



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA OPCIÓN, PARA EL CONTROL DE SÓLIDOS
DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO
DE FRUTOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE MONSANTO, SALAMÁ**

Flavio Adolfo Pinto Quiroa

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Baten Esquivel

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA OPCIÓN, PARA EL CONTROL DE SÓLIDOS
DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO
DE FRUTOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE MONSANTO, SALAMÁ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

FLAVIO ADOLFO PINTO QUIROA

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Baten Esquivel
EXAMINADOR	Ing. José Mario Saravia Molina
EXAMINADOR	Ing. Víctor Roberto Macario Pérez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA OPCIÓN, PARA EL CONTROL DE SÓLIDOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE MONSANTO, SALAMÁ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha noviembre de 2011.



Flavio Adolfo Pinto Quiroa



Guatemala, 18 de julio de 2012.
REF.EPS.DOC.928.07.12

Ingeniera
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales, **Flavio Adolfo Pinto Quiroa**, Carné No. **200517663** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA OPCIÓN, PARA EL CONTROL DE SÓLIDOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE MONSANTO, SALAMÁ”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 18 de julio de 2012.
REF.EPS.D.622.07.12

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA OPCIÓN, PARA EL CONTROL DE SÓLIDOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE MONSANTO, SALAMÁ”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Flavio Adolfo Pinto Quiroa** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo de parte del Asesor-Supervisor de EPS en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
“Id y Enseñad a Todos”

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecón de Serrano
Directora, Unidad de EPS

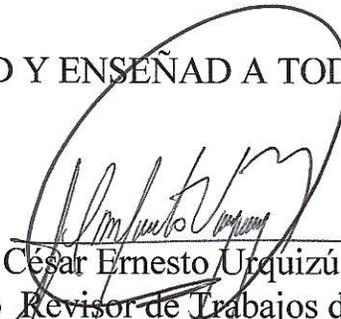


NISZ/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA OPCIÓN, PARA EL CONTROL DE SÓLIDOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE MONSANTO, SALAMÁ**, presentado por el estudiante universitario **Flavio Adolfo Pinto Quiroa**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2012.

/mgp



REF.DIR.EMI.281.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA OPCIÓN, PARA EL CONTROL DE SÓLIDOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE MONSANTO, SALAMÁ**, presentado por el estudiante universitario **Flavio Adolfo Pinto Quiroa**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2013.

/mjp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA OPCIÓN, PARA EL CONTROL DE SÓLIDOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE MONSANTO, SALAMÁ**, presentado por el estudiante universitario: **Flavio Adolfo Pinto Quiroa**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz
Decano



Guatemala, octubre de 2013

ACTO QUE DEDICO A:

Dios padre	Por el don de la vida, dueño del conocimiento.
Mis padres	Flavio Pinto y Mirna Quiroa, por su esfuerzo sacrificado y su ejemplo en mi formación como persona.
Mi hermano	Oscar Pinto, por su apoyo constante y permitirme ser su ejemplo.
Mis amigos	Por hacer de mis años de estudiante una aventura cada día.
Mis maestros	Por ser mi fuente de inspiración, formación y conocimientos.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Casa de estudio que me abrió las puertas y me dio la oportunidad de superación propia.
Escuela Nacional Central de Agricultura	La mejor opción que elegí para iniciar mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por el don de la vida y regalarme inteligencia y voluntad para corresponder a quienes les debo este éxito.
- Mis padres** Flavio Pinto y Mirna Quiroa, por haberme formado como persona y ser la principal razón de mi logro.
- Mi hermano** Oscar Pinto, por el sentimiento único de contar con un hermano siempre.
- Mis amigos** Por todo, el mejor tesoro en mi vida. Yessenia Calderón, Michael Sacalxot, Edin Herrera, Walter Morales, Jonathan Cuevas, Pedro López, Fernando Girón, José Palacios, Wendy Sierra, Linda Gómez, Murga Arriaza, Elmer Roldan y Lesbia Laj.
- Catedráticos y colaboradores de la carrera** Sus conocimientos y su ayuda incondicional: Ing. Miguel Ángel Gutiérrez, Ing. Mauricio Sitún, Lic. Romeo Pérez, Ing. Mario Ovalle, Ing. Guillermo Ruano, Dr. Hugo Cardona, Ing. Jaime Baten, Inga. Anabela Córdova, Ing. Murphy Paiz, Dr. Lauriano Figueroa, Ing. César Urquizú, Inga. Dilma Mejicanos.

1.1.6.4.	Procesamiento de frutos, tratamiento y secado de semillas	9
1.1.6.5.	Limpieza, acondicionamiento y envío de semilla	10
2.	EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA OPCIÓN, PARA EL CONTROL DE SÓLIDOS EN LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE MONSANTO, SALAMÁ	11
2.1.	Diagnóstico de la situación actual	11
2.1.1.	Descripción de la actividad de la Estación Experimental Monsanto, Salamá.....	11
2.1.2.	Diagrama de flujo del procesamiento de frutos	13
2.1.3.	Descripción de las instalaciones de la planta agroindustrial de procesamiento de frutos.....	14
2.1.3.1.	Tipo de edificio	14
2.1.3.2.	Cimientos	15
2.1.3.3.	Paredes	15
2.1.3.4.	Ventanas y puertas.....	16
2.1.3.5.	Pisos y techos	17
2.1.3.6.	Iluminación y ventilación.....	17
2.1.4.	Diagrama de recorrido del procesamiento de frutos	18
2.1.5.	Planos de las instalaciones de Monsanto, Salamá	20
2.1.6.	Descripción del problema de aguas residuales	21
2.1.7.	Análisis de causa-efecto del problema	24
2.1.7.1.	Problema	24
2.1.7.2.	Causas	24

2.2.	Reconocimiento de campo del problema de aguas residuales	27
2.2.1.	Observación de la operación de lavado de las semillas.....	29
2.2.1.1.	Descripción de la metodología de lavado	29
2.2.1.2.	Resultados.....	31
2.2.1.3.	Análisis	31
2.2.2.	Observación de campo de la operación de fermentado del fruto triturado	32
2.2.2.1.	Descripción del proceso	32
2.2.2.2.	Análisis	32
2.2.3.	Mediciones de consumo de agua para diferentes condiciones de fermentación	35
2.2.3.1.	Análisis	37
2.2.4.	Observación del fenómeno de separación de las semillas con un adecuado control de fermentación del fruto triturado.....	38
2.2.4.1.	Planteamiento de una propuesta más eficiente de obtención de la semilla	38
2.2.5.	Planteamiento de una propuesta más eficiente de obtención de las semillas.....	44
2.2.5.1.	Observación de muestras recolectadas de aguas de lavado de semillas.....	44

2.2.5.2.	Caracterización del sobrenadante en aguas residuales de procesamiento de tomates	47
2.2.6.	Análisis técnico de laboratorio, para la determinación de reducción de parámetros, asociados a sólidos en suspensión	51
2.3.	Propuesta de estructuras físicas para la retención del agua de proceso y poder separar los sólidos.....	54
2.3.1.	Utilización de los drenajes de la planta	54
2.3.2.	Construcción de un estanque de retención	55
2.3.3.	Decisión de alternativa	56
2.4.	Diseño de estructura y funcionamiento de un estanque de retención.....	57
2.4.1.	Representación tridimensional del área considerada para la ubicación de los tanques para el control de sólido	63
2.4.2.	Ubicación de tanques de control de sólidos, en el área propuesta para la construcción.....	64
2.4.3.	Diseño preliminar de estanques	66
2.4.4.	Representación de detalles finales.....	68
2.5.	Construcción de un prototipo de estanque de retención de agua	70
2.5.1.	Ubicación del prototipo para la prueba.....	71
2.5.2.	Acondicionamiento del área de construcción del prototipo	73
2.5.3.	Excavación de agujero de estanque.....	76
2.5.4.	Ejecución de la prueba de retención de agua de proceso.....	80

2.5.5.	Toma de las muestras para análisis de laboratorio.....	81
2.5.6.	Resultados de la prueba de campo con el estanque prototipo	83
2.5.7.	Resultado de laboratorio de las muestras	84
2.5.8.	Análisis	87
2.6.	Análisis financiero de evaluación de una opción para solución del problema de aguas residuales.....	89
2.7.	Conclusiones generales de la investigación de campo	91
2.8.	Propuesta integral para el control de sólidos en las aguas residuales	92
2.8.1.	Control de condiciones de proceso de fermentación.....	92
2.8.2.	Trabajo en línea.....	94
2.8.3.	Análisis de productividad de la propuesta, para organización de trabajo	96
2.8.4.	Análisis económico de la implementación de la nueva propuesta de procesamiento.....	101
2.8.5.	Resultados esperados con el uso del método mejorado para el procesamiento de frutos	104
2.8.6.	Distribución y adecuación de los espacios de la planta de procesamiento.....	104
2.8.7.	Construcción de una estructura física para retención de agua de un día de proceso	105
2.8.8.	Manejo de sólidos recuperados.....	107

3.	ELABORACIÓN DE UN PLAN DE CONTINGENCIA, CONTRA SISMOS Y TERREMOTOS PARA LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS, DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE MONSANTO, SALAMÁ	109
3.1.	Marco teórico.....	109
3.2.	Instituciones guatemaltecas que rigen el control de desastres por sismos	115
3.2.1.	Legislación guatemalteca relacionada con sismos o terremotos	116
3.2.2.	Desastres de la zona.....	116
3.2.3.	Tipo de daños colaterales por sismos a la que esta expuesto el personal de la planta de procesamiento de la estación	117
3.3.	Plan de contingencia contra sismos para la planta de procesamiento, de la Estación Experimental Monsanto, Salamá	119
3.3.1.	Procedimientos de prevención	120
3.3.2.	Procedimiento de acción	121
3.3.3.	Procedimiento de recuperación.....	126
3.4.	Señalización de la planta de procesamiento	129
3.4.1.	Dimensión.....	129
3.4.2.	Ubicación de las señales.....	131
4.	FASE ENSEÑANZA APRENDIZAJE	135
4.1.	Programación de capacitaciones	135
4.2.	Formato de evaluación.....	137
4.2.1.	Aspectos didácticos.....	137
4.2.2.	Aspectos logísticos.....	139

4.3.	Análisis de capacitaciones realizadas según el programa	141
4.3.1.	Análisis de la capacitación de primeros auxilios y RCP	143
	CONCLUSIONES	147
	RECOMENDACIONES	149
	BIBLIOGRAFÍA	151
	ANEXOS	153

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de Departamento de Producción de Monsanto, Salamá.....	3
2.	Esquema de ubicación de la finca, donde opera la estación experimental	5
3.	Esquema de la metodología empleada para la producción de semillas bajo invernadero	7
4.	Esquema del diagrama de proceso de obtención de semillas	10
5.	Esquema gráfico del trabajo realizado en la estación experimental de Monsanto, Salamá	12
6.	Diagrama de flujo de procesamiento de frutos.....	13
7.	Fotografía de las instalaciones de procesamiento de frutos	15
8.	Fotografías de paredes posteriores y cimientos de las columnas.....	16
9.	Fotografías de las puertas frontales y las ventanas posteriores	16
10.	Fotografía del techo y piso de las instalaciones.....	18
11.	Diagrama de recorrido de la operación de obtención de la semilla.....	19
12.	Esquema de los planos topográficos de Monsanto, Salamá.....	20
13.	Agua de lavado de semillas, con coloración roja debido a los sólidos en suspensión.....	22
14.	Esquema demostrativo del problema de deposición de sólidos, provenientes del agua de procesamiento de frutos, al ambiente.	23
15.	Diagrama de Causa y Efecto del problema de presencia de sólidos en aguas residuales de procesamiento.....	26

16.	Esquema de sistema general de procesamiento de frutos y obtención de semillas	27
17.	Esquema de estudio hacia atrás en las operaciones de obtención de semilla, primera etapa	28
18.	Diagrama de flujo de lavado de semillas	30
19.	Esquema de segunda etapa de investigación de campo.....	31
20.	Cronograma de operaciones correspondiente a la semana de la evaluación del grado de fermentación.	34
21.	Resultados de la prueba 1	36
22.	Resultados de prueba 2.....	37
23.	Esquema de secuencia de la prueba de precipitación de las semillas.....	39
24.	Fotografía de recipiente empleado para la prueba	40
25.	Fotografía de modificación de recipiente para prueba.....	41
26.	Fotografía de recipiente modificado para la prueba	42
27.	Precipitación de las semillas al fondo del recipiente.....	43
28.	Fotografía de producto obtenido con la prueba de lavado de la semilla	43
29.	Fotografía de la probeta 1; transcurridos 20 minutos y 1 hora de reposo.....	45
30.	Fotografía de la probeta 1, 2 horas después de la colecta.....	46
31.	Fotografía de la probeta 1, con agua de proceso recolectada a las 17 horas después de la colecta	47
32.	Fotografía de vista lateral y desde abajo del fenómeno de flotación de los sólidos del agua de proceso	48
33.	Fotografía de consolidado formado por los sólidos, en flotación, del agua de procesamiento	49
34.	Fotografía de consolidado formado por los sólidos, en flotación, del agua de procesamiento	49

35.	Propuesta preliminar de estructura en interior	55
36.	Propuesta preliminar de estructura para retención de agua de proceso, fuera de la planta.....	56
37.	Cuadro comparativo para la decisión de la alternativa	57
38.	Descripción gráfica de un estanque como alternativa física.	58
39.	Dimensiones propuestas de estanque de retención	59
40.	Secuencia gráfica de funcionamiento práctico del sistema de tanques de sedimentación	60
41.	Representación gráfica vista de planta del área propuesta, para la ubicación, sin escala	61
42.	Representación gráfica, vista de planta, del área que utilizaría la estructura, sin escala	62
43.	Representación gráfica, vista de planta, del bosquejo de diseño de los tanques, sin escala.....	62
44.	Vista de planta del área propuesta, situación actual, representación a escala.....	63
45.	Vista lateral y frontal del área propuesta, situación actual, representación a escala.....	64
46.	Vista de planta, de la ubicación de los estanques de retención de sólidos, en el área propuesta	65
47.	Representación de los estanques, en una fotografía del área real propuesta.....	65
48.	Superposición de una representación de los tanques propuestos en una fotografía del área real.....	66
49.	Vista de planta, diseño preliminar de estanques, representación tridimensional a escala sin acotar	67
50.	Vista en perspectiva de diseño de estanque, representación tridimensional a escala, sin acotar	67

51.	Detalles finales de instalaciones necesarias, como tuberías y caminamientos	68
52.	Representación tridimensional de sistema de control de sólidos, acotado.....	69
53.	Prueba de separación de sólidos, muestra puntual de 5 galones.	70
54.	Esquema de la ubicación del prototipo de estanque para prueba de separación de sólidos	71
55.	Representación del agujero que sirva para retener el agua de proceso.....	72
56.	Fotografía de trabajo de habilitación de acceso al área de construcción del estanque	73
57.	Fotografía del traslado de materiales para moldear las gradas de la ruta de acceso	74
58.	Fotografía de la formación de las gradas con la madera de desecho de los invernaderos desarmados	75
59.	Fotografía de colocación de línea de vida en ruta de acceso al área de construcción del estanque prototipo	76
60.	Fotografía de la excavación del estanque	77
61.	Fotografía de la colocación del plástico en la estructura de retención.....	77
62.	Fotografía de construcción de un caminamiento para toma de muestras.....	78
63.	Fotografía de la prueba preliminar de capacidad de retención del estanque.....	79
64.	Fotografías de la captación del agua de proceso	80
65.	Fotografías aguas en reposo al día siguiente de la captación.....	81
66.	Fotografías de la toma de muestra continua, de la salida de procesamiento de frutos	82

67.	Fotografías de toma de muestra de la salida de agua del estanque de retención de agua de proceso	82
68.	Fotografías de las muestras recolectadas para el análisis de laboratorio	83
69.	Fotografía de correcta preparación de muestras para su envío a los laboratorios	84
70.	Análisis porcentual de las variaciones en los parámetros ambientales de las muestras de aguas residuales	87
71.	Resultados obtenidos comparados con los límites establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 (06/05/2006), para evaluar su cumplimiento	88
72.	Propuesta de organización del trabajo para normalizar los tiempos de proceso de fermentación.	93
73.	Esquema de propuesta dentro de la planta de proceso que permita controlar los factores de fermentación	94
74.	Esquema ilustrado del flujo de procesamiento en línea	95
75.	Cuadro de tiempos promedio cronometrados	96
76.	Balance de líneas para método actual	97
77.	Balance de líneas método mejorado	99
78.	Esquema de equipo motorizado como alternativa para mejorar la operación de abastecimiento en el procesamiento	100
79.	Esquema de las modificaciones necesarias para la correcta operación de la banda transportadora	101
80.	Análisis de la productividad de la operación de traslado	102
81.	Análisis económico de los costos actuales de traslado de materia prima	102
82.	Análisis económico de los costos actuales de traslado de materia prima	103

83.	Esquema ilustrativo de ordenamiento y señalización de las áreas de trabajo.....	105
84.	Esquema de construcción de estanque con dimensiones máximas permitidas por la topografía del área.....	106
85.	Esquema ilustrativo de la integración de todas las propuestas	107
86.	Fotografía de la deposición de sólidos en aboneras	108
87.	Mapa de riesgo de terremoto.....	109
88.	Cuadro de grado de efecto según escala de Richter.....	110
89.	Mapa de convergencia de placas tectónicas	111
90.	Mapa de zonas sísmicas	112
91.	Catálogo sísmico para Guatemala, sismos de magnitudes Mb entre 4 y 5.....	113
92.	Catálogo sísmico para Guatemala, sismos de magnitudes Mb entre 5 y 6.....	114
93.	Número de sismos por década registrados en Guatemala para el período de instrumentación.	115
94.	Ilustración de riesgos externos de la planta.....	118
95.	Ilustración de riesgos y posibles daños colaterales en planta de procesamiento durante un sismo.	118
96.	Distancias de apreciación de señalización en distribución ideal de la planta de procesamiento	131
97.	Esquema de colocación de señalización de evacuación 1	132
98.	Esquema de colocación de señalización de evacuación 2.....	132
99.	Esquema de señalización de salidas de emergencia y orientación a puntos seguros.....	133

TABLAS

I.	Resultados de laboratorio para muestra puntual de aguas de proceso, reposada.....	52
II.	Resultados de laboratorio para muestra puntual de aguas de proceso, sin reposo.	53
III.	Datos de los resultados de laboratorio, de los factores ambientales evaluados.....	85
IV.	Condiciones referenciales de la toma de muestras.....	86
V.	Cuadro de costos de implementación de prototipo de opción de control de sólidos.	89
VI.	Continuación de cuadro de costos de implementación de prototipo de opción de control de sólidos.....	90
VII.	Instituciones guatemaltecas que rigen el control de desastres por sismos.....	116
VIII.	Tipo de desastres a los que se encuentra expuesta el área de procesamiento.	117
IX.	Formato de procedimiento de prevención.....	120
X.	Formato de procedimiento acción.....	121
XI.	Formato de procedimiento recuperación.....	126
XII.	Ejemplo de dimensiones mínimas de las señales para protección civil.....	130
XIII.	Programación de capacitaciones en la Estación de Monsanto, Salamá.....	136
XIV.	Formato evaluación individual del curso de capacitación.....	138
XV.	Formato evaluación individual del curso de capacitación.....	140
XVI.	Resultados de evaluación didáctica.....	141
XVII.	Resultados de evaluación logística.....	144

GLOSARIO

Caracterización de un efluente o un afluente	La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo el 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.
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 (DBO)	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.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	La medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en 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 y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor.
Mejoramiento genético	Es el arte y la ciencia de incrementar la productividad, la resistencia a agentes abióticos y bióticos, y otras cualidades a especies vegetales domésticas por medio de los cambios en el genotipo (la constitución genética) de los individuos. Como disciplina científica está basada en las leyes de la herencia, la genética cuantitativa y la genética de poblaciones
Mucilago	Sustancia vegetal viscosa, coagulable al alcohol, semejante a la goma que se encuentra en las semillas de algunos vegetales.
Parámetro de calidad asociado	El valor de concentración de demanda bioquímica de oxígeno, expresado en miligramos por litro, que determina la condición del efluente y se aplica en el modelo de reducción progresiva de cargas.
Pulpa	Parte carnosa y tierna de las frutas o legumbres, parte interior comestible.

Puré fermentable

Es el conglomerado de los sólidos muy finos que están suspendidos en las aguas residuales del lavado de semillas, y que conforman el sobrenadante formado en el proceso de flotación.

Precipitado

Componente de una mezcla de mayor densidad, que es propenso a descender al fondo del volumen total de una solución.

Sobrenadante

Es la fase de una mezcla, que posee menor densidad y que se acumula en la parte superior del volumen total de la solución.

Tratamiento de aguas residuales

Cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.

RESUMEN

La Estación Experimental de Monsanto, ubicada en el municipio de Salamá, Baja Verapaz, es parte de la sección específica de la empresa, que se dedica a la producción de semillas que aún se encuentran en un proceso de evaluación, previo a convertirse en semillas comerciales o de venta, para los agricultores de todo el mundo que son los clientes objetivo.

Como resultado de la producción de estas semillas se obtiene dos salidas de proceso de residuos vegetales, una salida de sólidos, que lo constituyen los restos de pulpa que fueron separados en el proceso de lavado de las semillas y otra salida líquida que lo constituye un efluente del mismo lavado, las cuales actualmente no son tratadas antes de depositarlas al ambiente.

Los sólidos resultantes de proceso son depositados en un área específica, al aire libre, la cual se encuentra aislada del resto de las instalaciones de producción, con el objetivo de ser deshidratada por efecto de la energía solar y que se incorpore al suelo para mejorar las condiciones edáficas del área.

Las aguas residuales del proceso son vertidas sin ningún control en un riachuelo que cruza las instalaciones, el cual está siendo afectado, debido al elevado contenido de material orgánico en suspensión, presente en el efluente. Estudios ambientales realizados años anteriores revelan un descontrol en uno de los parámetros que el Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, establece en el artículo 19 del mismo.

Durante la etapa del desarrollo del EPS, de la Facultad de Ingeniería, se realizó una investigación preliminar de la problemática, en la cual se realizó un reconocimiento de algunos elementos del proceso de obtención de semillas, que se consideraron opciones viables para mejorar la emisión de sólidos al ambiente, obteniendo resultados favorables, encaminados hacia una reducción del problema, los cuales se evidencian en este trabajo de práctica titulado Evaluación e implementación de una opción para el control de sólidos de las aguas residuales de la planta agroindustrial de procesamiento de frutos en la Estación Experimental de Monsanto, Salamá, los resultados expuestos se midieron durante la continuidad del proceso de producción, obteniendo datos de carácter único, los cuales fueron determinados por laboratorios FQB de Guatemala, quienes emplean la tecnología necesaria para su certificación.

También se realizó la propuesta de una estructura para separar los sólidos en suspensión, comprobando su efectividad a través de la construcción de un prototipo, a pequeña escala, en las instalaciones de la estación.

En control de riesgos se elaboró un plan de contingencia contra sismos y terremotos, en el área de procesamiento de frutos.

OBJETIVOS

General

Evaluar el efluente de aguas residuales, derivado del procesamiento de frutos en la Estación Experimental de Monsanto, Salamá y proponer opciones para su control, así también proponer un plan de contingencia contra sismos.

Específicos

1. Cuantificar los volúmenes de aguas residuales depositadas y la cantidad de sólidos en suspensión que conducen.
2. Identificar los indicadores de contaminación, que no cumplen con la norma guatemalteca del Acuerdo Gubernativo 236-2006 de deposición de aguas residuales.
3. Determinar alternativas de control, dentro del proceso, para reducir las descargas al ambiente.
4. Evaluar el método de separación por diferencia de densidades, para extraer lo sólidos en suspensión del efluente de las aguas residuales.
5. Definir un plan para el control de sólidos, en las aguas residuales de procesamiento de frutos y verificar la existencia de un plan de contingencia contra sismos y terremotos para la planta de procesamiento de frutos.

