacén.
10:00 a.m.		
10:20 a.m.	03:00	Operario debe ayudar en movimiento de cajas de blísteres.
01:00 p.m.		
02:00 p.m.	01:00	Operario regresa tarde de almuerzo.
	02:00	Operario recibe llamada de emergencia.
	04:00	Operario realiza llamada de emergencia.
<b>TOTAL</b>	00:18:00	

Fecha 21/03/2012

Hora	Tiempo muerto (min.)	Descripción
08:00 a.m.	11:00	Operario debe ir a traer cajas de blísteres al almacén.
10:00 a.m.		
10:20 a.m.		
01:00 p.m.		
02:00 p.m.	01:00	Operario regresa tarde de almuerzo.
	11:00	Operario deja de operar horno y realiza otras actividades ajenas a la producción.
	06:00	Operario deja de operar horno y realiza otras actividades ajenas a la producción.
<b>TOTAL</b>	00:29:00	

Fecha **22/03/2012**

Hora	Tiempo muerto (min.)	Descripción
08:00 a.m.	07:00	Operario debe ir a traer cajas de blíster al almacén.
10:00 a.m.		
10:20 a.m.	08:00	Operario debe esperar nuevos rollos de plástico.
01:00 p.m.		
02:00 p.m.	01:00	Operario regresa tarde de almuerzo.
	04:00	Operario deja de operar horno y realiza otras actividades ajenas a la producción.
	12:00	Operario acude al llamado del jefe.
<b>TOTAL</b>	00:32:00	

Fecha **23/03/2012**

Hora	Tiempo muerto (min.)	Descripción
08:00 a.m.	09:00	Operario debe ir a traer cajas de blísteres al almacén.
	11:00	Operario debe esperar nuevas etiquetas para cortar.
10:00 a.m.		
10:20 a.m.	04:00	Operario debe esperar nuevas etiquetas para cortar.
01:00 p.m.		
02:00 p.m.	01:00	Operario regresa tarde de almuerzo.
	08:00	Operario realiza otras actividades ajenas a la producción.
	09:00	Operario debe ir a traer cajas de blísteres al almacén.
<b>TOTAL</b>	00:42:00	