INTRODUCCIÓN

Como política fundamental de Monsanto, está el cumplimiento de todas las normas y legislaciones, existentes en cada país, región o comunidad, en la que realice cualquier actividad comercial o científica, y para Guatemala esta política no es una excepción.

Las aguas residuales que actualmente se depositan al ambiente sin ningún tratamiento, contienen cantidades altas de sólidos en suspensión, lo que ocasiona una alteración a la ecología de un riachuelo que cruza las instalaciones, y que constituye el cuerpo receptor de este efluente, proveniente de los diferentes procesos de obtención de semilla. En el tramo del riachuelo que cruza las instalaciones, se encuentran hábitats de cangrejos, mariposas y armados.

Este tipo de deposiciones está normado en un reglamento de descargas, de aguas residuales, el cual contempla un listado de parámetros ambientales que deben controlarse en este tipo de descargas. Análisis de agua anteriores al estudio, realizado durante el Ejercicio Profesional Supervisado, registran cargas menores o iguales a tres mil kilogramos por día, de materia orgánica, cumpliendo lo permisible, pero registran valores mayores a doscientos miligramos por litro en el parámetro de calidad asociado, alcanzando los 2 171 miligramos de oxígeno por litro, cuando la normativa establece un máximo de 250 miligramos de oxígeno por litro.

Toda esta deposición se deriva de las actividades de procesos unitarios existentes dentro de la producción de semillas, como el procesamiento de

frutos, lavado y tratamiento de semillas, por lo que se realizó una evaluación de carácter preliminar, con lo cual se determinó que no existe un control de aguas residuales y se propuso una opción de solución al problema, a través del presente proyecto de investigación-acción, el cual tuvo como uno de sus alcances, llevar a cabo la implementación de un prototipo de separador, que logró reducir en una cantidad significativa los porcentajes de sólidos en suspensión del efluente, de la planta agroindustrial de procesamiento de frutos.

De la misma manera esta investigación-acción permitió establecer que la estación experimental de Monsanto tampoco cuenta con un plan de contingencia contra sismos y terremotos, específico para el área de procesamiento de frutos, por lo que también se propone un plan que contiene todas las medidas de seguridad que deben tomarse, para salvaguardar la integridad física del personal, así como minimizar los riesgos de producción de la empresa.

Los resultados del presente Ejercicio Profesional Supervisado, son considerados preliminares, debido a la dificultad para realizar suficientes repeticiones de los fenómenos estudiados, y así generar un análisis estadístico de los mismos, sin embargo, los datos obtenidos para los análisis provienen de laboratorios especializados contratados por la empresa, los cuales aparecen detallados en las páginas siguientes.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA MONSANTO

1.1. Identificación de la empresa

Para identificar una empresa, es necesario realizar un diagnóstico donde se estudien algunos componentes que forman parte de la estructura fundamental de cada una, como su historia, organización y operaciones.

1.1.1. Reseña histórica

Monsanto fue fundada en 1901 en St. Louis, Missouri por John Francis Queeny, la compañía recibió por nombre el apellido de su esposa, Olga Méndez Monsanto, el primer producto de Monsanto, la sacarina, fue enviada en su totalidad en 1905 a una compañía de bebidas llamada Coca-Cola, que iniciaba sus operaciones por estas fechas. Desde allí hasta los años 70's se mantiene en el negocio de los productos químicos al mando del hijo de John Queeny.

En 1976 se comienza a comercializar el herbicida Roundup, que pasaría a convertirse en el más vendido del mundo y el más grande éxito en la historia de la compañía. En 1981 se estableció la biotecnología como el foco de investigación estratégico y desde entonces comenzó la carrera por el desarrollo de productos agrícolas genéticamente mejorados.

En los últimos años Monsanto Company ha sido un proveedor líder global de soluciones tecnológicas y productos agrícolas que mejoran la productividad agropecuaria y la calidad de los alimentos. Monsanto sigue centrado en permitir a los agricultores, tanto pequeños como grandes productores, a producir más

en su tierra, mientras que vela por la conservación de los recursos naturales del planeta, tales como agua y energía..

Monsanto llega a Guatemala a través de la adquisición de la empresa Seminis y De Ruiters Seeds, quienes tienen operaciones en el país y que se dedica al mejoramiento genético de vegetales, como hortalizas y frutas, creando así la parte de la compañía denominada Monsanto Vegetable Seed “www.monsantovegetableseeds.com”, con presencia en Guatemala, en 2 ubicaciones, Seminis de Salamá y De Ruiters Seeds en Jalapa. Con esta adquisición, Guatemala se une a la lista de 36 países donde el área de vegetales de Monsanto tiene presencia.

En la actualidad Monsanto ofrece a los productores en el mundo, de más de 4 000 variedades de semillas diferentes de vegetales que representan a más de 20 especies. “monsantovegetableseed.com”.

1.1.2. Misión

“Ser reconocidos como la compañía que mejora la calidad de vida a través de nuestras innovaciones en la agricultura”. “Políticas de Monsanto”.

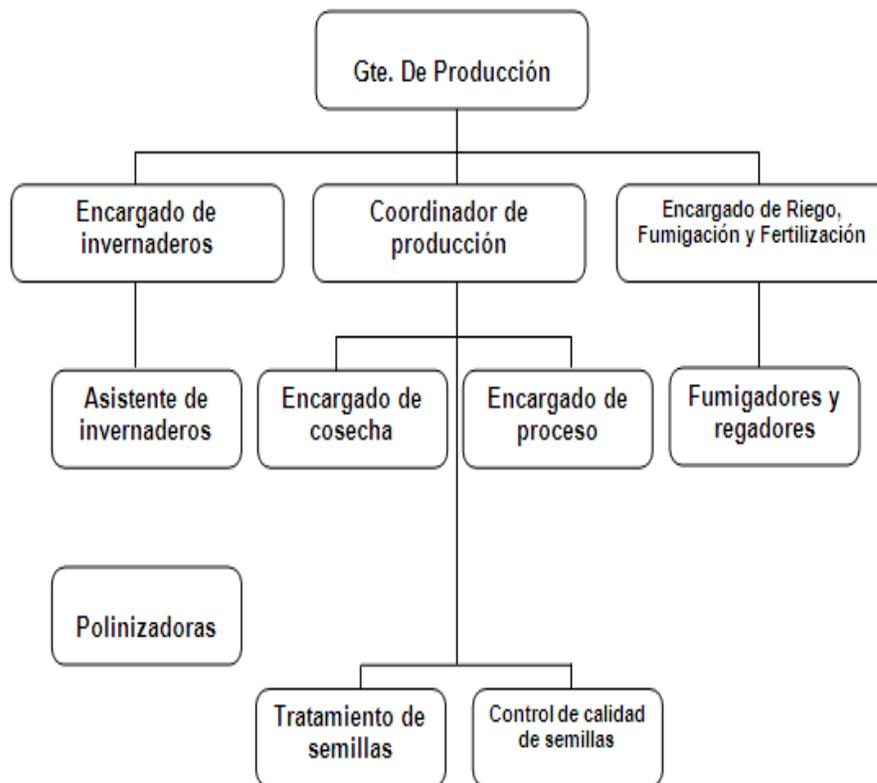
1.1.3. Visión

“Satisfacer las crecientes necesidades de alimentos, fibras y biocombustibles, logrando la preferencia de nuestros clientes y contribuyendo a construir una región Latino Americana más sustentable”. “Políticas de Monsanto”.

1.1.4. Estructura organizacional

La empresa Monsanto, para su funcionamiento alrededor del mundo, replica su estructura con los siguientes organismos o unidades administrativas: gerente de producción, coordinador de producción, encargado de invernaderos y mantenimiento, encargado de fertilización y fumigaciones y bajo estos puestos la organización descrita en la figura 1.

Figura 1. Organigrama de Departamento de Producción de Monsanto, Salamá



Fuente: Arriola L., 2009. (7).

1.1.5. Localización e infraestructura

La finca en la cual desarrolla su actividad la Estación Experimental, se encuentra ubicada en la dirección, 6ª av. 6-26 zona 2 Barrio Agua Caliente, Salamá, en el departamento de Baja Verapaz

1.1.5.1. Descripción de las instalaciones

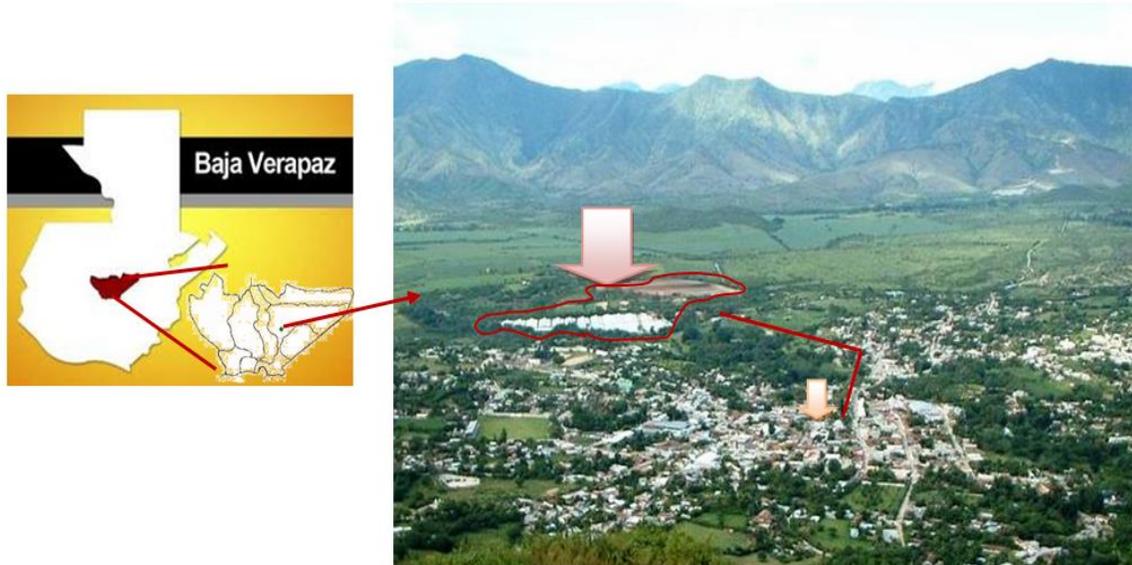
La estación de Monsanto de Salamá, es un área dedicadas únicamente a la investigación y el desarrollo de nuevas características y variedades en las semillas de vegetales, para lo cual hace uso de las siguientes instalaciones:

- Invernaderos de producción de vegetales, con estructuras metálicas y cubierta de polietileno.
- Área de secado de sustratos, al aire libre.
- Área de calderas para la desinfección de sustratos.
- Área de almacenes y acondicionamiento de materiales de producción
- Área de procesamiento de frutos y tratamiento de semillas.
- Oficinas administrativas para la coordinación de los procesos productivos, recepción y envío de semillas. (ver figura 82 en apéndice).

1.1.5.2. Ubicación y plano de las instalaciones

La ubicación de la finca es céntrica, como se muestra en la figura 2, donde se muestra con número 1, el centro de la ciudad, y con número 2, las instalaciones de la estación de Monsanto, en la cual se distinguen 2 áreas grandes, una de color blanco, que es el área de invernadero, y otra color marrón, que es el área de producción a campo abierto.

Figura 2. **Esquema de ubicación de la finca, donde opera la estación experimental**



Fuente: ciudad de Salamá, foto tomada desde Cerro Quemado.

1.1.6. Actividades que se desarrollan en la Estación Experimental de Monsanto, Salamá

En la estación de producción de Monsanto, ubicada en Salamá, se produce semilla de vegetales que han sido genéticamente mejoradas, que aún están en una etapa de investigación y desarrollo, denominada precomercial.

1.1.6.1. Mejoramiento genético

La base de la producción de semillas mejoradas de Monsanto es la herencia genética, la cual se logra a través de cruzamiento de dos individuos con características específicas, de la cual se espera que el individuo resultante del proceso de reproducción, contenga características de ambos padres que en

conjunto den respuesta a necesidades de resistencia y productividad, para los productores agrícolas quienes constituyen los clientes finales. Para poder lograr este objetivo, es necesario un proceso que puede tardar varios años de trabajo en investigación, hasta lograr una semilla mejorada, donde cada generación de individuos se estudia e ingresa al banco de semillas de Monsanto.

Las especies vegetales trabajadas en la estación de Monsanto Salamá, son principalmente solanáceas, Tomate (*Lycopersicum esculentum*), Chile (*Capsicum annuum*); también cucurbitáceas como melón (*Cucumis melo*), ayote (*cucúrbita pepo*), sandía (*Citrullus lanatus*), pepino (*Cucumis sativus L.*). De cada especie se trabajan diferentes variedades, y cada variedad se encuentra en diferente estado, de un programa particular de mejoramiento.

En la estación se garantiza el crecimiento y reproducción de todos estos materiales, con planes de manejo agronómicos especialmente diseñados, así como la recolección de los frutos y la obtención de la semilla que es el producto final de todo el proceso de producción.

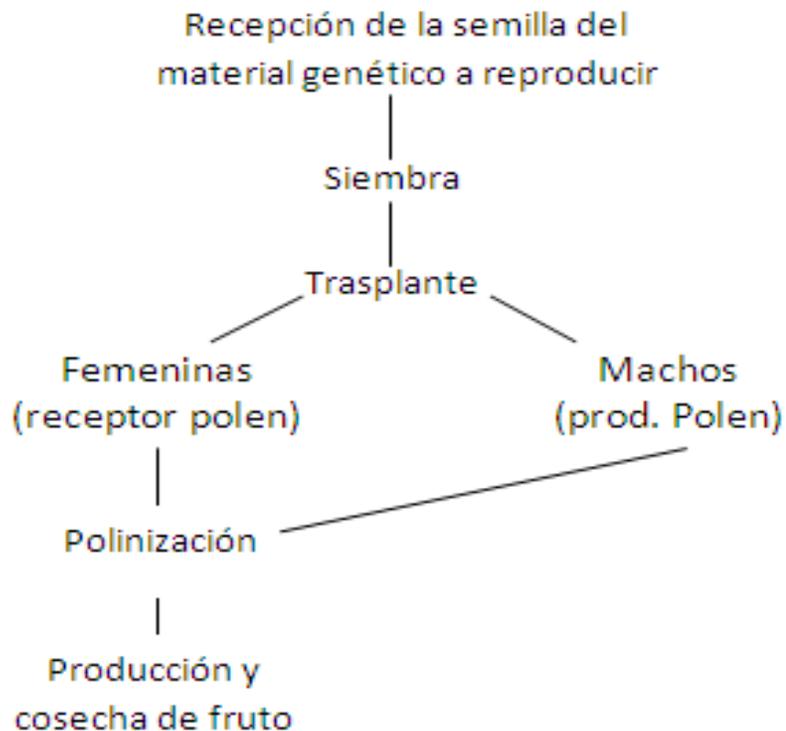
1.1.6.2. Producción de materiales genéticos de vegetales, bajo condiciones de invernadero

Para minimizar los riesgos de pérdida de materiales en estado avanzado del proceso de mejoramiento, debido a diversos factores ecológicos, todo el trabajo agronómico, se realiza bajo condiciones de invernadero; los cuales están contruidos con estructura metálica y cubiertos con polietileno de colores especialmente diseñados, están equipados con sistemas mecánicos de cortinas para la protección de condiciones extremas de luz y calor.

La estación actualmente cuenta con un área cubierta, de 4,5 hectáreas las cuales son repartidas:

- 70 por ciento del área Solanáceas: tomates y chiles. De los cuales se realizan 2 ciclos de producción al año.
- 30 por ciento del área Cucurbitáceas: pepinos, ayotes, melones y sandías. De los cuales se realizan 3 ciclos de producción al año.

Figura 3. **Esquema de la metodología empleada para la producción de semillas bajo invernadero**



Fuente: elaboración propia

1.1.6.3. Producción a campo abierto (sin invernaderos)

Cada variedad obtenida en los procesos bajo invernadero, corresponden a la búsqueda de soluciones particulares, para alguna necesidad o problema, con las cuales la planta tendrá que convivir cuando los productores agrícolas la utilicen en sus cosechas. Para estudiar la efectividad del proceso de selección realizado durante el mejoramiento genético, es necesario realizar ensayos o evaluaciones en campo abierto, que simule las condiciones de producción a la que serán sometidas estas variedades en el campo definitivo donde serán cultivadas.

La mayoría de ensayos en campo abierto buscan someter a los materiales al ataque de plagas y enfermedades con las cuales deberán convivir en producción y conocer materiales que sean más resistentes a las mismas para seguir realizando procesos de mejoramiento genético. La estación de Monsanto de Salamá, cuenta actualmente con 4 hectáreas de producción sin cobertura, donde se ejecutan ensayos experimentales de:

- Cebolla: proyecto de mejora morfológica del fruto.
- Solanáceas; tomate y chile, proyecto de búsqueda de resistencia genética al ataque de Geminivirus (GV). De ambos proyectos se realiza un ciclo productivo al año.
- También se cuenta con un proyecto de 0,3 hectáreas cubiertas con invernadero para la inoculación del GV para su estudio.

1.1.6.4. Procesamiento de frutos, tratamiento y secado de semilla

El producto final del trabajo realizado en la Estación de Monsanto Salamá, es semilla de vegetales, que es básicamente el envase de la carga genética que se consigue con el mejoramiento, por lo que luego de la producción, sea en invernadero o en campo abierto, el fruto pasa por la etapa de procesamiento, donde es sometido a una serie de procesos unitarios con el fin de extraer la semilla, el cual se esquematiza en la figura 4; actualmente el procedimiento para la extracción es semimanual donde se utiliza un equipo para triturar el fruto y el resto es manual. Para llevar a cabo este proceso la estación cuenta con un área específica de procesamiento de frutos.

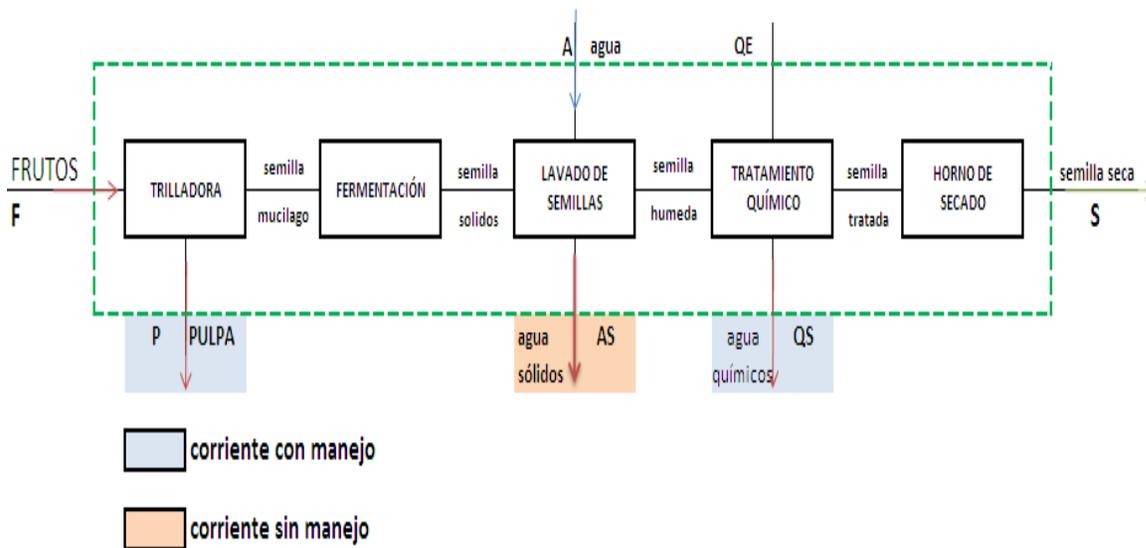
Las operaciones que constituyen el procesamiento de frutos son:

- Triturado: reducción de tomates en secciones más pequeñas para liberar la pulpa y las semillas.
- Fermentación: para poder separar las semillas del mucilago que las recubre es necesario degradarlo a través de un proceso de fermentación aeróbico.
- Lavado de las semillas: separación definitiva de las semillas y el fruto.

Luego de la obtención de las semillas se someten a un proceso de tratamiento químico, con el propósito de asegurar su protección contra agentes biológicos que degradan la semilla y así poder almacenarla adecuadamente en los bancos de semillas de la compañía. Por último, luego del proceso de

tratamiento químico, las semillas son sometidas a un proceso de secado mecánico, para reducir el contenido de humedad y prolongar el estado de latencia del embrión de la semilla, así almacenarlas por más tiempo.

Figura 4. **Esquema del diagrama de proceso de obtención de semillas**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel 2007.

1.1.6.5. Limpieza, acondicionamiento y envío de semilla

Al concluir todo el proceso de producción y obtención de las semillas, la estación envía la producción, a la central mundial de la compañía en Estados Unidos, donde realizan diferentes análisis a cada muestra de material que le es enviada, pruebas como germinación, pureza y vigorosidad, para calificar la semilla producida y asignarle una calidad, la cual califica el trabajo de la estación.

2. EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA OPCIÓN, PARA EL CONTROL DE SÓLIDOS EN LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE MONSANTO, SALAMÁ

2.1. Diagnóstico de la situación actual

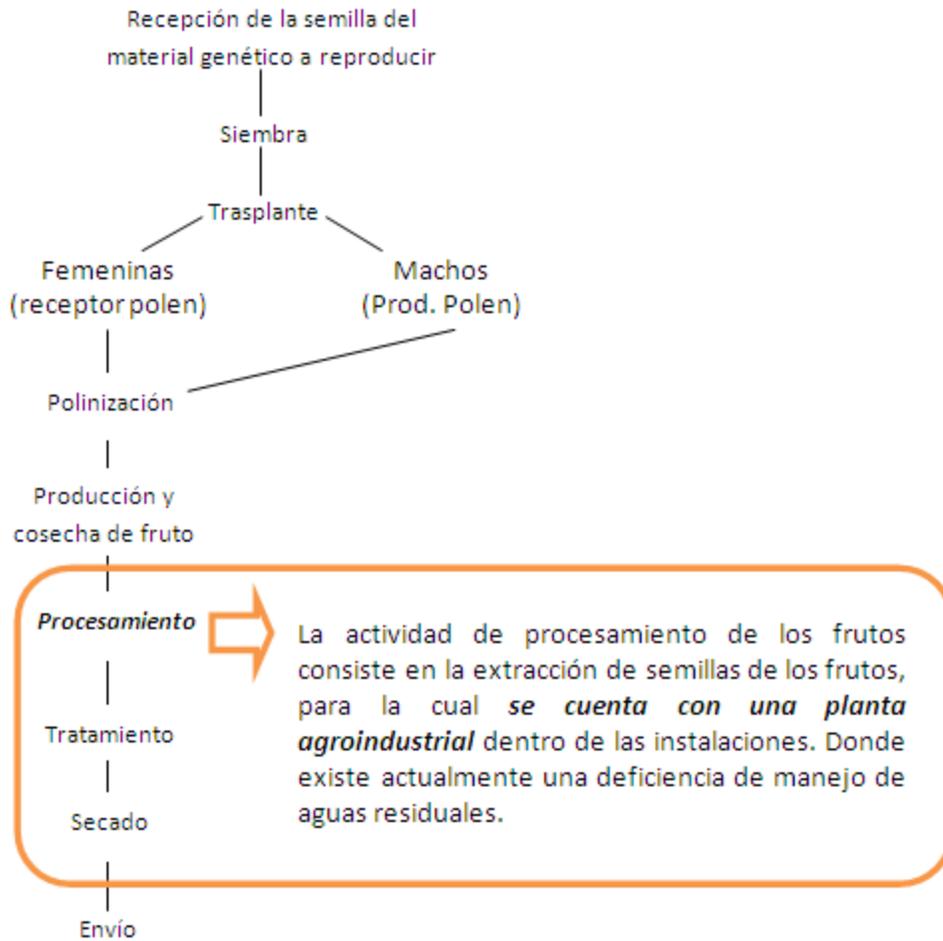
A través del diagnóstico de la situación actual se evidencia por medio de análisis de infraestructura y de procesos, aquellas partes de la producción de semillas que se encuentran óptimas y aquellas que requieren alguna mejora.

2.1.1. Descripción de la actividad de la Estación Experimental de Monsanto Salamá

El grupo Monsanto se dedica a la producción de semillas mejoradas de vegetales a nivel experimental, en la cual se investiga la producción de nuevas variedades a través de cruces manuales, con el propósito de alcanzar un mejoramiento en las características que puedan solucionar las necesidades específicas de los clientes.

Para lograr esto, la estación experimental, necesita un trabajo organizado y en equipo, que inicia con la recepción de las semillas que deben cruzarse y concluye con el envío de las semillas obtenidas, este trabajo se ilustra en la figura 5, donde se esquematiza el trabajo realizado por todas las áreas de la estación.

Figura 5. **Esquema gráfico del trabajo realizado en la estación experimental de Monsanto, Salamá**

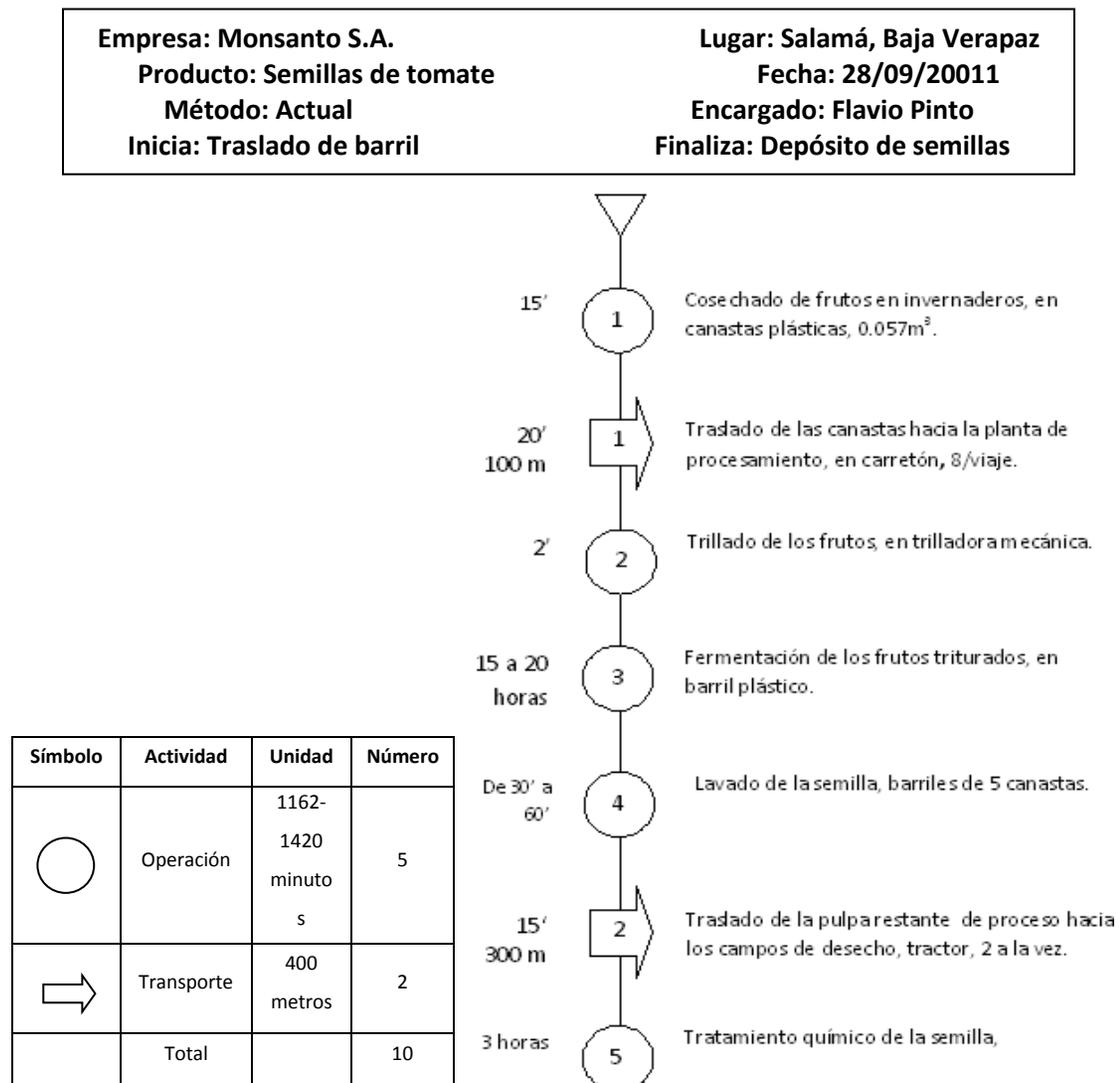


Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Diagrama de flujo de procesamiento de frutos

La operación de procesamiento de frutos incluye las actividades desde que el fruto es cosechado en los invernaderos, hasta el tratamiento químico de las semillas, representado en la figura 6.

Figura 6. Diagrama de flujo de procesamiento de frutos



Fuente: elaboración propia.

Las operaciones que se representan en el diagrama de flujo de la figura 6 están bajo la responsabilidad del coordinador de producción, quien a la vez supervisa el resto de labores culturales como la colocación de sustratos para siembra, elaboración de plántulas para la siembra, limpieza de áreas de la estación, acarreo de equipo y materiales.

Esta carga de trabajo limita la existencia de registros de procesamiento de semillas, o estudios de medición del trabajo, así como la realización de los mismos durante las operaciones regulares, por lo cual, la medición de tiempos se realizó mediante una observación de campo, durante un día considerado por el supervisor como regular, según experiencia personal. Donde se anotaron los tiempos promedio para cada operación de procesamiento de frutos.

2.1.3. Descripción de las instalaciones de la planta agroindustrial de procesamiento de frutos

Para considerar si una infraestructura es adecuada para el tipo de operaciones agroindustriales, como las operaciones involucradas en el procesamiento de obtención de semillas, es necesario observar y analizar aspectos estructurales como pisos, paredes, techos y ventanas.

2.1.3.1. Tipo de edificio

La planta de procesamiento de frutos de la estación se cataloga como un edificio de producción de segunda categoría, debido a que en su infraestructura predomina el acero estructural con una combinación de concreto armado en cantidades menores, como se observa en la figura 7, a su vez éste último sirve de apoyo a las columnas de acero y está presente en los tabiques de relleno.

Las estructuras principales en las cuales intervienen las columnas, las uniones y las vigas son de tipo conocidas como alma vacías.

Figura 7. **Fotografía de las instalaciones de procesamiento de frutos**



Fuente: Área de procesamiento, Monsanto, Salamá.

2.1.3.2. Cimientos

La cimentación de las columnas son individuales y de concreto armado. Los muros interiores y exteriores transmiten su peso al suelo a través de cimentaciones corridas.

2.1.3.3. Paredes

Los muros exteriores traseros, no reciben ninguna carga superior y están contruidos en su totalidad de mampostería, su acabado es de superficie rústica y pintada, no presenta ningún muro interior.

Figura 8. **Fotografías de paredes posteriores y cimientos de las columnas**



Fuente: Área de procesamiento, Monsanto, Salamá.

2.1.3.4. **Ventanas y puertas**

Las ventanas y puertas están construidas en su totalidad de maya metálica.

Figura 9. **Fotografías de las puertas frontales y las ventanas posteriores**



Fuente: Área de procesamiento, Monsanto, Salamá.

2.1.3.5. Pisos y techo

Los pisos para el área de procesamiento son de concreto armado sin pulir, su resistencia está diseñada en función de la carga que representa el procesamiento de los frutos. El techo de la instalación es de asbesto. Ambos se encuentran en condiciones óptimas de operación, ya que no presentan agrietamientos ni deterioro por factores ambientales.

2.1.3.6. Iluminación y ventilación

La ventilación y la iluminación se suministran aprovechando las fuentes naturales, siendo esta la razón principal de los materiales utilizados en las puertas y paredes superiores. Existe también un sistema de iluminación artificial para utilizar en casos de prolongación de las actividades diarias, el cual necesita mantenimiento, ya que por la falta de uso y la inexistencia de programa de revisión de luminarias, han comenzado a deteriorarse.

Las condiciones actuales de los pisos, techos, luminarias y ventilación se evidencian en la fotografía de la figura 10, en donde se aprecia una panorámica de la iluminación que se percibe durante las operaciones de día, y se aprecia la distribución del personal, equipo, y materias primas durante el proceso.

Figura 10. **Fotografía del techo y piso de las instalaciones**



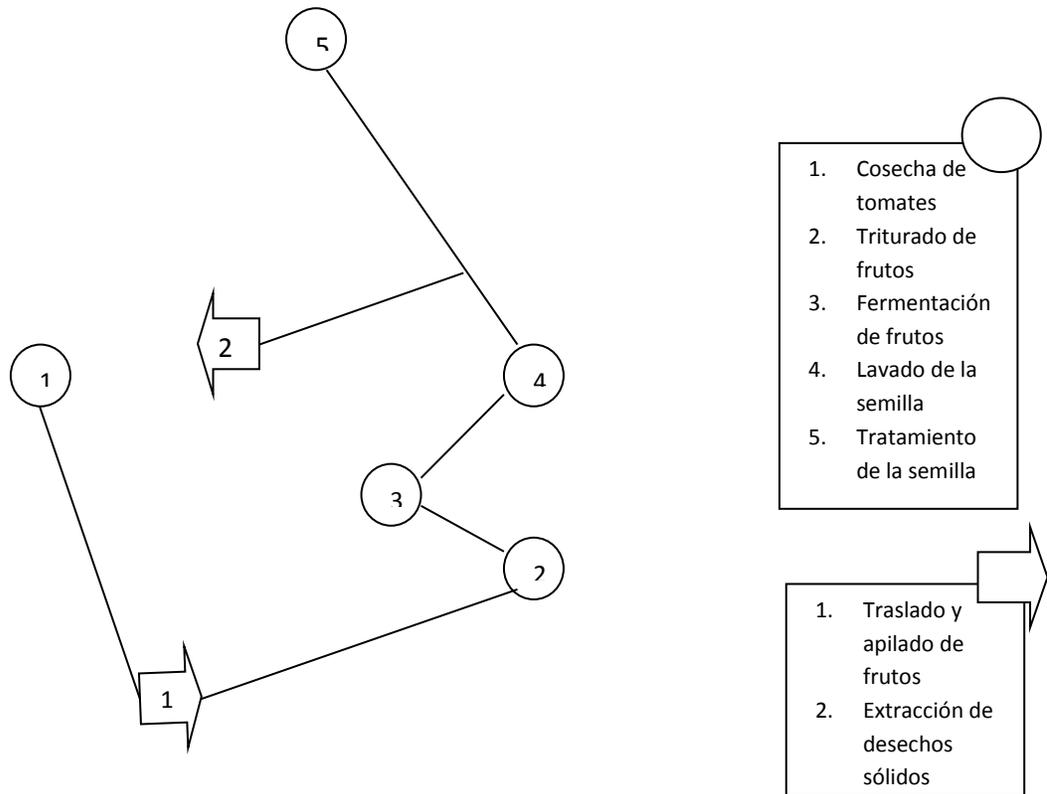
Fuente: Área de procesamiento, Monsanto, Salamá.

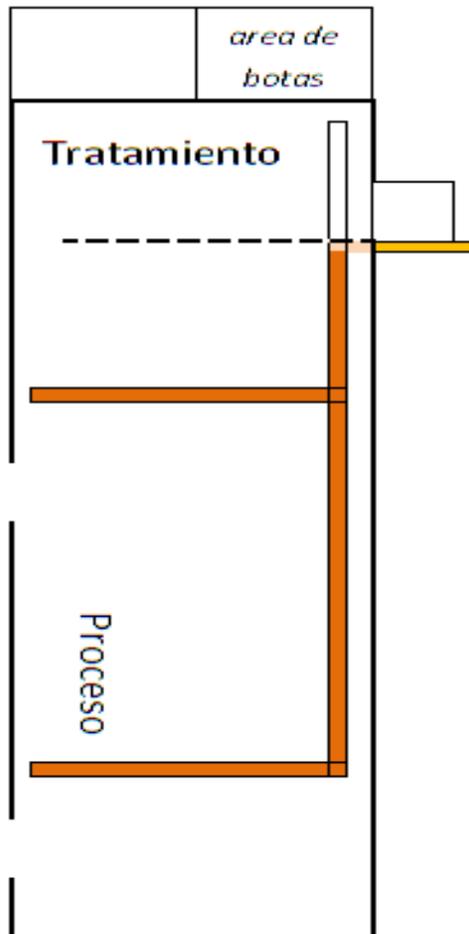
2.1.4. Diagrama de recorrido del procesamiento de frutos

Las operaciones que conforman el procesamiento de fruto son realizadas, en su mayoría, adentro de la planta de procesamiento, la cual es un área rectangular de 10 metros de ancho y 40 metros de largo, que se representa en la figura 11.

Figura 11. Diagrama de recorrido de la operación de obtención de la semilla

Empresa: Monsanto S.A.	Lugar: Salamá, Baja Verapaz
Producto: Semillas de tomate	Fecha: 28/09/20011
Método: Actual	Encargado: Flavio Pinto
Inicia: Traslado de barril	Finaliza: Depósito de semillas





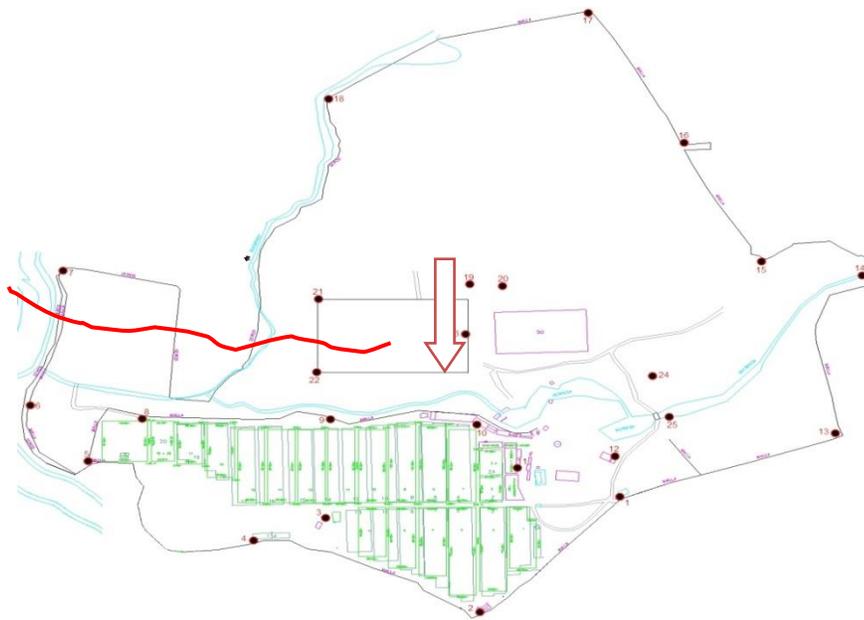
Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

2.1.5. Planos de las instalaciones de Monsanto, Salamá

Para llevar a cabo el trabajo de investigación la estación experimental de Monsanto en Salamá cuenta con una finca de 4,5 hectáreas cubiertas por invernaderos de producción. Los planos de la estación se esquematizan en la figura 12.

En el esquema de los planos de la estación, se señala con una flecha roja, la ubicación de la planta de procesamiento dentro de la estación, con celeste, se representa el cuerpo receptor, que lo constituye un riachuelo que cruza las instalaciones, y con una línea roja la sección del riachuelo que está siendo afectada.

Figura 12. Esquema de los planos topográficos de Monsanto, Salamá



Fuente: Archivos de Monsanto.

2.1.6. Descripción del problema de aguas residuales

Las aguas residuales, resultantes del proceso de obtención de semillas de la etapa de procesamiento de frutos, son depositadas sin ningún manejo, a un cuerpo receptor, que lo constituye un riachuelo de agua limpia que fluye atrás de la planta de procesamiento, como se muestra en la figura 12.

Se han realizado contrataciones, años anteriores, con laboratorios especializados en análisis ambientales, para realizar estudios a las aguas residuales de procesos, y muestran como resultado, deposiciones que rebasan las concentraciones de DBO y DQO permitidas, establecidas en el artículo 19, del “Reglamento de las descargas y rehúso de aguas residuales y de la disposición de lodos” del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (MARN), los cuales son parámetros asociados con el contenido de sólidos orgánicos en suspensión de las aguas de descarga.

Debido al compromiso de Monsanto por cumplir con todas las normas nacionales, regionales y locales vigentes en cada lugar, donde opere, sin que Guatemala sea una excepción; esta situación representa un problema de importancia para cumplir sus propias políticas.

Estos desbalances en los análisis se deben a la naturaleza de la actividad, ya que por cada gramo de semilla producido se obtienen 200 gramos de desechos vegetales, con una producción promedio anual de 50 kilogramos de semillas, se estimó que en un ciclo productivo se depositan alrededor de 10 toneladas de materia orgánica al ambiente.

Un porcentaje de esta materia orgánica se deposita al ambiente suspendidas en forma de partículas finas en un efluente de aguas residuales, provenientes de la operación de lavado de las semillas, como se muestra en la figura 13, en el documento.

Figura 13. **Agua de lavado de semillas, con coloración roja debido a los sólidos en suspensión**



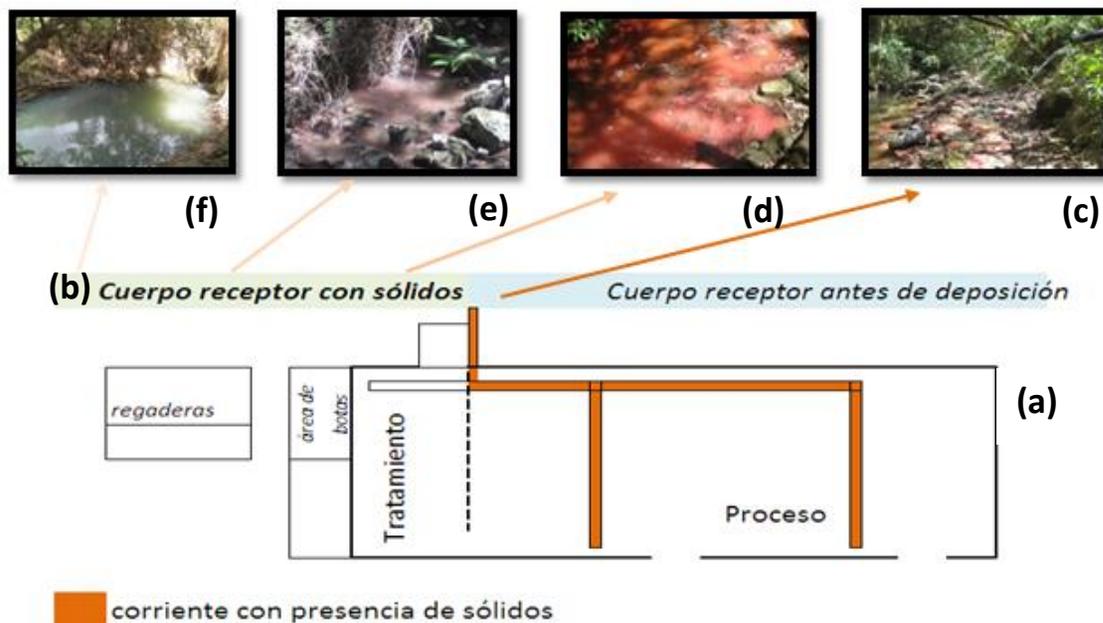
Fuente: Área de lavado de semillas, planta de procesamiento, Monsanto.

Actualmente, esta deposición no es evaluada ni cuantificada, aunque existen proyectos, sin ejecutar, sobre el control de aguas residuales.

Lo que ocasiona esta descarga de aguas con sólidos al ambiente se evidencia en la figura 14, donde se esquematiza una vista de planta del área de proceso(a), y del cuerpo receptor que es alterado(b), de derecha a izquierda las imágenes muestran los cambios físicos a lo largo de un trayecto de 200 metros en el riachuelo, la primera imagen muestra la salida de la tubería de aguas residuales(c), la segunda imagen muestra coloración roja del riachuelo en los

primeros 40 metros (d), en la tercera imagen la turbidez es menor pero incrementa la presencia de metano en el ambiente(e), en la cuarta imagen se presenta la imagen de un embalse donde reposa el riachuelo, que presenta niveles muy elevados de gas metano en el ambiente(f).

Figura 14. **Esquema del problema de deposición de sólidos, provenientes del procesamiento de frutos, al ambiente**



Fuente: Riachuelo contaminado con desechos que cruza instalaciones de Monsanto.

En situaciones similares, las industrias trabajan el problema de las emisiones a través de un plan integrado involucrando a la organización del trabajo, mejoras estructurales a las áreas de trabajo, y el manejo del efluente contaminante, utilizando estructuras específicas de retención y tratamiento de aguas residuales con diferentes sistemas de control para minimizar los contenidos de las sustancias que alteran el medio ambiente.

2.1.7. Análisis de causa-efecto del problema

Para iniciar a ordenar las ideas sobre posibles factores que pudiesen ser puntos críticos de control en la identificación de posibles causas, y poder encaminar la investigación de campo se realizó un diagrama causa y efecto.

2.1.7.1. Problema

Al ser las semilla el producto final de interés de toda la actividad realizada en la estación, los otros subproductos de las operaciones de obtención de las semillas, que representan más del 98 por ciento de material, los cuales los constituyen restos vegetales y agua residual del lavado de las semillas, se convierten en elementos que requieren algún manejo técnico para poder ser depositados en espacios específicos con el fin de no ocasionar daños al medio ambiente.

Actualmente de los 2 subproductos resultantes sólo se realiza un manejo a los restos vegetales y el agua residual de procesamiento de frutos es depositada sin ningún manejo técnico previo a un cuerpo receptor de agua, un riachuelo que fluye en las instalaciones de la finca, ocasionando alteraciones al entorno natural del área.

2.1.7.2. Causas

Se discutió en una reunión con supervisores de campo, un listado de posibles causas al problema y los resultados se ven esquematizados en la figura 15, en donde se colocó como cabeza el problema, falta de control de sólidos en aguas residuales.

- Institución

Es una empresa completamente agrícola que posee experiencia, investigación y mucha tecnología, para aspectos agronómicos, sin embargo, no han contemplado la introducción dentro de sus actividades productivas el involucramiento de herramientas industriales de producción, como medición del trabajo, análisis de distribución de la planta y medición de la eficiencia en transportes internos.

- Investigación

Poca investigación interna, en el área de procesamiento de frutos, y en el campo de la ingeniería de métodos, que puedan ser aplicados a algunos procesos culturales, como la cosecha y extracción de las semillas.

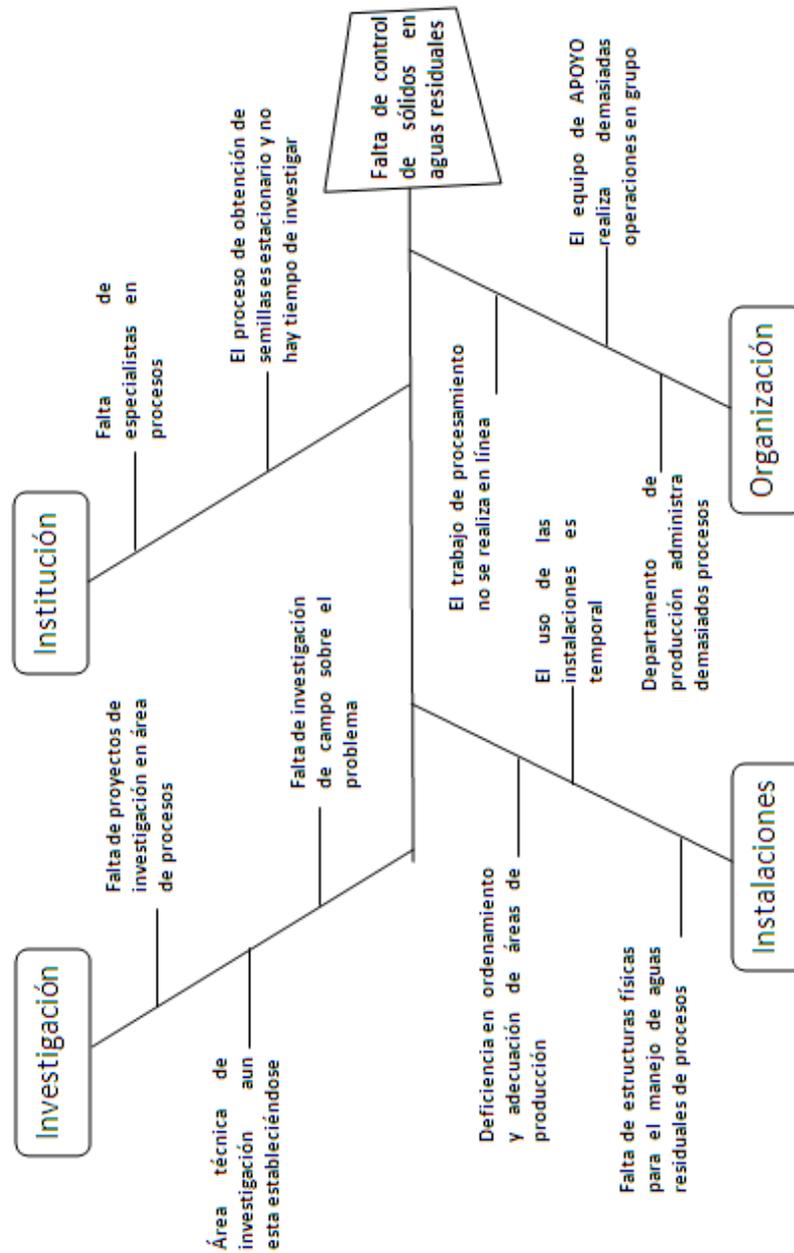
- Organización

Existe demasiada carga para la gerencia de producción, lo cual naturalmente no permite un control, mas detallado, de cada aspecto del procesamiento de frutos.

- Instalaciones

Las instalaciones de procesamiento de frutos, no cuentan con aspectos industriales que mejorarían las actividades en el área.

Figura 15. Diagrama de Causa y Efecto del problema de presencia de sólidos en aguas residuales de procesamiento



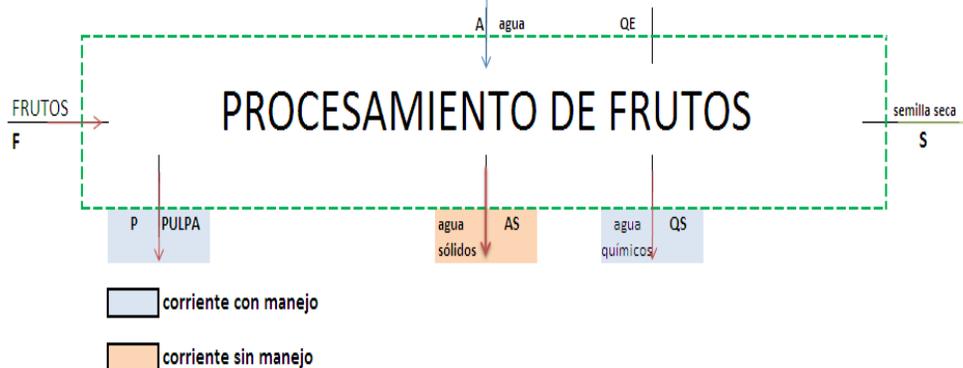
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2007.

2.2. Reconocimiento de campo del problema de aguas residuales

Como estrategia para identificar y caracterizar el problema, se realizó un reconocimiento de campo, directamente en el proceso, para lo cual se realizó un proceso de investigación preliminar donde se registraron datos de situaciones de procesamiento que son posibles causantes del problema de la contaminación y para conocer resultados verídicos se contrataron los servicios de laboratorios especializados para su análisis, sin embargo, cada serie de resultados es única, por lo cual no cuenta con un análisis estadístico, entonces se aprueban dichos resultados como preliminares.

Para conocer una solución del problema de la deposición de sólidos al ambiente, en una etapa previa a la descarga (AS), se descompuso el sistema general, donde entran frutos (F) y salen semillas (S) y aguas residuales (AL, AS), como se aprecia delimitado con verde en la figura 16, en sus subunidades u operaciones unitarias que lo conforman, como se aprecia en la figura 17.

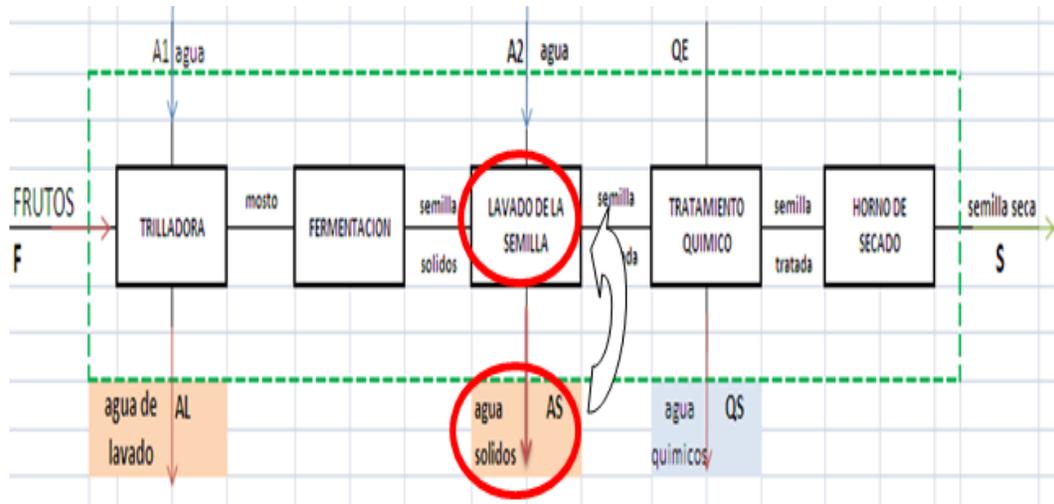
Figura 16. **Esquema de sistema general de procesamiento de frutos y obtención de semillas**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2007.

En un orden regresivo, la operación unitaria subsecuente al la descarga con sólidos(AS), es la operación de lavado de las semillas, que se circula con rojo en la figura 17, la cual esta directamente relacionada con el consumo de agua y la descarga de agua de lavado con presencia de solido, que sería la primera operación en ser evaluada en la investigación de campo.

Figura 17. **Esquema de estudio hacia atrás en las operaciones de obtención de semilla, primera etapa**



Fuente: elaboración propia con, programa Microsoft Excel 2007.

Con esta estrategia se pretende identificar causas corregibles dentro del proceso mismo con el propósito de disminuir el problema desde su origen y facilitar el diseño de una alternativa física para mitigar el efecto negativo causado al ambiente.

2.2.1. Observación de la operación de lavado de las semillas

La observación de campo de los fenómenos que conforman el problema, sirve como un estudio para identificar aquellas variaciones en el proceso que pueden ser; puntos de mejoras que sirvan para encaminar la investigación hacia una posible solución.

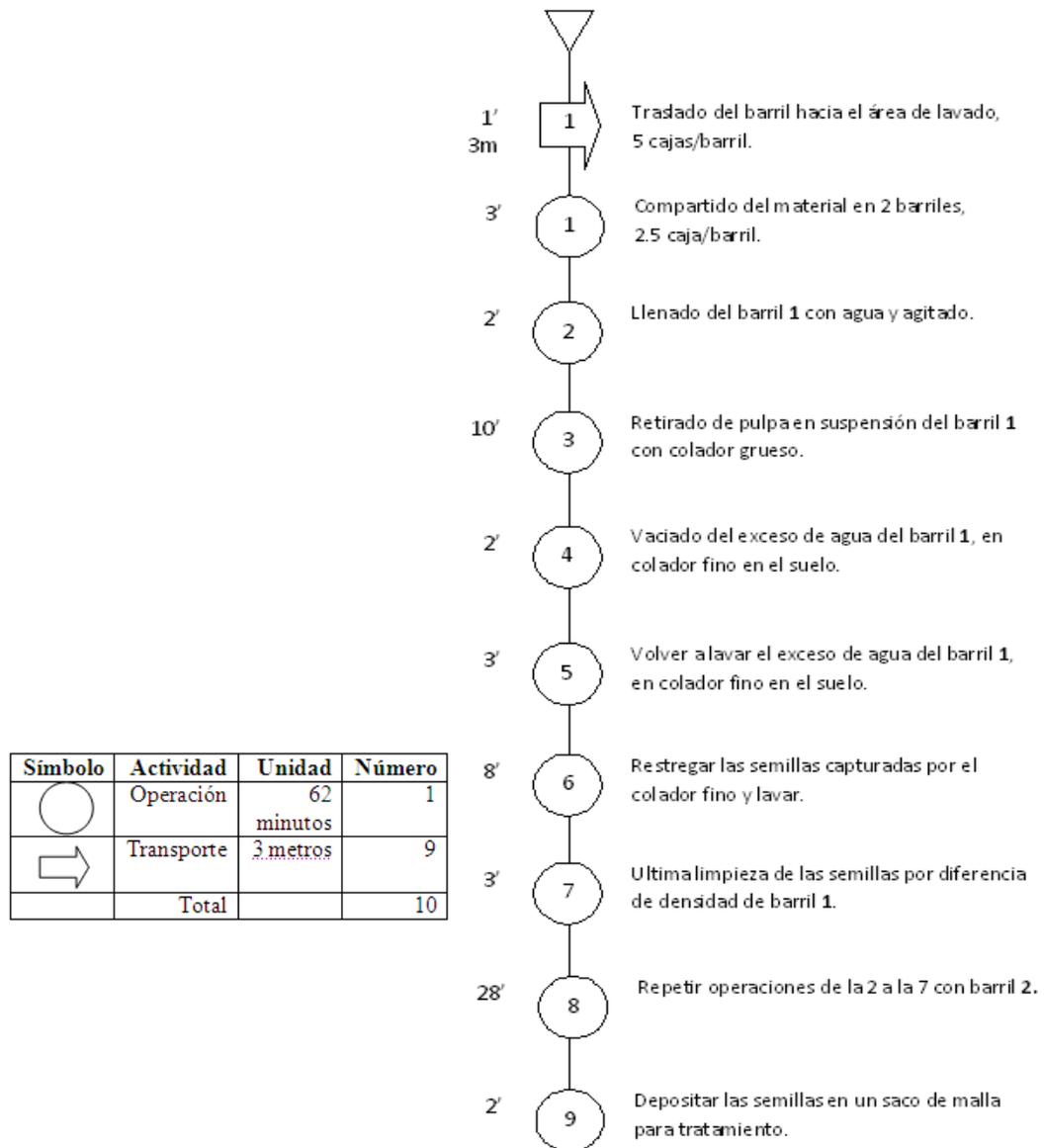
2.2.1.1. Descripción de la metodología de lavado

El lavado de la semilla está a cargo del grupo denominado Apoyo conformado por 18 operarios, quienes emplean, para el trabajo, la metodología esquematizada en la figura 18 a través del diagrama de flujo de la operación.

El diagrama de flujo se realizó mediante una observación de campo, los datos de tiempos en el esquema, fueron cronometrados y promediados, sin embargo, la variación en el tiempo de proceso es grande. Lo que significa que en el proceso existe variación en sus materiales o procesos previos que ocasionan el cambio significativo entre una repetición y otra.

Figura 18. Diagrama de flujo de lavado de semillas

Empresa: Monsanto S.A.	Lugar: Salamá, Baja Verapaz
Producto: Semillas de tomate	Fecha: 28/09/20011
Método: Actual	Encargado: Flavio Pinto
Inicia: Traslado de barril	Finaliza: Depósito de semillas



Fuente: elaboración propia.

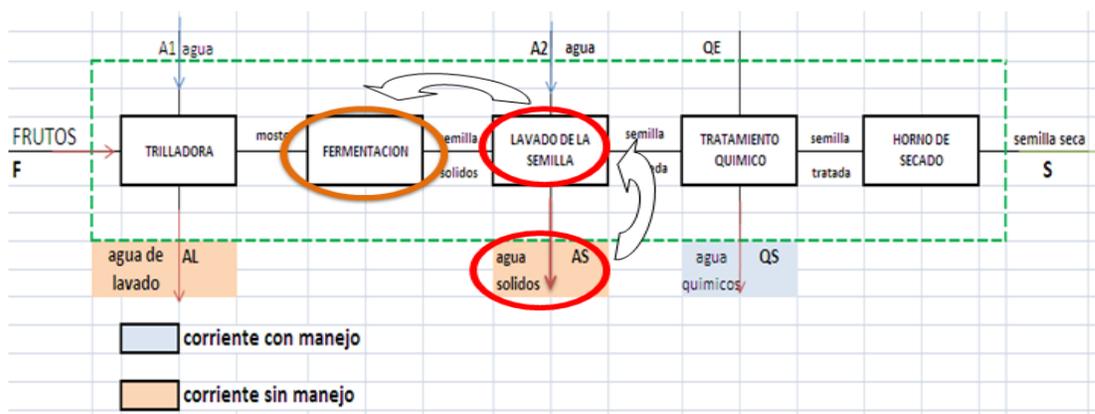
2.2.1.2. Resultados

Luego de observar y entrevistar a cada operario sobre la metodología de lavado de la semilla, se obtuvo como resultado común, la afirmación: “el material que cuesta lavar más es el que todavía tiene la bolsita (mucilago), porque hay que restregarlo para poder desprender la semilla, a diferencia del que está más podrido”. (Ver figura 99 en anexos).

2.2.1.3. Análisis

Se identifica al mucilago de la semilla como la causa de la variación en el consumo de agua y posible factor de coloración roja por presencia de sólidos, por lo que se regresa una subunidad mas en la investigación como se esquematiza en la figura 19, donde se circula con rojo la operación unitaria de fermentación; operación subsecuente al lavado de la semilla.

Figura 19. Esquema de segunda etapa de investigación de campo



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2007.

2.2.2. Observación de campo de la operación de fermentado del fruto triturado

La operación de fermentación, es un punto crítico de control en el proceso de obtención de semillas, ya que es por medio de este proceso que la semilla es separada del resto del material vegetal y así poder separarla por diferencia de densidad.

2.2.2.1. Descripción de proceso

La operación de fermentación consiste en la colocación del fruto triturado en barriles plásticos de 54 galones, en los cuales se vierten 5 canastas plásticas de 30 kilogramos de material dentro de cada uno, luego el lote completo se coloca en un área específica y se cubre con una sección de polietileno de invernadero para dejarlo fermentar durante toda la noche hasta el siguiente día.

2.2.2.2. Análisis

Los hallazgos en la observación de campo se enlistan en los siguientes puntos, en donde se realizan observaciones de productividad relacionadas al problema:

- El trabajo de la planta de procesamiento no es un trabajo en línea, por lo que la hora de inicio del proceso de fermentación varía, en ocasiones todo el producto se inicia a fermentar a las 11 horas, como se muestra en el cronograma de la figura 20 en la columna del día lunes, la fermentación de la cosecha 1, y otros días se termina de triturar y se coloca a fermentar el producto a las 17 horas y cualquiera que sea el caso, el producto se lava a

primera hora de la mañana, el siguiente día. En la figura 20 se evidencia fácilmente la diferencia entre los tiempos de fermentación entre cada día, como es el caso de la fermentación 1 y fermentación 2 del mismo día lunes.

- Para que un proceso de fermentación se lleve a cabo es necesario controlar dos factores básicos: la temperatura y el tiempo, y cuando sucede esta diferencia en la continuidad del proceso de obtención de las semillas, se están variando ambos factores, ya que el producto triturado por la tarde tendrá menos tiempo de fermentación; asimismo las condiciones climáticas del municipio de Salamá son muy variables, durante el día la temperatura alcanza los 34 grados centígrados y durante la tarde y la noche disminuye considerablemente hasta unos 20 grados centígrados, y como se demuestra en la figura 20, el producto triturado durante la tarde se fermenta solamente en temperaturas bajas durante la noche.

2.2.3. Mediciones de consumo de agua para diferentes condiciones de fermentación

Para la prueba de consumo de agua de dos tratamientos de fermentación diferentes, se estableció como parámetro de comparación, litros de agua/caja de fruto lavada.

La razón de escoger el parámetro de los litros de agua, se debe a la existencia de un medidor de flujo instalado al inicio de la tubería que suministra agua a la planta de procesamiento, y las cajas de tomate se seleccionó ya que es la unidad de transporte de la materia y todas poseen la misma medida.

Para la recolección de los datos, se establecieron dos lotes aislados de barriles de mosto o fermento, el primero que contenía los tomates de la primera cosecha del día lunes, que fue triturado a las 11 horas y el segundo lote contenía la segunda cosecha del mismo lunes que en esta ocasión fue triturado a las 16 horas. Los resultados de ambos se muestran en los cuadros de las figuras 21 y 22.

- Prueba 1. Lavado de semilla de lote triturado a las 11 horas

En el cuadro de la figura 21 se muestra la lectura inicial y final del medidor de flujo en el proceso de lavado, muestra resaltado con verde el tiempo de fermentación de la muestra, en azul, el consumo de agua, en amarillo el ritmo de trabajo. La relación para cajas pequeñas y grandes es de 1,54 : 1, y para determinar el parámetro se utilizó la fórmula: consumo total de litros de agua/cantidad de cajas lavadas. El lavado se realizó con la metodología señalada en la figura 18.

- Esta evaluación sirve para definir o estandarizar un caudal y así determinar el volumen de agua a manejar para poder diseñar una alternativa física de control de sólidos en las aguas residuales de lavado de semillas.
- Aunque se redujo el consumo de agua en 50 por ciento, el ritmo de trabajo no presentó un cambio tan significativo, ya que solo incrementó de 34,55 a 45,64 cajas por hora, un 32 por ciento y esto puede deberse a la metodología empleada, la cual sigue siendo sacar el producto de desecho primero y por último obtener las semillas. Por lo que se recomienda un análisis para determinar la posibilidad de aprovechar el control de la fermentación para incrementar la productividad.

2.2.4. Observación del fenómeno de separación de las semillas con un adecuado control de fermentación del fruto triturado

Cuando se realizó la prueba de fermentación, se observó que con un buen método las semillas se precipitaban con mas facilidad en los barriles, razón del incremento observado en la productividad, por lo que se decidió realizar una observación del fenómeno de precipitación y determinar si puede ser empleado para controlar las deposiciones de agua residual directamente al ambiente.

2.2.4.1. Planteamiento de una propuesta más eficiente de obtención de las semillas

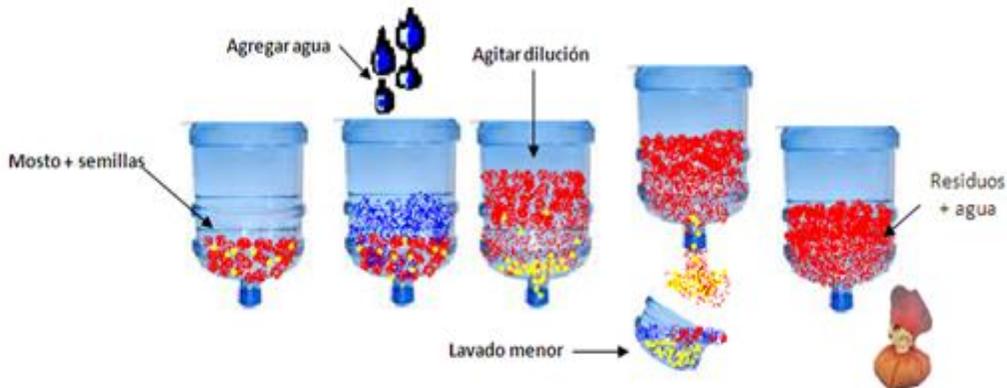
Con la observación del fenómeno de precipitación se decide la densidad de las semillas como una herramienta para su recolección, de una manera más eficiente y con una deposición menor de agua al ambiente.

- Justificación

Al realizar el estudio de consumo de agua, se analizó conjuntamente la productividad de la operación, la cual no incrementó proporcionalmente al ahorro de agua, ya que sólo incrementó en un 32 por ciento (ver figuras 21 y 22), aumentando de 34,55 a 45,64 cajas/hora.

Para la prueba se planificó utilizar un recipiente de 5 galones o garrafón, como se muestra en la figura 23, donde se esquematiza la metodología propuesta, de lavado y recolección de la semilla, donde de izquierda a derecha, primero se coloca el fermento con las semillas, luego se agrega agua para lavado, se agita la mezcla para precipitar las semillas, se abre la llave instalada en la parte inferior, y se obtienen las semillas fácilmente.

Figura 23. **Esquema de secuencia de la prueba de precipitación de las semillas**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word 2007.

- **Materiales**
 - Un recipiente de 5 galones transparente
 - Una válvula de paso de 1 pulgada
 - Una base de madera para el recipiente
 - Tomates cosechados, triturados y fermentados, bajo condiciones controladas
 - Recipientes plásticos

- **Metodología**
 - Selección del recipiente de 5 galones (garrafón), para la prueba

Figura 24. **Fotografía de recipiente empleado para la prueba**



Fuente: área de suministro de Monsanto, Salamá.

- Se extrajo el agua y se destapó la parte posterior de recipiente, y se instaló un niple para colocar una válvula, evidenciado en figura 25.

- Se colocó una válvula de paso de 1 pulgada de diámetro, evidenciado en la figura 26.
- Se realizó un lavado con diferentes relaciones de agua y mosto, para apreciar la precipitación de las semillas, el proceso de precipitación de las semillas se evidencia en la fotografía de la figura 27.

Figura 25. **Fotografía de modificación de recipiente para prueba**



Fuente: área de suministro de Monsanto, Salamá.

Figura 26. **Fotografía de recipiente modificado para la prueba**



Fuente: área de suministro de Monsanto, Salamá

- **Resultados**

Las semillas se precipitaron todas al fondo del dispositivo, pudiendo ser retiradas en su totalidad por la parte inferior y dejando en el equipo sólo material de desecho, las semillas recuperadas del lavado se evidencian en la fotografía de la figura 28.

Figura 27. **Precipitación de las semillas al fondo del recipiente**



Fuente: área de suministro de Monsanto, Salamá

Figura 28. **Fotografía de producto obtenido con la prueba de lavado de la semilla**



Fuente: área de lavado de semillas, Monsanto, Salamá.

- **Análisis**
 - Con un correcto control del proceso de fermentación, es posible diseñar un sistema que permita estandarizar o regular el uso de agua con una relación adecuada de lavado.

- Con un sistema de lavado tipo decantador, es posible que la eficiencia de la operación de lavado incremente en más de un 100 por ciento.

Luego de establecer la relación entre la calidad del proceso de fermentación y la reducción de las emisiones de agua al ambiente, se necesitó conocer las características físicas del efluente, para lo cual se realizó una caracterización de muestras tomadas del proceso de lavado. Con el propósito de diseñar la mejor alternativa física para separar los sólidos en suspensión presentes en el agua.

2.2.5. Observación y caracterización del agua residual del lavado de semillas

Luego de analizar todas las posibles mejoras dentro del proceso de obtención de semillas, que son básicas para poder diseñar una alternativa organizacional o física para el control de los sólidos en suspensión, es necesario analizar el agua que aunque en menor cantidad, aún, seguiría fluyendo al ambiente con las mismas características; para lo cual se tomaron muestras puntuales y se observaron, con el propósito de conocer el comportamiento de este efluente en condiciones estáticas.

2.2.5.1. Observación de muestras recolectadas de aguas de lavado de semillas

- Procedimiento
 - Se tomaron 2 muestras en probetas de 500 mililitros para determinar la proporción de sólidos en suspensión.

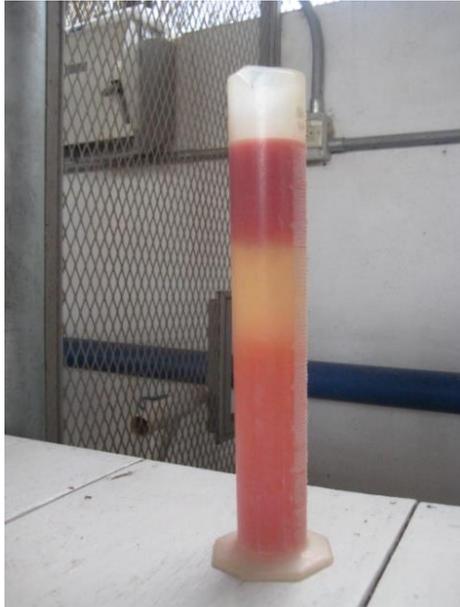
- En la figura 29 y 30 se documentan imágenes del proceso de separación de sólidos por efecto de diferencia de densidades a 25 minutos, 1 hora, 2 horas y 15 horas después de recolectada la muestra, donde se aprecia un fenómeno de flotación de las partículas en suspensión, por diferencia de densidades

Figura 29. **Fotografía de la probeta 1; transcurridos 20 min y 1 hora de reposo**



Fuente: área de procesamiento de frutos, Monsanto, Salamá.

Figura 30. **Fotografía de la probeta 1, 2 horas después de la colecta**



Fuente: área de procesamiento de frutos, Monsanto, Salamá.

- Resultados
 - Luego de reposar la muestra durante toda la noche, un aproximado de 17 horas en total, se aprecia que los sólidos presentes en el agua no se sedimentan sino que experimentan un fenómeno de flotación, y se agregan para formar un fase sólida flotante que posee características similares a las del puré de tomate, y que es fácilmente removible del líquido, como se muestra en la figura 31.
 - Se formaron 50 mililitros de sobrenadante en una muestra de 500 mililitros de agua residual

Figura 31. **Fotografía de la probeta 1, con agua de proceso recolectada a las 17 horas después de la colecta**



Fuente: área de procesamiento de frutos, Monsanto, Salamá.

2.2.5.2. Caracterización del sobrenadante en aguas residuales de procesamiento de tomate

Es necesario conocer las características físicas del sobrenadante para conocer los mejores métodos de separación; para lograr esto se utilizó el dispositivo diseñado para la prueba de lavado de las semillas, que se aprecia en la figura 32, en donde ya se visualiza la separación por efecto de gravedad de las partículas en suspensión.

- Metodología
 - Una muestra puntual de agua de lavado de semillas fue recolectada y se depositó al recipiente previamente diseñado, con el propósito de apreciar el fenómeno de flotación; el tamaño de la muestra fue de 8,7 litros.
 - Se dejó reposar durante una noche completa, hasta que se formara el sobrenadante que se aprecia en la figura 33.

Figura 32. **Fotografía de vista lateral y desde abajo del fenómeno de flotación de los sólidos del agua de proceso**



Fuente: área de procesamiento de frutos, Monsanto, Salamá.

Figura 33. **Fotografía de consolidado formado por los sólidos, en flotación, del agua de procesamiento**



Fuente: área de procesamiento de frutos, Monsanto, Salamá.

El volumen del separado del agua de lavado fue exactamente 1 000 centímetros cúbicos, el cual fue recolectado en una bolsa de polietileno como se muestra en la figura 34, para luego pesarlo en un equipo digital.

Figura 34. **Fotografía de consolidado formado por los sólidos, en flotación, del agua de procesamiento**



Fuente: área de procesamiento de frutos, Monsanto, Salamá.

- Resultados preliminares

- La muestra recolectada peso 0,8 kilogramos.
- Para determinar la densidad del sobrenadante se empleo la fórmula:

$$\rho = \frac{\text{peso}}{\text{volumen}}$$

$$\rho = \frac{0,8 \text{ kg}}{1 \text{ lt}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ lt}}{1000 \text{ cc}} = 0,8 \text{ g/cc}$$

- Análisis

- Una caja de proceso contiene en promedio 30 kilogramos, por lo que se determina que se depositan al ambiente:

$$\frac{30 \text{ kg de mosto}}{1 \text{ caja}} \times \frac{0,8 \text{ kg de partículas flotantes}}{8,7 \text{ kg de mosto}} = \frac{2,7 \text{ kg de partículas flotantes}}{\text{caja de producto}}$$

- En un día pico de procesamiento de frutos se procesan 150 cajas, lo que representa una deposición al ambiente de

$$\frac{2,7 \text{ kg de sólidos}}{1 \text{ caja}} \times \frac{150 \text{ cajas}}{1 \text{ caja}} = 405 \text{ kilos de sólidos separables}$$

2.2.6. Análisis técnico de laboratorio, para determinación de reducción de parámetros, asociados a sólidos en suspensión

Para la verificación de la efectividad de la operación de separación de sólidos, se enviaron muestras de agua de proceso con sólidos y de agua decantada sin sólidos, a los laboratorios FQB, de Guatemala, para realizarle un análisis ambiental, de los parámetros asociados a presencia de sólidos, como DBO, DQO y Sólidos totales.

- Metodología
 - Se recolectaron dos muestras puntuales en el área de procesamiento de 1 galón por cada muestra.
 - Una muestra fue enviada el mismo día sin haberla tratado.
 - La segunda muestra se dejó reposar una noche, luego se separaron los sólidos del agua y se envió para su análisis.
- Resultados preliminares
 - Los resultados de interés para los análisis ambientales son los parámetros de sólidos totales, marcados en amarillo en las tablas I y II, donde se presenta un dato de 1 876 miligramos por litro, en la tabla I, para el agua de proceso reposada, y un valor de 5 129 miligramos por litro, para el agua sin tratamiento.

Tabla I. Resultados de laboratorio para premuestra puntual de aguas de proceso, reposada

Tipo de muestra: Aguas residuales
 Condiciones de la muestra: Temperatura de recepción: 5,0 °C,
 Envase: tambo
 Análisis solicitado: Ambiental
 Fecha de muestreo: 12/05/2011
 Fecha de proceso: 13/05/2011
 Método de muestreo: Puntual (SMW Met 1060 Pág. 1-27 a 1-35)

Determinaciones fisicoquímicas	Agua sin sólidos muestra 2 tomado 12/05/2011 Hora: 8:30 (No. Lab.114880)
Demanda química de oxígeno (DQO) (°)	4725,0 mg O ₂ /L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (°)	2773,8 mg O ₂ /L
Relación DQO/DBO	1,7
Sólidos sedimentables (°)	1,0 ml/L
Sólidos en suspensión (°)	458,5 mg/L
Sólidos totales	1876,0 mg/L

SIGLAS USADAS: SMW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. 2005.

SQ: Método Spectroquant.

Parámetros	Métodos de Referencia
Sólidos totales secados entre 103 a 105° C	SMW Met. 2540 B Pág. 2-56
Sólidos en suspensión totales secados entre 103 a 105° C	SMW Met. 2540 D Pág. 2-58
Sólidos sedimentables	SMW Met. 2540 F Pág. 2-59 y 2-60
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). método respirométrico	Instructivo de Merck Línea Oxitop (análogo a SMW Met. 5210 D Pág. 5-10 a 5-13)
Demanda química de oxígeno (DQO). reflujo cerrado, método colorimétrico.	SQ. Met. 14555 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19)
Nota: La reproducción parcial o total del mismo deberá ser aprobado por F. Q. B. Laboratorios- Muestras no captadas por el personal de FQB Laboratorios (°) Análisis acreditados conforme a la norma COGUANOR NTG/ISO/IEC/17025	SQ. Met. 14541 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19)
	SQ. Met. 14690 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19)

Fuente: Laboratorios FQB, de Guatemala.

Tabla II. Resultados de laboratorio para premuestra puntual de aguas de proceso, sin reposo

Tipo de muestra: Aguas residuales
 Condiciones de la muestra: Temperatura de recepción: 0,9 ° C,
 Envase: tambos plásticos,
 Análisis solicitado: Ambiental
 Fecha de muestreo: 12/05/2011
 Fecha de proceso: 13/05/2011
 Método de muestreo: Puntual (SMW Met 1060 Pág. 1-27 a 1-35)
 Responsable de análisis: Rina L. Orellana Ayala
 Transcripción del informe: Lissette Uyú Martínez

<i>Determinaciones fisicoquímicas</i>	Agua del proceso de pulpa de tomate(No. Lab.114799)
Demanda química de oxígeno (DQO) (°)	7275,0 mg O₂/L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (°)	6030,0 mg O₂/L
Relación DQO/DBO	1,2
Sólidos sedimentables (°)	490,0 ml/L
Materia flotante	Ausente
Sólidos en suspensión (°)	2004,0 mg/L
Sólidos totales	5129,0 mg/L

SIGLAS USADAS: SMW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. 2005.

Parámetros	Métodos de Referencia
Sólidos totales secados entre 103 a 105° C	SMW Met. 2540 B Pág. 2-56
Sólidos en suspensión totales secados entre 103 a 105° C	SMW Met. 2540 D Pág. 2-58
Sólidos sedimentables	SMW Met. 2540 F Pág. 2-59 y 2-60
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). método respirométrico	Instructivo de Merck Línea Oxitop (análogo a SMW Met. 5210 D Pág. 5-10 a 5-13)
Demanda química de oxígeno (DQO). reflujo cerrado, método colorimétrico	SQ. Met. 14555 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19) SQ. Met. 14541 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19) SQ. Met. 14690 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19)
Materia flotante	Visual

Nota: La reproducción parcial o total del mismo deberá ser aprobado por **F. Q. B. Laboratorios**
 Muestras no captadas por el personal de FQB Laboratorios

Fuente: Laboratorios FQB, de Guatemala.

- Análisis
 - Se logró una reducción del 63 por ciento en los sólidos totales en suspensión, reduciéndolo de de 5 129 miligramos por litro a 1 876 miligramos por litro.
 - Con esta alternativa se logra el cumplimiento de meta propuesta en la ley, descrita en el artículo 17, del Reglamento de Descargas y Rehúso de Aguas Residuales.

2.3. Propuesta de estructuras físicas para la retención del agua de proceso y poder separar los sólidos

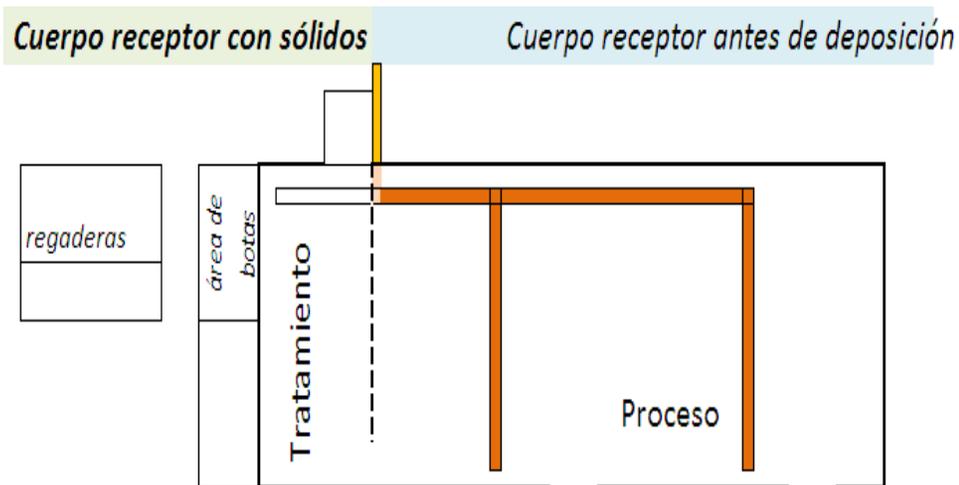
La propuesta consiste en una instalación física que permita retener el agua de proceso de un día en la planta, basado en los resultados obtenidos en la investigación y caracterización de los sólidos en suspensión. El agua residual deberá reposar durante un período mayor a 12 horas, para que las partículas se agrupen y floten, formando el sobrenadante que se nombra como puré fermentable, el cual es la causa de los altos niveles sólidos totales en suspensión, presentes en la corriente de aguas residuales. Para el efecto, se estudiaron 2 propuestas de estructuras físicas

2.3.1. Utilización de los drenajes de la planta

Utilización de la infraestructura de drenajes existente en el interior de la planta de proceso para la retención de las aguas de proceso y posteriormente realizar la separación del sobrenadante; como se demuestra en el esquema de la vista de planta del área de proceso en la figura 35, donde se señala con

naranja el sitio donde se retendrá el área, que corresponde al sistema de drenaje del área de proceso.

Figura 35. **Propuesta preliminar de estructura en interior**

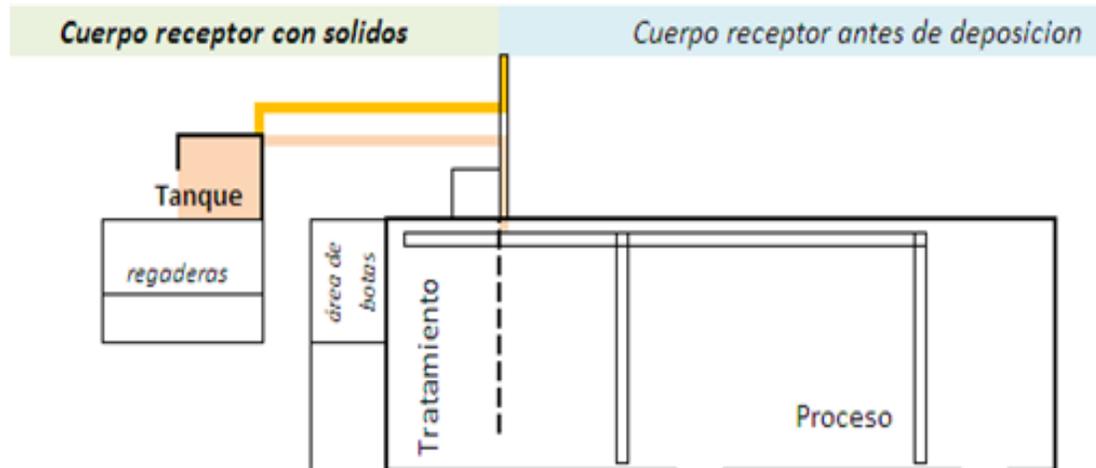


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2007.

2.3.2. **Construcción de un estanque de retención**

Construir un pequeño tanque de retención de agua fuera de las instalaciones de la planta, como el que se representa con rosa en el esquema de la planta de proceso de la figura 36, con las dimensiones necesarias para retener la cantidad de agua de un día de proceso.

Figura 36. **Propuesta preliminar de estructura para retención de agua de proceso, fuera de la planta**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2007.

2.3.3. Decisión de alternativa

Para decidir la alternativa más viable, fue necesario un análisis comparativo, donde se analizan las ventajas y desventajas de cada propuesta, los aspectos considerados se enlistan en la figura 37, en el cuadro de decisión, seleccionando la construcción de un estanque de retención como la mejor alternativa, por presentar el mayor número de ventajas.

Figura 37. Cuadro comparativo para la decisión de la alternativa

Aspectos	Usar el drenaje		Construir un tanque	
	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Ubicación	-No hay riesgo por barranco	-El agua se quedaría dentro de un área higiénica	El agua queda aislada del área de proceso	Hay que construir y está al borde del barranco
Construcción	-Poca modificación -Ya se cuenta con estructura base	-Costaría un poco la recolección del puré	-Se podría diseñar con mas especificaciones.	-No se cuenta con estructura primaria
Capacidad		-Se limita la capacidad de retener	-Se puede diseñar para cualquier capacidad	
Funcionamiento		-Habría que limpiarlo por secciones, (+tiempo)	-Se podría limpiar en un solo lote todo (- tiempo)	-Se trabajaría en un lugar riesgoso.

Fuente: elaboración propia.

2.4. Diseño de estructura y funcionamiento de un estanque de retención

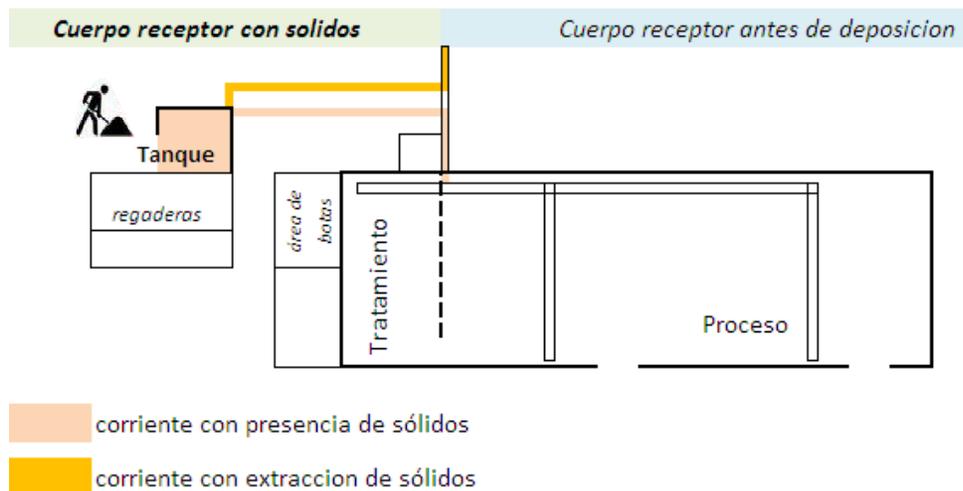
Basado en la estimación realizada en la investigación de campo, y controlando el proceso de fermentación, el volumen de agua a retener, sería aproximadamente 105 litros de agua/caja de tomate, como se presenta en el cuadro de la figura 21, y si se considera una producción promedio de 100 cajas diarias, se debería diseñar la estructura con una capacidad mínima de 10,5 metros cúbicos.

$$\frac{105 \text{ litro de agua residual}}{1 \text{ caja de tomate}} \times \frac{100 \text{ cajas/día}}{1} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}} = 10,5 \text{ m}^3$$

- Ubicación

Deberá ubicarse cerca de la planta, en la parte alta de la topografía del terreno, para poder limpiarlo sin tener que bajar hasta el río. El sitio sugerido es una pequeña área de ladera antes de la caída que está a un costado del área que se emplea para lavar y colgar la ropa del personal de fumigación, como se esquematiza en la figura 38, donde se identifica con color rosa la ubicación seleccionada del estanque.

Figura 38. Descripción gráfica de un estanque como alternativa física



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2007.

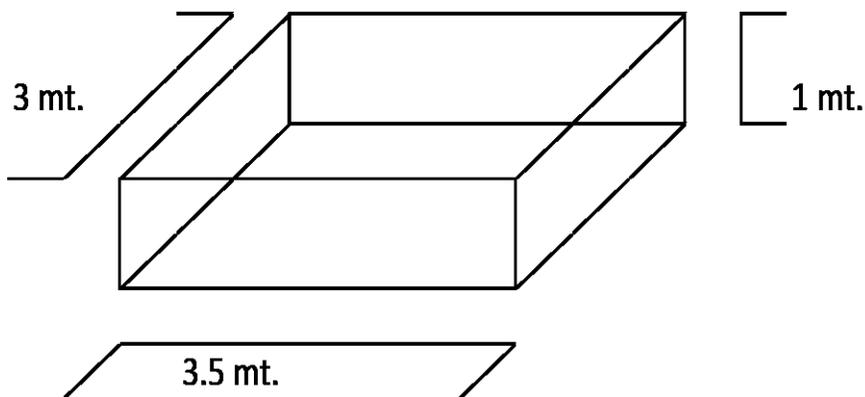
- Dimensiones

Las dimensiones mínimas propuestas serían de 3x 3,5 x 0,5 metros, con la idea de tener un volumen efectivo de 10,5 metros cúbicos' propuesto según los análisis preliminares de consumo de agua, en donde se determinó que con

un buen proceso de fermentación, actualmente se puede cumplir con un consumo de 100 litros por caja.

En la figura 39 se esquematiza un diseño isométrico de la forma del estanque, el cual no se representa a escala, la dimensión de profundidad se consideró sea la menor, para facilitar el trabajo de limpieza de sólidos.

Figura 39. **Dimensiones propuestas de estanque de retención**

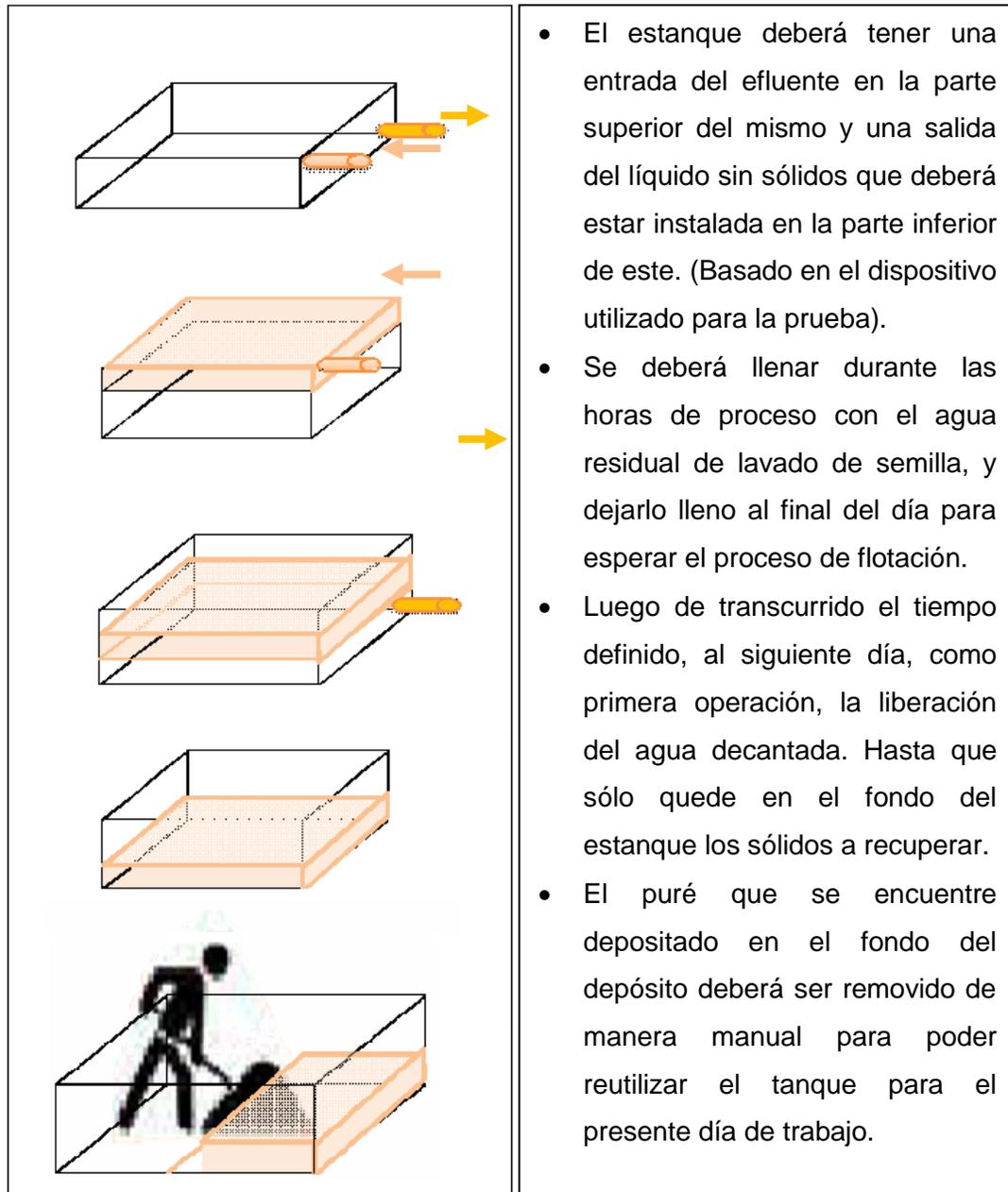


Fuente: elaboración propia.

- **Funcionamiento**

Consistirá en la captación del total de aguas residuales resultantes de un día de proceso, para retener de manera estática la mezcla, con el propósito de obtener un proceso de formación de sobrenadante por el principio de flotación, demostrado en la investigación de campo, luego se decantará el agua y el puré restante será retirado de manera manual cada día, el detalle de la operación se ilustra en la figura 40.

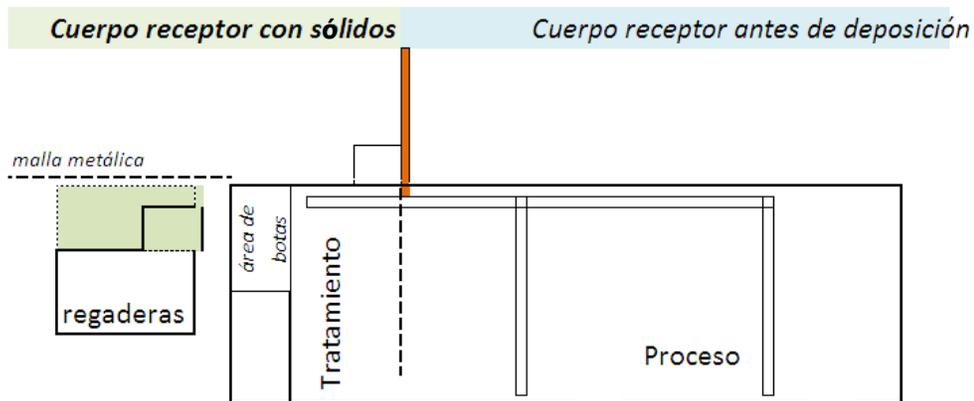
Figura 40. **Secuencia gráfica de funcionamiento práctico del sistema de tanques de sedimentación**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word 2007.

Luego de decidir las dimensiones ideales de la estructura, es necesario conocer el área disponible para la implementación y los cambios necesarios que se deben realizar al área, en la figura 41 se muestra con verde el espacio disponible para la implementación de la estructura, el cual cuenta con un área de 5 m de ancho, desde el área denominada regaderas hasta malla metálica, y 10 m de largo.

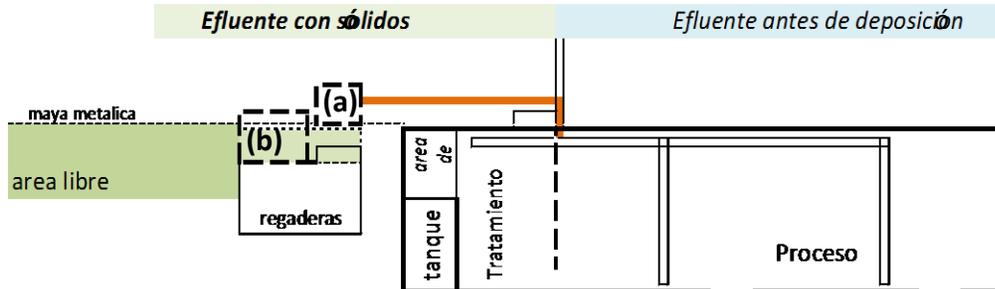
Figura 41. **Representación gráfica vista de planta del área propuesta, para la ubicación, sin escala**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2007.

Como complemento del estanque de retención para flotación de sólidos, se considera necesario implementar un estanque previo de sedimentación, el cual debe ser de menos volumen, que retenga partículas gruesas y pesadas, que dificulten el proceso de separación de la fase flotante. La estructura previa al tanque de flotación se esquematiza en la figura 42, como un cuadrado mas pequeño(a), y el estanque de retención de aguas como el cuadrado de mayor tamaño (b).

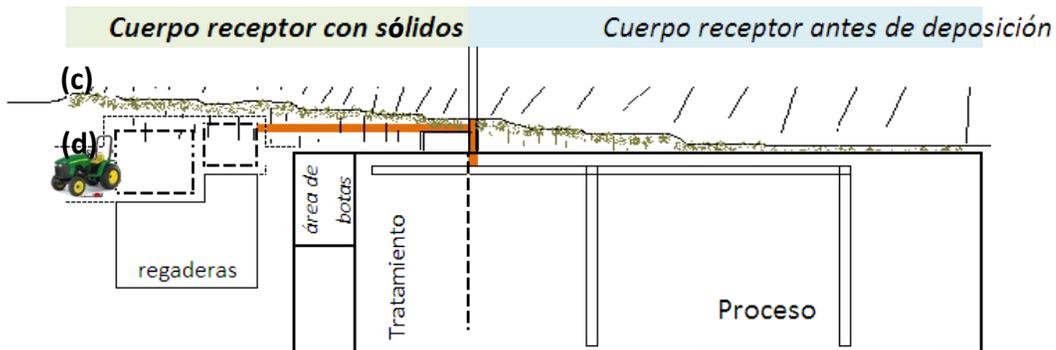
Figura 42. **Representación gráfica, vista de planta, del área que utilizaría la estructura, sin escala**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2007.

En la figura 43 se esquematiza la topografía del terreno (c), y como delimitaría el área de construcción de los estanque de tratamiento de aguas residuales, así como la ubicación del punto de evacuación de los sólidos recolectados (d).

Figura 43. **Representación gráfica, vista de planta, del bosquejo de diseño de los tanques, sin escala**

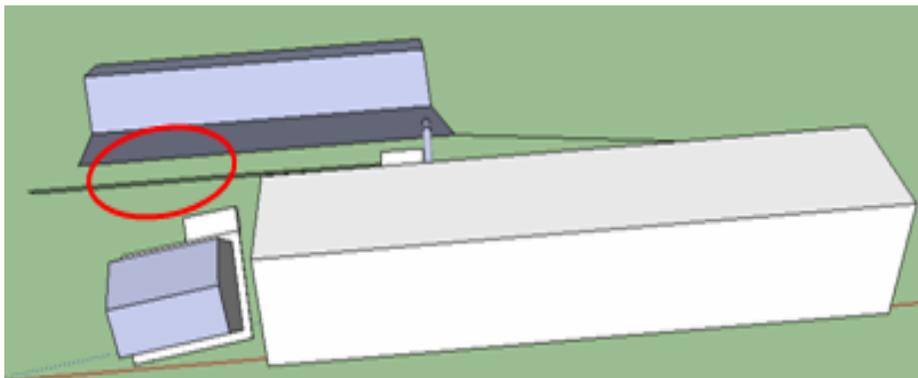


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2007.

2.4.1 Representación tridimensional del área considerada para la ubicación de los tanques para el control de sólido

En la figura 39 se enmarca con rojo, el área que se considera ideal para la instalación de la propuesta física de control de sólidos, desde una perspectiva isométrica.

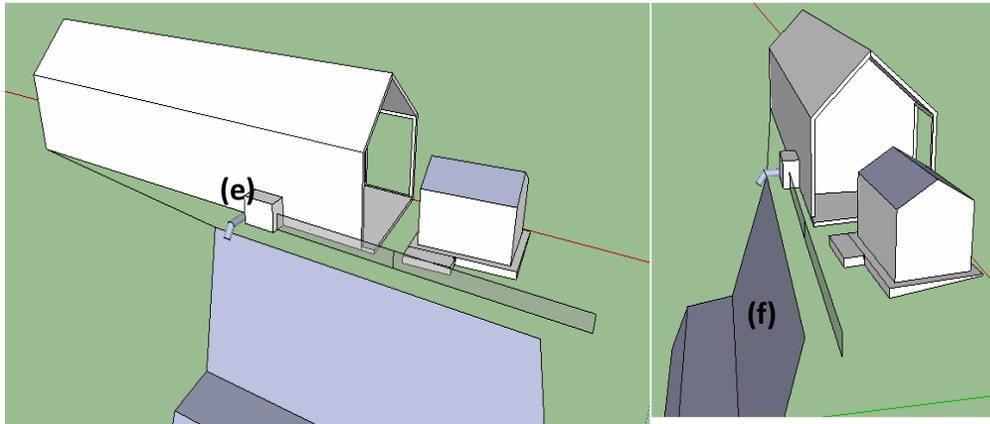
Figura 44. **Vista de planta del área propuesta, situación actual, representación a escala**



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

Esta ubicación se considera ideal, debido a la cercanía de la salida de aguas residuales de la planta de procesamiento (e), que se representa en la figura 45, así también se encuentra en la parte superior de la pendiente (f) hacia el río, por lo que la recolección de los sólidos separados del agua de proceso será más práctica, a diferencia de construir en el fondo de la pendiente, ya que representaría mayor trabajo subir esos sólidos a la carretera.

Figura 45. **Vista lateral y frontal del área propuesta, situación actual, representación a escala**



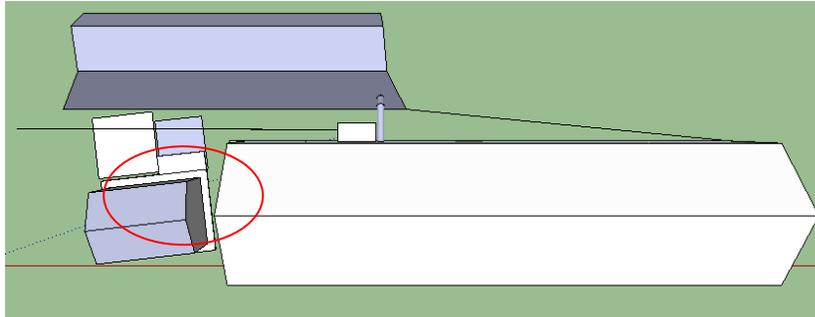
Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

2.4.2. Ubicación de tanques de control de sólidos, en el área propuesta para la construcción

Las restricciones físicas del diseño son, una malla metálica, que puede ser corrida unos metros, y así hacer más espacio para construir.

En la figura 46 se señala otra restricción que lo constituye el área de duchas para el personal encargado de las operaciones de fumigación de productos químicos, delimitado con rojo.

Figura 46. **Vista de planta, de la ubicación de los estanques de retención de sólidos, en el área propuesta**



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

El área seleccionada como la mejor opción para la instalación de la estructura física para el control de sólidos, consiste en un espacio existente atrás de la planta de procesamiento y del área de duchas, la cual actualmente se utiliza para la desinfección de equipos de fumigación, como se evidencia en la fotografía de la figura 47, donde se aprecia el equipo de fumigación y lavado.

Figura 47. **Representación de los estanques, en una fotografía del área real propuesta**



Fuente: área de lavado de equipo de fumigación, Monsanto, Salamá.

Actualmente el área propuesta se encuentra ocupada con dos pilitas (lavaderos), y lazos para tender los vestuarios utilizados en la actividad de fumigación, los cuales enmarcan la forma que deben ser construidos los estanques, como se muestra en la representación superpuesta de los estanques en la figura 48.

Figura 48. **Superposición de una representación de los tanques propuestos en una fotografía del área real**

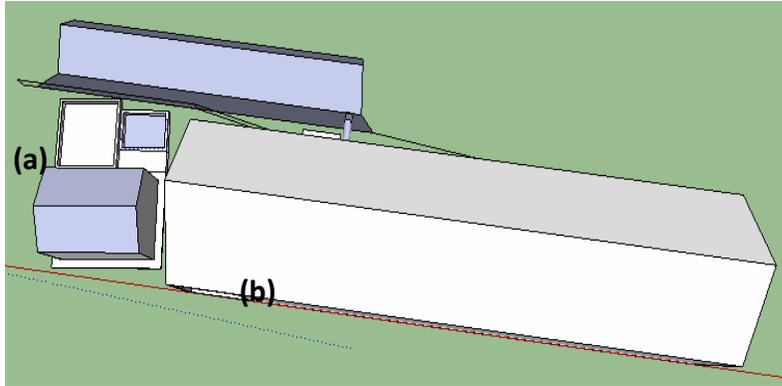


Fuente: área de lavado de equipo de fumigación, Monsanto, Salamá.

2.4.3. **Diseño preliminar de estanques**

Utilizando una herramienta de diseño gráfico, en este caso Google Sketchup, se modeló una representación isométrica a escala, presentada en la figura 49, de la ubicación de los estanques de retención(a) y se reconstruyó a escala una representación de la planta de proceso (b).

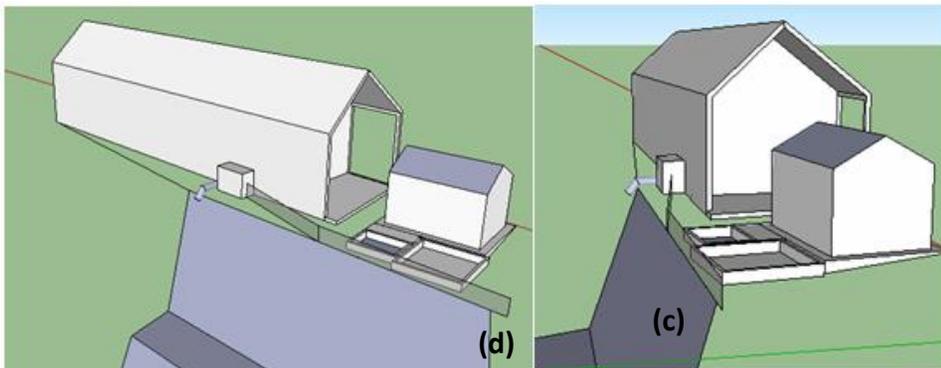
Figura 49. **Vista de planta, diseño preliminar de estanques, representación tridimensional sin acotar**



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

En la figura 50 se representa la topografía del terreno, donde se muestra la pendiente que limita la construcción de los estanques(c), donde deberá colocarse una maya de seguridad para evitar accidentes (d).

Figura 50. **Vista en perspectiva de diseño de estanque, representación tridimensional a escala, sin acotar**



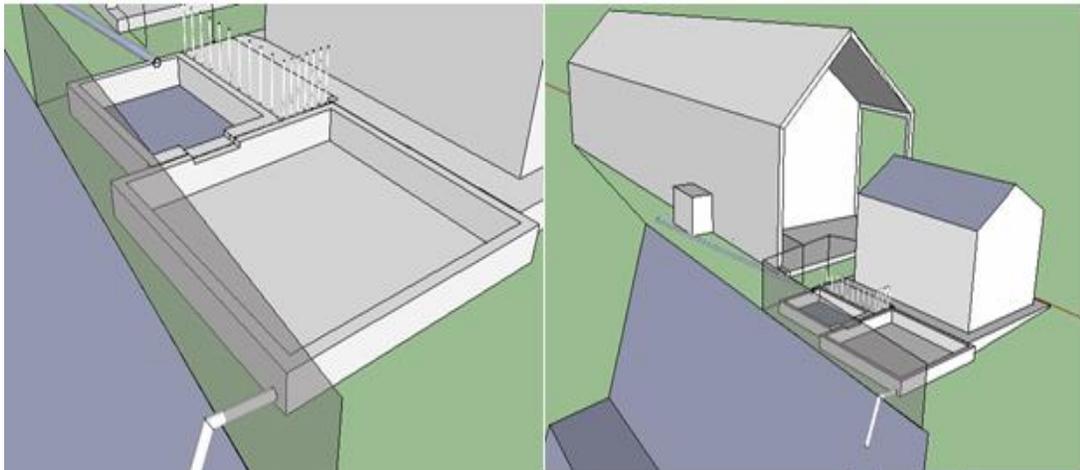
Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

Para poder implementar esta alternativa será necesario realizar algunos cambios al lugar, tomando en cuenta que el equipo de desinfección ya está previsto trasladarlo a un área específica, haría falta modificaciones menores como mover unos metros en tramo de malla metálica que atraviesa el área para poder disponer de un área suficiente para construir.

2.4.4. Representación de detalles finales

Las dimensiones finales del diseño del estanque ajustadas a la realidad, son representadas en la figura 51 y 52, donde se muestra la estructura en una vista isométrica.

Figura 51. **Detalles finales de instalaciones necesarios, como tuberías y caminamientos**

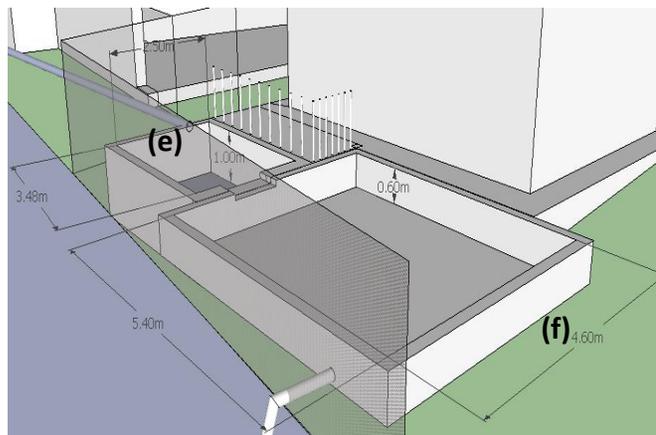


Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

El área de tratamiento deberá estar circulada completamente, ya que esta se encuentra ubicada al borde del precipicio que termina en el cuerpo receptor en cuestión, asimismo el acceso será restringido, sólo deberán ingresar las personas designadas para trabajar en él, en la operación de recolección de sólidos recuperados.

Con las líneas de acotado, en el área reconstruida con el software de modelación en 3D, siendo 2,50 x 3,48 x 1 metros (e), para el estanque de sedimentación previo al estanque de retención, con un volumen de captación total de 8,7 metros cúbicos, y las medidas finales de diseño para el estanque de separación de sobrenadante son 5,4 x 4,6 x 0,6 metros (f), para un volumen total de captación de 14,9 metros cúbicos, cumpliendo con las especificaciones determinadas en la investigación de campo, ya que posee una capacidad mayor a de 10,5 metros cúbicos, que se determinó debería ser el volumen mínimo de captación.

Figura 52. **Representación tridimensional de sistema de control de sólidos, acotado**



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

2.5. Construcción de un prototipo de estanque de retención de agua

El diseño del estanque de retención de agua de la sección anterior, se realizó basado en la investigación de campo, donde se demostró en una escala pequeña que el fenómeno de flotación de partículas pequeñas, es efectivo para reducir los niveles de sólidos presentes en el agua de proceso, sin embargo, las muestras puntuales que se recolectaron para la investigación de campo no son suficientemente representativas para asegurar que en una escala real la alternativa funcionara, como lo hizo en la prueba con el recipiente de 5 galones de la figura 53. Donde se aprecia la separación de los sólidos por efecto de la gravedad.

Figura 53. Prueba de separación de sólidos, muestra puntual de 5 galones



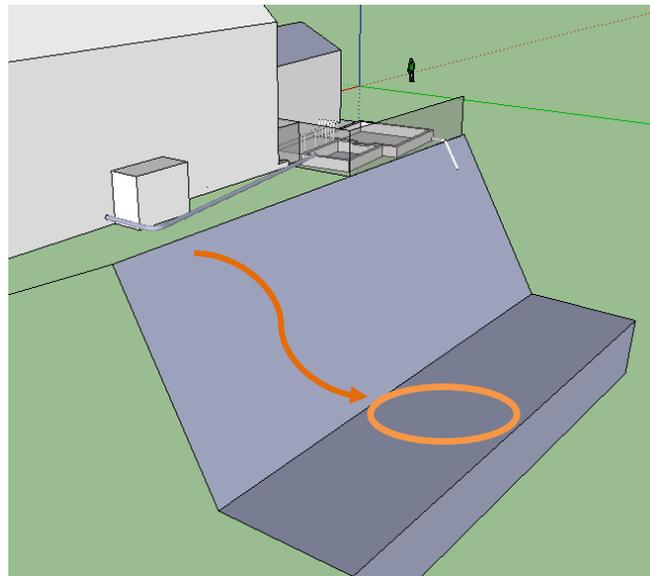
Fuente: área de procesamiento de frutos, Monsanto, Salamá.

Lo que se pretende es construir un prototipo del estanque diseñado, con dimensiones ajustadas a la realidad, con el cual, recolectar la cantidad de agua residual, de al menos 30 cajas de proceso, y ejecutar una repetición del fenómeno de flotación.

2.5.1. Ubicación del prototipo para la prueba

La planta de proceso se ubica al borde de una pendiente (a), como se esquematiza en la figura 54, por donde descende la tubería de aguas residuales hacia el cuerpo receptor, en la parte baja de la pendiente existe un área plana donde se decidió construir el prototipo justo donde cruza la tubería de aguas residuales que se esquematiza de color naranja en la figura 54.

Figura 54. **Esquema de la ubicación del prototipo de estanque para prueba de separación de sólidos**

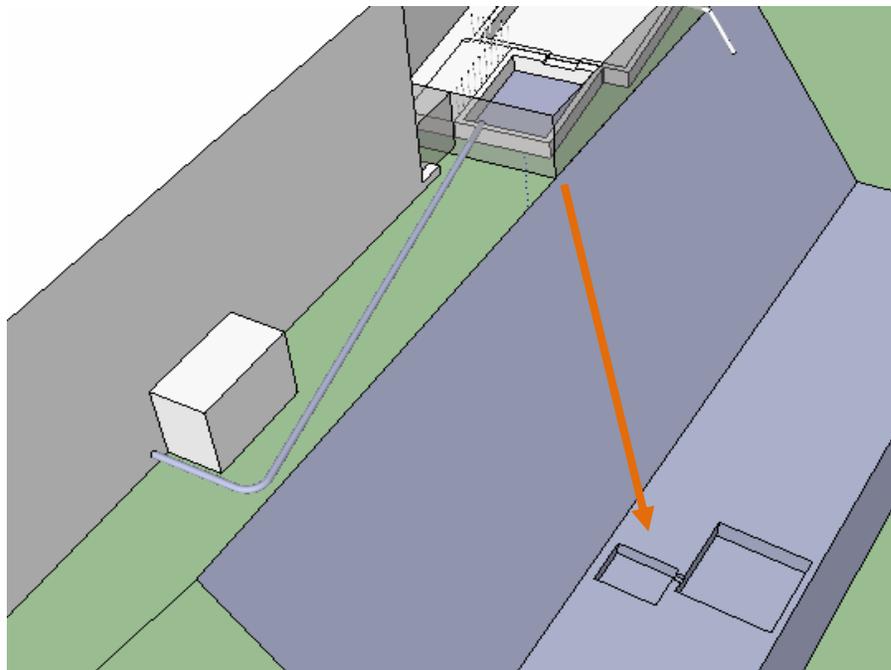


Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

Se decidió esta ubicación debido a que el agua residual actualmente fluye por ese punto y esta cerca del cuerpo receptor, lo cual es ideal para vaciar el agua ya tratada y poder tomar las muestras con equipo de laboratorio.

Otra característica favorable para la construcción del prototipo en el área es la facilidad de excavar los estanques, como se esquematiza en la figura 55, en lugar de levantarlos de mampostería, ya que la empresa no financia infraestructuras fijas para proyectos de investigación.

Figura 55. **Representación del agujero que sirva para retener el agua de proceso**



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

2.5.2. Acondicionamiento del área de construcción del prototipo

Para poder realizar trabajos en cualquiera de las áreas de la estación es necesario que la persona encargada de los programas de ESH (seguridad industrial, salud ocupacional y medio ambiente), supervise y autorice cualquier planificación de construcción, por pequeña que esta sea.

Para la construcción del prototipo de estanque, el departamento de ESH, determinó la necesidad de habilitar una vía de acceso, que contara con un caminamiento con gradas y línea de vida en ambos lados, como se evidencia en la figura 56, para lo cual se contó con personal el equipo de apoyo.

Figura 56. **Fotografía de trabajo de habilitación de acceso al área de construcción del estanque**



Fuente: lindero hacia el riachuelo contaminado en la estación de Monsanto, Salamá.

Para el acondicionamiento y moldeado de las gradas se utilizó madera de desecho, que es resto de invernaderos que se desarmaron para ser cambiados por invernaderos de estructura metálica, la cual fue trasladada al área de trabajo por el tractorista del equipo, como se evidencia en la figura 57.

Figura 57. Fotografía del traslado de materiales para moldear las gradas de la ruta de acceso



Fuente: carretera interna estación de Monsanto, Salamá .

En la figura 58 se muestra como el material de desecho fue utilizado para formar las gradas necesarias para descender hasta el punto de construcción de la prueba.

Figura 58. **Fotografía de la formación de las gradas con la madera de desecho de los invernaderos desarmados**



Fuente: lindero hacia el riachuelo contaminado en la estación de Monsanto, Salamá.

Luego del acondicionamiento de las gradas, por normativa del departamento de ESH, todo descenso inclinado debe de contar con líneas de vida para garantizar seguridad al bajar, por lo que se colocaron lazos en ambos lados de las gradas.

Figura 59. **Fotografía de colocación de línea de vida en ruta de acceso al área de construcción del estanque prototipo**



Fuente: caminamiento construido para descender al riachuelo que cruza la finca.

2.5.3. Excavación de agujero de estanque

En la figura 60 se evidencia la excavación dos agujeros correspondientes a cada uno de los estanques representados en el diseño, con dimensiones de 3 x 1,5 x 0,8 metros, para el estanque de sedimentación y 3 x 3 x 0,6 metros, para el estanque de flotación de sólidos, con las cuales se pretende recolectar la cantidad de agua del lavado de 30 cajas de tomate, considerado como una muestra representativa de la producción de la planta. Para los trabajos de excavación se contó con la ayuda del personal de mantenimiento.

Figura 60. **Fotografía de la excavación del estanque**



Fuente: construcción de estructura para retención de aguas de proceso.

- Enmarcado y colocación de plástico en el agujero

Para ajustar el plástico a la estructura fue necesaria la colocación de una estructura de madera que permitiera sujetar los bordes del mismo, como se aprecia en la figura 61.

Figura 61. **Fotografía de la colocación del plástico en la estructura de retención**



Fuente: construcción de estructura para retención de aguas de proceso.

- Construcción de un caminamiento para la toma de muestras

Debido a las precipitaciones de la época lluviosa, el lugar de ubicación de la prueba se convirtió en un área fangosa, en la cual era imposible caminar sin equipo adecuado, por lo cual se construyó un caminamiento con ladrillos de barro de desecho que se encontraban en un área de restos de producción, que se aprecian en la figura 62.

El camino se habilitó para permitir el acceso de los técnicos de laboratorio, hasta el punto de toma de las muestras, para evitar accidentes que pudieran dañar el equipo de medición.

Figura 62. **Fotografía de construcción de un caminamiento para toma de muestras**



Fuente: construcción de estructura para retención de aguas de proceso.

- Prueba preliminar para revisión de fugas

Se separó la tubería de la salida de aguas residuales de una de sus uniones, para llenar el estanque, con agua de lavado de las instalaciones, proveniente de la planta de procesamiento, para verificar la correcta retención de líquido y cerciorarse de que no existieran fugas que arruinaran la prueba.

Figura 63. **Fotografía de la prueba preliminar de capacidad de retención del estanque**



Fuente: construcción de estructura para retención de aguas de proceso.

2.5.4. Ejecución de la prueba de retención de agua de proceso

La prueba consistió en captar el agua de lavado de semillas, por lo menos de 30 cajas de tomate de proceso y retenerla durante toda la noche.

- Captación del agua de procesamiento

Como se esperaba, los sólidos se agregaron para formar el sobrenadante y poder separar el agua por el drenaje instalado en la parte inferior del estanque. Al día siguiente se unió de nuevo la tubería para desviar el agua de procesamiento al destino actual, este proceso se documentó en las fotografías de la figura 64, donde se aprecia la coloración roja del agua de proceso de ese día.

Figura 64. Fotografías de la captación del agua de proceso



Fuente: prueba de retención de agua de proceso.

En la figura 65 se aprecia una fotografía del estanque la mañana siguiente, luego de mas de 17 horas de reposo, donde se aprecia la formación de un sobrenadante conformado por los sólidos en suspensión.

Figura 65. **Fotografías aguas en reposo al día siguiente de la captación**



Fuente: construcción de estructura para retención de aguas de proceso.

2.5.5. Toma de las muestras para análisis de laboratorio

El siguiente día de haber captado el agua de proceso, se tomaron dos muestras con equipo de laboratorio especial, una muestra puntual en la salida del estanque diseñado para la prueba y otra muestra continua para el flujo del efluente de la salida de aguas residuales de la planta de procesamiento, para comparar el comportamiento de los parámetros asociados a la presencia de sólidos en el agua.

Figura 66. **Fotografías de la toma de muestra continua, de la salida de procesamiento de frutos**



Fuente: salida de agua de procesamiento de frutos.

En la figura 67 se muestra la salida de agua con tratamiento, del prototipo construido para la separación de sólidos, en donde se aprecia un cambio en la coloración, de rojo a blanco turbio.

Figura 67. **Fotografías de toma de muestra de la salida de agua del estanque de retención de agua de proceso**



Fuente: recolección de muestra de aguas residuales para laboratorio.

2.5.6. Resultados de la prueba de campo con el estanque prototipo

El resultado de la toma de las muestras, fueron dos recipientes de volumen de 1 litro cada uno, dos recipientes de 1 galón y dos muestras de 100 mililitros cada una, en los cuales ya se apreciaba la diferencia en la coloración de los contenidos. El agua proveniente del proceso de tomates del día de la toma de muestra (derecha en figura 62), presentaba un color rojo, y la muestra recolectada del estanque de retención (izquierda en figura 62), ya no presentaba la coloración roja característica del agua residual del procesamiento de frutos.

Figura 68. **Fotografías de las muestras recolectadas para el análisis de laboratorio**



Fuente: muestras preparadas para enviar a laboratorio en área de procesamiento.

2.5.7. Resultados de laboratorio de las muestras

Las muestras fueron debidamente preparadas para el envío a las instalaciones del laboratorio FQB, en una hielera con bolsas de gel congelado, para mantener una temperatura abajo de 25 grados centígrados, para garantizar la veracidad de los resultados, los cuales se recibieron 15 días después, cuya información se evidenciada en la tabla III.

Figura 69. **Fotografía de correcta preparación de muestras para su envío a los laboratorios**



Fuente: muestras preparadas para enviar a laboratorio en área de procesamiento.

Tabla III. Datos de los resultados de laboratorio, de los factores ambientales evaluados

Tipo de muestra: Aguas residuales
 Temperatura de recepción: 8,0 ° C,
 Envase: tambos plásticos, frascos de vidrio y bolsas whirl-pack
 Análisis solicitado: Ambiental y microbiológico
 Fecha de muestreo: 14/09/2011
 Fecha de proceso: 15/09/2011
 Sitio de descarga: Quebrada Rio Salamá (cuerpo receptor)
 Método de muestreo: Puntual compuesto de 11 tomas

Determinaciones fisicoquímicas	Salida de agua residual especial lavado de tomate. N: 15°06'42,1" O: 090°19'15,3" Altura: 968 metros SNM (No. Lab.1110161)	Salida de agua residual especial pre tratado agua de proceso de tomate N: 15°06'42,1" O: 090°19'15,3" Altura: 968 metros SNM (No. Lab.1110161 A)
Demanda química de oxígeno (DQO) (°)	3760,0 mg O ₂ /L	2485,0 mg O ₂ /L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (°)	2914,5 mg O ₂ /L	1326,6 mg O ₂ /L
Relación DQO / DBO	1,2	1,2
Sólidos sedimentables (°)	350,0 ml/L	7,0 ml/L
Materia flotante	Presente	Ausente
Sólidos en suspensión (°)	461,5 mg/L	91,0 mg/L
Grasas y aceites	19,2 mg/L	24,4 mg/L
Color	810,0 Pt/Co	487,0 Pt/Co
Nitrógeno total	3,0 mg/L	39,6 mg/L
Fósforo total	5,8 mg/L	6,8 mg/L
Coliformes fecales (°)	540000 NMP/100ml	82000 NMP/100ml

Parámetros	Métodos de Referencia
Sólidos totales secados entre 103 a 105° C	SMW Met. 2540 B Pág. 2-56
Sólidos en suspensión totales secados entre 103 a 105° C	SMW Met. 2540 D Pág. 2-58
Sólidos sedimentables	SMW Met. 2540 F Pág. 2-59 y 2-60
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). método respirométrico	Instructivo de Merck Línea Oxitop (análogo a SMW Met. 5210 D Pág. 5-10 a 5-13)
Demanda química de oxígeno (DQO). reflujó cerrado, método colorimétrico	SQ. Met. 14555 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19) SQ. Met. 14541 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19) SQ. Met. 14690 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19)
Materia flotante	Visual
Grasas y aceites, método de partición gravimétrica	SMW Met. 5520 B Pág. 5-37 y 5-38
Color	Colorímetro
Nitrógeno	SQ Met. 14537
Fósforo total	SQ Met. 14848
Coliformes fecales	SMW Met. 9221 E Pág. 9-56 y 9-57

Fuente: laboratorios FQB de Guatemala.

Tabla IV. **Condiciones referenciales de la toma de muestras**

Tipo de muestra: Aguas residuales
 Condiciones de la muestra: Medición in situ
 Análisis solicitado: Determinación de pH y temperatura
 Fecha de muestreo: 14/09/2011
 Fecha de proceso: 14/09/2011
 Sitio de descarga: Quebrada Rio Salamá (cuerpo receptor)
 Método de muestreo: Puntual

Identificación de la muestra	(No. Lab)	Fecha	Hora de medición	Temperatura (medida in situ)	pH ^(e) (in situ)
Salida de agua residual especial lavado de tomate. N: 15°06'42,1" O: 090°19'15,3" Altura: 968 metros SNM	1110161	14/09/2011	10:00	25,0 °C	5,53
Salida de agua residual especial pre tratado agua de proceso de tomate N: 15°06'42,1" O: 090°19'15,3" Altura: 968 metros SNM	1110161 A	14/09/2011	11:00	26,0 °C	3,96

SIGLAS USADAS: SMW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 Ed. 2005.

SQ: Método Spectroquant.

(^e) Análisis acreditados conforme a la norma COGUANOR NTG/ISO/IEC/17025

Parámetros	Métodos de Referencia
Potencial de hidrógeno (pH), método electrométrico	SMW Met. 4500-H ⁺ B Pág. 4-90 a 4-94
Temperatura	SMW Met. 2550 Pág. 2-61 y 2-62

Fuente: laboratorios FQB de Guatemala.

2.5.8. Análisis

Los resultados expuestos en la tabla III muestran reducciones en los parámetros de interés para el estudio, las concentraciones de DQO, disminuyeron 34 por ciento, de DBO disminuyeron 54 por ciento, estos datos de la variación en los parámetros se describe en el cuadro de la figura 70 a través de un análisis porcentual de las reducciones alcanzadas, donde se evidencia que el parámetro de sólidos en suspensión, principal indicador de éxito para la prueba realizada, alcanzó 80 por ciento de reducción total, así también se encuentran los resultados para otros parámetros fisicoquímicos que deben ser controlados según la ley de aguas residuales de Guatemala.

Figura 70. **Análisis porcentual de las variaciones en los parámetros ambientales de las muestras de aguas residuales**

Determinaciones fisicoquímicas	VARIACIÓN
Demanda química de oxígeno (DQO) (°)	-34%
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (°)	-54%
Relación DQO / DBO	0%
Sólidos sedimentables (°)	-98%
Materia flotante	
Sólidos en suspensión (°)	-80%
Grasas y aceites	27%
Color	-40%
Nitrógeno total	1220%
Fósforo total	
Coliformes fecales (°)	-85%

Fuente: elaboración propia.

Algunos parámetros fisicoquímicos incrementaron sus valores, como nitrógeno total, el cual incremento en 12 veces la lectura inicial, esto debido al tiempo de reposo de la muestra, en el cual empiezan procesos de fermentación y liberación de gases derivados de ese proceso.

Basado en el resultado del laboratorio, se afirma que el principio de formación de sobrenadante, es una alternativa viable para la reducción de sólidos contaminantes disueltos en el agua residual de procesamiento de frutos, ya que la reducción alcanzada con un prototipo experimental fue de 80 por ciento.

Figura 71. Resultados obtenidos comparados con los límites establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 (06/05/2006), para evaluar su cumplimiento

Salida de agua residual especial lavado de tomate. N: 15°06'42,1" O: 090°19'15,3" Altura: 968 metros SNM		No. Lab: 1110161		
Parámetros	Etapa 1 2011	Etapa 2 2016	Etapa 3 2020	Etapa 4 2024
DQO	No hay normativa	No hay normativa	No hay normativa	No hay normativa
DBO (carga)	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
DBO (concentración)	No hay normativa	No hay normativa	No hay normativa	No cumple
Grasas y aceites	Si cumple	Si cumple	Si cumple	No cumple
Materia flotante	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
Sólidos en suspensión	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
Nitrógeno total	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
Fósforo total	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
pH	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Coliformes fecales	Si cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Temperatura	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
Color	Si cumple	Si cumple	No cumple	No cumple

Fuente: laboratorios FQB, de Guatemala.

2.6. Análisis financiero de evaluación de una opción para solución del problema de aguas residuales

En la tabla V se detallan los gastos erogados necesarios para la construcción del prototipo que se empleó para demostrar el principio de separación de sólidos por diferencia de densidad en escala real.

Tabla V. **Cuadro de costos de implementación de prototipo de opción de control de sólidos**

Descripción		Cantidad	costo unitario	Total
INSUMOS				
Madera	solo tablas de desecho, sobrantes del cambio de invernaderos desarmados.	55	Q1.00	Q55.00
Clavos	clavos de 1.5pulg., nuevos	2lb.	Q15.00	Q60.00
Nylon	sobrante de la construcción de nuevos invernaderos	40m2	Q10.00	Q400.00
Ladrillo	material de desecho de antiguos invernaderos	70 ladrillos	Q0.00	Q0.00
Lazo	100 ms de cinta nueva.	1 tira nueva	Q600.00	Q600.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Continuación de cuadro de costos de implementación de prototipo de opción de control de sólidos**

MANO DE OBRA				
Grupo de APOYO	4 operarios trabajando durante 1 semana.	32 horas de trabajo	Q19.09	610.88
tractorista	acarreo de materiales y madera	2 horas	Q20.76	41.52
DEPRECIACIONES				
herramientas	dato estimado por departamento de contabilidad	–	Q2.00	Q2.00
tractor	dato estimado por departamento de contabilidad	–	Q10.00	Q10.00
ANALISIS LAB				
análisis 1	aguas de proceso, recolección propia si equipo	2muestras	Q1,258.00	Q1,258.00
análisis 2	aguas de estanque de retención toma de muestra con equipo	2 muestras	Q4,310.00	Q4,310.00
COSTO TOTAL DE LA EVALUACION				Q7,347.40

Fuente: elaboración propia.

2.7. Conclusiones generales de la investigación de campo

Con la investigación de campo, se observa y se miden algunos factores considerados como causas en el análisis de causa y efecto, obteniendo conclusiones interesantes, desde hallazgos de puntos de mejora hasta la propuesta de una metodología que podría resultar en el cumplimiento de los requerimientos ambientales hasta el 2014.

- El proceso de fermentación, es una operación unitaria que representa un punto crítico de control dentro de la actividad de procesamiento, necesario para disminuir los volúmenes de las emisiones de aguas residuales provenientes del lavado de las semillas, hasta en un 50 por ciento, e incrementar la productividad del área de proceso hasta un 34 por ciento.
- La causa de la variación de tiempos y horarios, en los inicios del proceso de fermentación, se debe a la falta de organización del trabajo, por parte del equipo de apoyo, provocando la desviación de hasta 5 horas en los tiempos de fermentación.
- El agua de proceso puede ser tratada, con el principio de separación de fases por diferencia de densidades, para separar las partículas finas que causan la contaminación al cuerpo receptor.
- Con el prototipo de estanque de retención de agua diseñado se logro reducir 80 por ciento de sólidos en suspensión, reduciendo así los parámetros de DBO y DQO, hasta en un 54 por ciento, que son los parámetros asociados a contaminación biodegradable, contemplados en la legislación de Guatemala.

2.8. Propuesta integral para el control de sólidos en las aguas residuales

Basados en las conclusiones de la fase de investigación, se propone un sistema de control de sólidos, el cual involucre cambios en el proceso de fermentación, en la organización del trabajo y área de trabajo, y la utilización del principio de separación de fases por diferencia de densidades, para reducir los sólidos disueltos en el agua de proceso.

2.8.1. Control de condiciones de proceso de fermentación

Debe ser la principal acción a realizar para la implementación de una alternativa de control de sólidos, ya que es necesario conocer un caudal continuo de aguas residuales para poder diseñar una estructura física de manejo de aguas. Se determinó en la investigación de campo que el consumo de agua para lavado de semillas puede cambiar considerablemente, hasta en un 100 por ciento, cuando varían estos factores.

- Ordenando el trabajo de procesamiento

Para conseguir un ritmo constante y hacer coincidir todos los días el proceso de fermentación con las horas de mayor temperatura, como se muestra en la figura 72, donde se presenta de color amarillo los tiempos de fermentación constantes, en un diseño de organización del trabajo.

Figura 72. **Propuesta de organización del trabajo para normalizar los tiempos de proceso de fermentación**

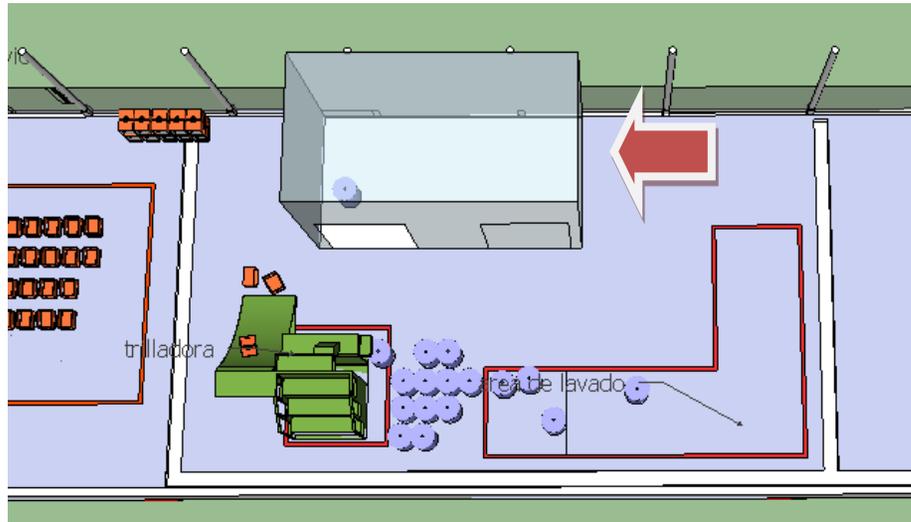
	LUNES		MARTES				MIÉRCOLES				JUEVES		VIERNES												
07:00 a.m.	cosecha 1	acarreo 1	cosecha 3	acarreo 3	triturado 2	Fermentación 2	lavado 1	cosecha 5	acarreo 5	triturado 3	Fermentación 3	lavado 2	cosecha	acarreo	triturado	Fermentación 3	lavado 3	lavado 4							
08:00 a.m.																									
09:00 a.m.																									
10:00 a.m.																									
11:00 a.m.	13 op.	2 op.	3 op.	2 op.	3 op.	7 op.	3 op.	2 op.	3 op.	7 op.	3 op.	2 op.	3 op.	7 op.	7 op.										
		triturado 6 op.																							
12:00 - 13:00	ALMUERZO																								
13:00 p.m.	cosecha 2	acarreo 2	fermentación 1	cosecha 4	acarreo 4	fermentación	cosecha 6	acarreo 6	fermentación	cosecha	acarreo	fermentación													
14:00 p.m.																									
15:00 p.m.																									
16:00 p.m.																			3 op.	12 op.	3 op.	12 op.	3 op.	12 op.	3 op.
17:00 p.m.																			12 op.						

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2007.

- Diseño de un área específica de fermentación que permita controlar el proceso

Se propone también la construcción de un área dentro de la planta de proceso, para colocar los barriles de fermento, como se muestra en la figura 73, señalado con una flecha roja, el cual funcione como una cámara aislante, para proteger el proceso de fermentación de las bajas temperaturas durante la noche.

Figura 73. **Esquema de propuesta dentro de la planta de proceso, que permita controlar los factores de fermentación**



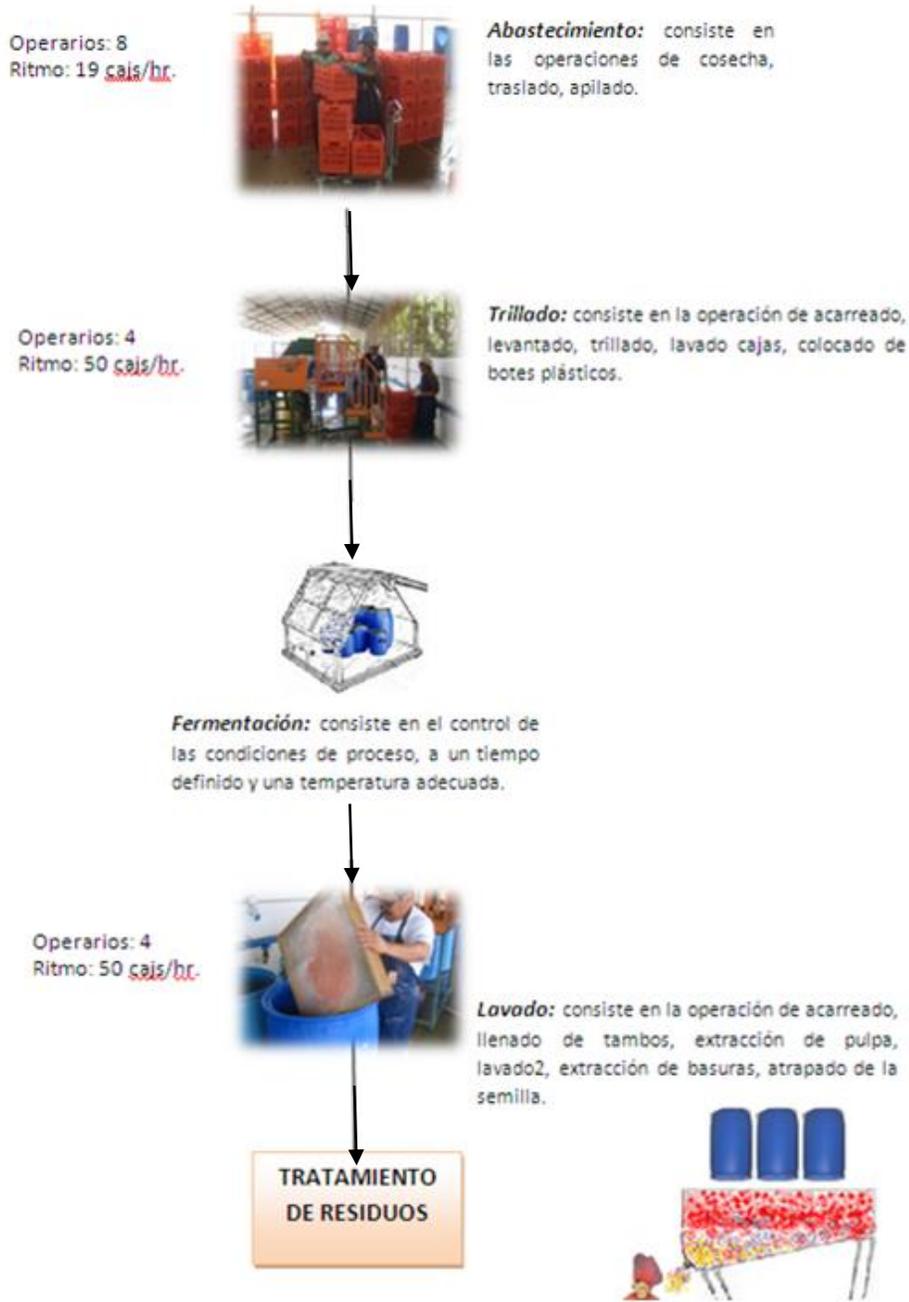
Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

2.8.2. Trabajo en línea

La propuesta de trabajo en línea es para poder realizar una producción continua, trabajando por estaciones, y distribuir todo el personal de apoyo en estas operaciones según sea necesario, determinado a través de un balance de línea del procesamiento.

El objetivo de esta alternativa es eliminar el tiempo de la operación de fermentación del flujo de proceso principal, volviendo la operación de fermentación, una operación de abastecimiento de inventario, interno, donde el producto procesado se introduzca al área de fermentación y la operación de lavado retire producto procesado el día anterior, ambas al mismo ritmo, como se muestra en la figura 74.

Figura 74. Esquema ilustrado del flujo de procesamiento en línea



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

2.8.3. Análisis de productividad de la alternativa propuesta, para organización del trabajo

Conjuntamente con el análisis de consumo de agua para el procesamiento de frutos en la planta de proceso se cronometraron los tiempos necesarios para realizar cada operación, los cuales se describen en la figura 75, donde se muestran los tiempos en minutos necesarios para completar la operación; la unidad de referencia para los cálculos matemáticos es una caja de producto de 30 kilogramos de tomate y de 0,056 metros cúbicos de volumen.

Figura 75. Cuadro de tiempos promedio cronometrados

Operaciones	Tiempo	
Cosecha	15	Min
Traslado	3	min
Triturado	3	min
Lavado	10	min

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis de productividad, en la determinación de operarios necesarios por estación de trabajo, se ajustó a una eficiencia de 90 por ciento inicial y se ajustó el ritmo de producción basado en un total de 6 horas efectivas de operación y a una producción diaria de 150 cajas de tomates.

- Balance de línea para el método actual de procesamiento de frutos
 - Ritmo de producción del método actual

$$\text{ritmo} = \frac{6 \text{ horas} \times (60 \text{ min})}{150 \text{ cajas}} = 2,40 \text{ min/ caja}$$

- Número de operarios teórico del método actual

$$\text{no. op. teorico} = \frac{\text{tiempo prom / ritmo}}{\text{eficiencia}}$$

- Balance matemático del método actual

Figura 76. **Balance de líneas para método actual**

BALANCE DE LINEAS DE LA PLANTA DE PROCESO ACTUAL							
Operaciones	Tiempo		Ritmo (min/caja)	No. Op.	N.O.R.	Ritmo	
Cosecha	15	Min	2,40	6,94	16	0,94	min
Traslado	3	Min	2,40	1,39	16	0,19	min
Triturado	3	Min	2,40	1,39	16	0,19	min
Lavado	10	Min	2,40	4,63	16	0,63	min
Total de operarios					16		

Fuente: elaboración propia.

- Total de operarios del método actual

El total de operarios no se determina a través de una sumatoria de todas las estaciones ya que los mismos 16 operarios realizan todas las operaciones, alternándose de puesto de trabajo.

- Eficiencia real del método actual

$$\text{Ef. real} = \frac{0,94+0,19+0,19+0,63}{0,94 \times 4} = 0.52 \Rightarrow 52 \text{ por ciento}$$

- Análisis

Actualmente la operación de la planta de procesamiento de frutos se realiza con efectividad ya que la actividad es concluida con éxito a través de un trabajo en equipo, donde todo el grupo se dirige a cada estación, sin embargo esta poca distribución de los operarios no refleja la misma eficiencia que efectividad, ya que se demuestra en el análisis matemático que la operación se esta realizando con un 52 por ciento de eficiencia. En el análisis siguiente se muestra como al distribuir el mismo número de operarios en diferentes estaciones de trabajo, se mantiene la eficacia pero se incrementa la eficiencia, realizando los cambios necesarios para que esto se lleve a cabo.

- Balance de línea para el método de alternativa propuesta de procesamiento de frutos.

- Ritmo de producción de la nueva propuesta

$$\text{ritmo} = \frac{6 \text{ horas} \times (60 \text{ min})}{150 \text{ cajas}} = 2,40 \text{ min/ caja}$$

- Número de operarios teórico de la nueva propuesta

$$\text{no. op. teorico} = \frac{\text{tiempo prom} / \text{ritmo}}{\text{eficiencia}}$$

- Balance matemático de la nueva propuesta

Figura 77. **Balance de líneas método mejorado**

BALANCE DE LINEAS DE LA PLANTA DE PROCESO PROPUESTO								
Operaciones	Tiempo		Ritmo (min/caja)	No. Op.	N.O.R.	Ritmo		mejoras
Cosecha	15	min	2,40	6,94	7	2,14	min	
Traslado	3	min	2,40	1,39	2	1,50	min	Uso de motocultor (ver fig. 78)
Triturado	3	min	2,40	1,39	2	1,50	min	Utilización de banda transportadora (ver fig. 79)
Lavado	10	min	2,40	4,63	5	2,00	min	Mejora proceso fermentación
Total de operarios					16			

Fuente: elaboración propia.

- Total de operarios de la nueva propuesta

El cálculo del número de operarios necesario es matemáticamente igual al que se utiliza actualmente, sin embargo en la propuesta los operarios son distribuidos en los diferentes puestos de trabajo.

- Eficiencia real de la nueva propuesta

$$Ef. real = \frac{2,14+1,5+1,5+2}{2,14 \times 4} = 0,83 \Rightarrow 83 \text{ por ciento}$$

- Análisis

Para que el método propuesto sea funcional y pueda operar con el personal propuesto a un 83 por ciento de eficiencia es necesario realizar tres modificaciones al método actual.

Primero es necesario realizar la implementación de un método de transporte de materia prima, el cual consiste en un motocultor como el que se muestra en la figura 78, que cumpla con las condiciones de seguridad necesarias según las políticas de la estación, segundo, se debe realizar modificaciones en la trilladora como se muestra en la figura 79 para poder emplear la banda elevadora de productos, que se encuentra en desuso por mal diseño de los equipos y tercero, se debe implementar el control de las condiciones del proceso de fermentación para incrementar la productividad de la estación de lavado de la semilla.

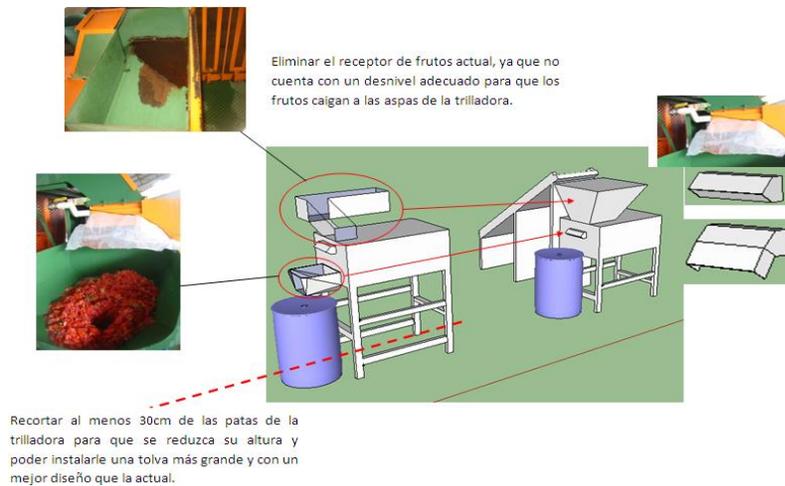
Estos cambios no solo mejoraran la productividad, sino que también reducirán costos de operación y con la implementación de un motocultor se cuida la salud ocupacional de los encargados de acarreo de materia prima hacia el área de proceso.

Figura 78. **Esquema de equipo motorizado como alternativa para mejorar la operación de abastecimiento en el procesamiento**



Fuente: elaboración propia, con programa Paint 2007.

Figura 79. **Esquema de las modificaciones necesarias para la correcta operación de la banda transportadora**



Fuente: elaboración propia, con programa Paint 2007.

2.8.4. Análisis económico de la implementación de la nueva propuesta de procesamiento

Actualmente para el acarreo de los frutos a la planta de proceso se utiliza un carretón de propulsión manual, el cual acarrea 12 cajas cada viaje y es jalado por 3 operarios mínimo quienes se tardan de 20 a 30 minutos por cada traslado, esto se analiza matemáticamente en la figura 80.

Figura 80. **Análisis de la productividad de la operación de traslado**

CONDICIONES ACTUALES DE TRASLADO DE MATERIA PRIMA				
Operarios	4	op.	3	Cajas/op.
tiempo de traslado	20	Min	6,666667	Min/caja/op.
cajas por viaje	12	Cajas	9	cajas/op./hora

Fuente: elaboración propia.

- Costos actuales de traslado de materia prima

En la figura 81 se analiza el costo actual anual que representa realizar todos los traslados de materia prima necesarios durante toda la época de procesamiento de frutos, en el cual se evidencia que el costo por hora hombre dentro de la compañía supera los Q 25,00, razón por la cual es necesario optimizar toda operación manual dentro de los procesos.

Figura 81. **Análisis económico de los costos actuales de traslado de materia prima**

COSTO ACTUAL POR TRASLADOS MENORES AL AÑO		
Operarios	3	Op
Tiempo	20	Min
	0,33	Hrs
Costo actual/hora	25,19	quetzales
Costo	25,19	Q/viaje
Producción diaria	100	
Días de producción/mes	20	
Meses totales de proceso	4	
Viajes diarios	8,33	
Total de viajes	666,67	
Costo total	Q16793,33	/año

Fuente: elaboración propia.

- Costos de la nueva propuesta

En la nueva propuesta evidencia la reducción del número de operarios de 3 hasta 1 operario para la realización de la operación de traslado, lo que disminuye significativamente el costo de cada transporte.

Figura 82. **Análisis económico de los costos actuales de traslado de materia prima**

COSTO ACTUAL POR TRASLADOS MENORES AL AÑO		
Operarios	1	op
Tiempo	20	min
	0,33	hrs
Costo actual/hora	25,19	quetzales
costo	8,40	Q/viaje
Producción diaria	100	
Días de producción/mes	20	
Meses totales de proceso	4	
Viajes diarios	8,33	
Total de viajes	666,67	
Costo total	Q5597,78	/año

Fuente: elaboración propia.

En el análisis económico se puede observar una reducción anual de Q11 000,00 por concepto de gastos de transporte.

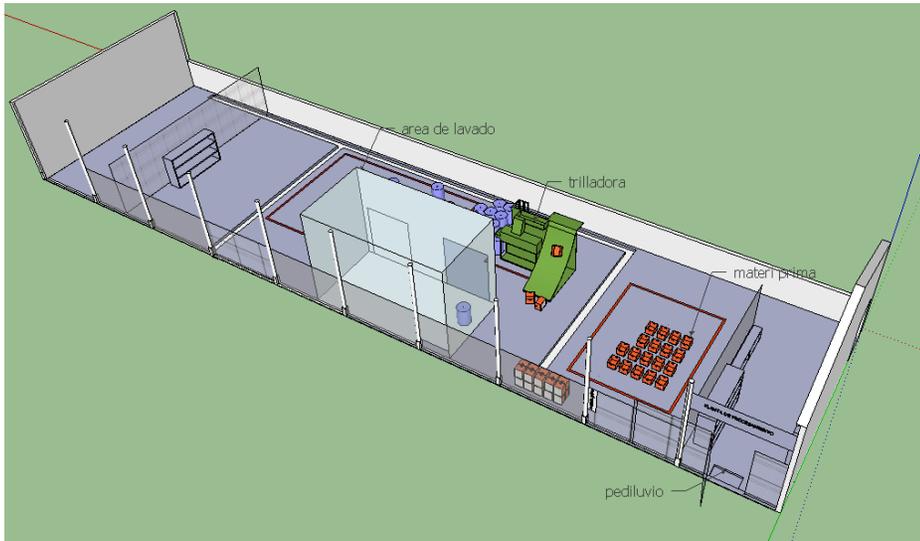
2.8.5. Resultados esperados con el uso del método mejorado para el procesamiento de frutos

- La eficiencia de trabajo del equipo de apoyo incrementaría de 52 por ciento actual hasta 83 por ciento al distribuir a los operarios por estaciones.
- Los costos de la operación de traslados reducirían en Q11 000,00.
- La ergonomía de las actividades de traslado de materia prima y triturado mejorarían y se reduciría el riesgo de una enfermedad ocupacional.

2.8.6. Distribución y adecuación de los espacios de la planta de procesamiento

Una acción importante para poder realizar un trabajo organizado es la delimitación de cada puesto de trabajo, para evitar pérdida de tiempo en las operaciones por movimientos innecesarios de materias y personal o por entrecruzamiento de los operarios durante la producción, para ello es necesaria una señalización de todas las áreas de la planta de procesamiento, así como designar lugares específicos para cada equipo empleado en el proceso, como se propone en la figura 83.

Figura 83. **Esquema ilustrativo de ordenamiento y señalización de las áreas de trabajo**



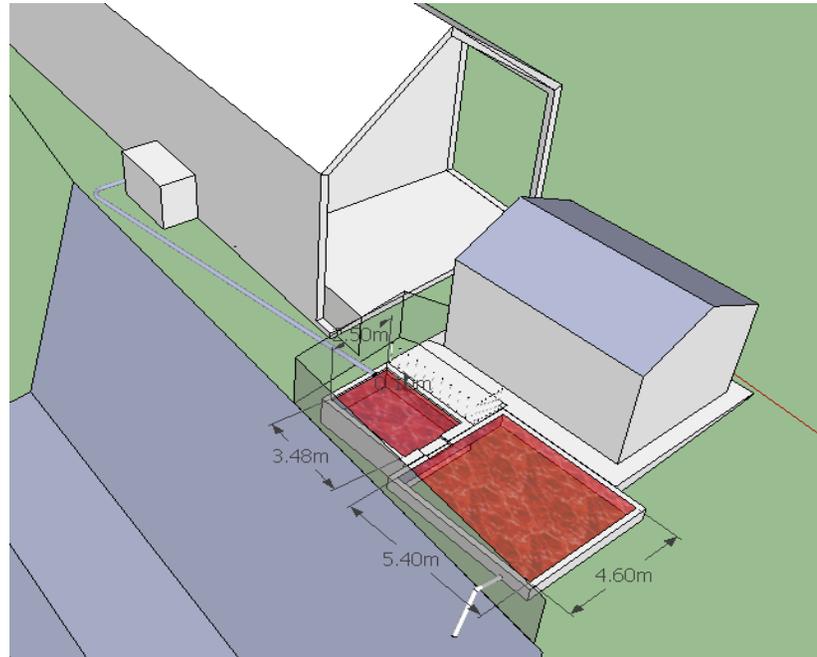
Fuente: elaboración propia, con programa Paint 2007.

2.8.7. Construcción de una estructura física para retención de agua de un día de proceso

Como última acción para la separación de los sólidos del agua de proceso se propone la construcción civil de un estanque de retención, diseñado a semejanza de la estructura construida para probar el principio de flotación en la investigación de campo.

En la figura 84 se muestra un diseño de estanque con dimensiones máximas que la topografía del lugar permite construir, en donde se esquematiza con rojo la presencia de agua residual en los estanques.

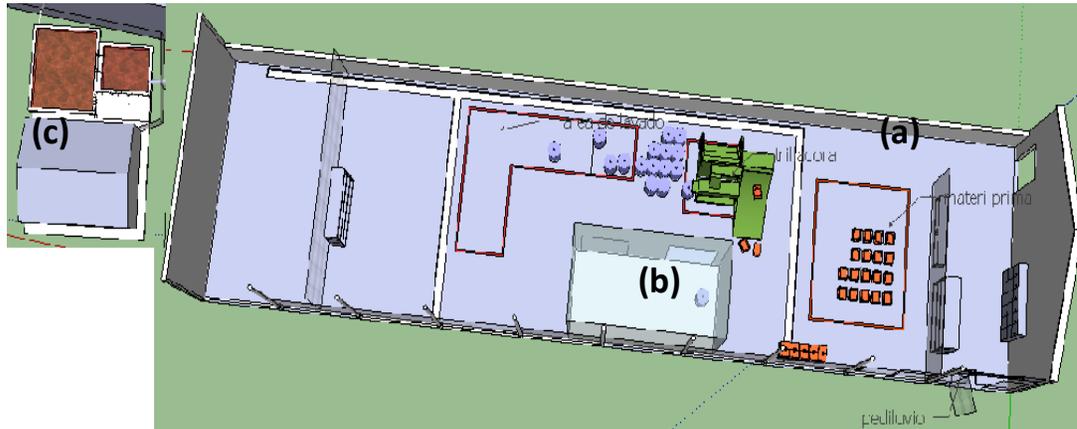
Figura 84. **Esquema de construcción de estanque con dimensiones máximas permitidas por la topografía del área**



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

En la figura 85 se muestra la incorporación de las acciones de distribución de las áreas de proceso (a), la implementación de área de fermentación (b), y en el exterior de la planta la construcción de los estanques de retención (c), en una vista de planta presentada a escala.

Figura 85. **Esquema ilustrativo de la integración de todas las propuestas**



Fuente: elaboración propia, elaborado con programa sketchup 8.

2.8.8. Manejo de sólidos recuperados

Luego que se han separado todos los sólidos del agua, es necesario realizar un manejo de los mismos, siendo estos depositados, junto con los desechos sólidos resultantes del lavado de semilla, en el área de aboneras de la estación, se transportan en botes plásticos hacia las aboneras con ayuda de la maquinaria para facilitar el tiempo de transporte, las aboneras se encuentran en un sitio retirado del lugar como se muestra en la figura 86.

Se considera que el abono este listo en aproximadamente 4 semanas, pero depende también de las condiciones ambientales como la humedad relativa y la temperatura promedio.

Figura 86. **Fotografía de la deposición de sólidos en aboneras**



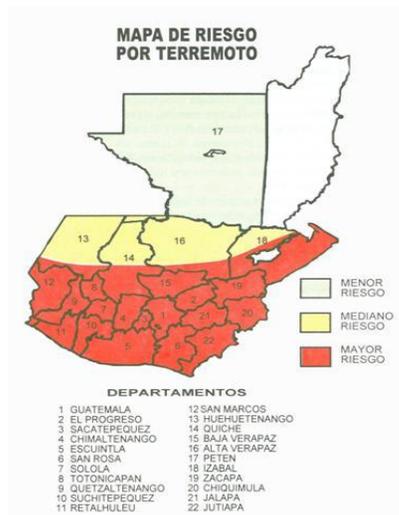
Fuente: área de desecho de material orgánico, en interior de la finca,
Monsanto, Salamá.

3. ELABORACIÓN DE UN PLAN DE CONTINGENCIA, CONTRA SISMOS Y TERREMOTOS PARA LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS, DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE MONSANTO, SALAMÁ

3.1. Marco teórico

A nivel nacional, la probabilidad de sismos y terremotos es frecuente y en algunos casos pueden provocar daños menores, aunque exista un mayor riesgo cuando la magnitud o duración son mayores. El área de Baja Verapaz se ubica en la zona considerada de mayor riesgo, según la regionalización de la actividad sísmica de CONRED, como se muestra en la figura 87.

Figura 87. Mapa de riesgo de terremoto



Fuente: USAC. Centro de Análisis de Desastres. Consulta 20 de octubre de 2011.

Figura 88. **Cuadro de grado de efecto según escala de Richter**

MAGNITUD DE ESCALA RICHTER

(Se expresa en números arábigos)

Representa la energía sísmica liberada en cada terremoto y se basa en el registro **sismográfico**. Es una escala que crece en forma potencial o semilogarítmica, de manera que cada punto de aumento puede significar un aumento de energía diez o más veces mayor.

Una magnitud 4 no es el doble de 2, sino que 100 veces mayor.

Magnitud en Escala Richter	Efectos del terremoto
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5 - 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
7.0 - 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

(NOTA: Esta escala es «abierta», de modo que no hay un límite máximo teórico)

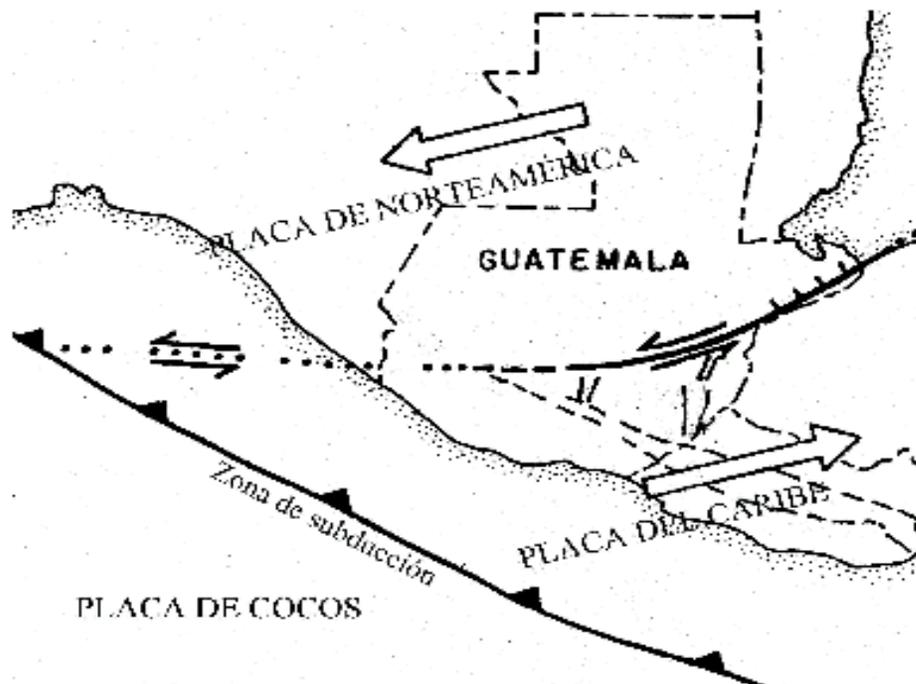
Fuente: USAC. Centro de Análisis de Desastres. Consulta 20 de octubre de 2011.

En la figura 89, se muestra como el territorio nacional está repartido en tres placas tectónicas: Norteamérica, Caribe y Cocos. El contacto entre las placas de Norteamérica y Caribe es de tipo transcurrente. Su manifestación en la superficie son las fallas de Chixoy-Polochic y Motagua.

El contacto entre las placas de Cocos y del Caribe es de tipo convergente, en el cual la Placa de Cocos se mete por debajo de la Placa del Caribe (fenómeno conocido como subducción). Este proceso da origen a una gran cantidad de temblores y formación de volcanes. El contacto entre estas dos placas está aproximadamente a 50 kilómetros frente a las costas del océano Pacífico.

A su vez, estos dos procesos generan deformaciones al interior de la Placa del Caribe, produciendo fallamientos secundarios como: Jalpatagua, Mixco, Santa Catarina Pinula, etc., como se ve en la figura 89.

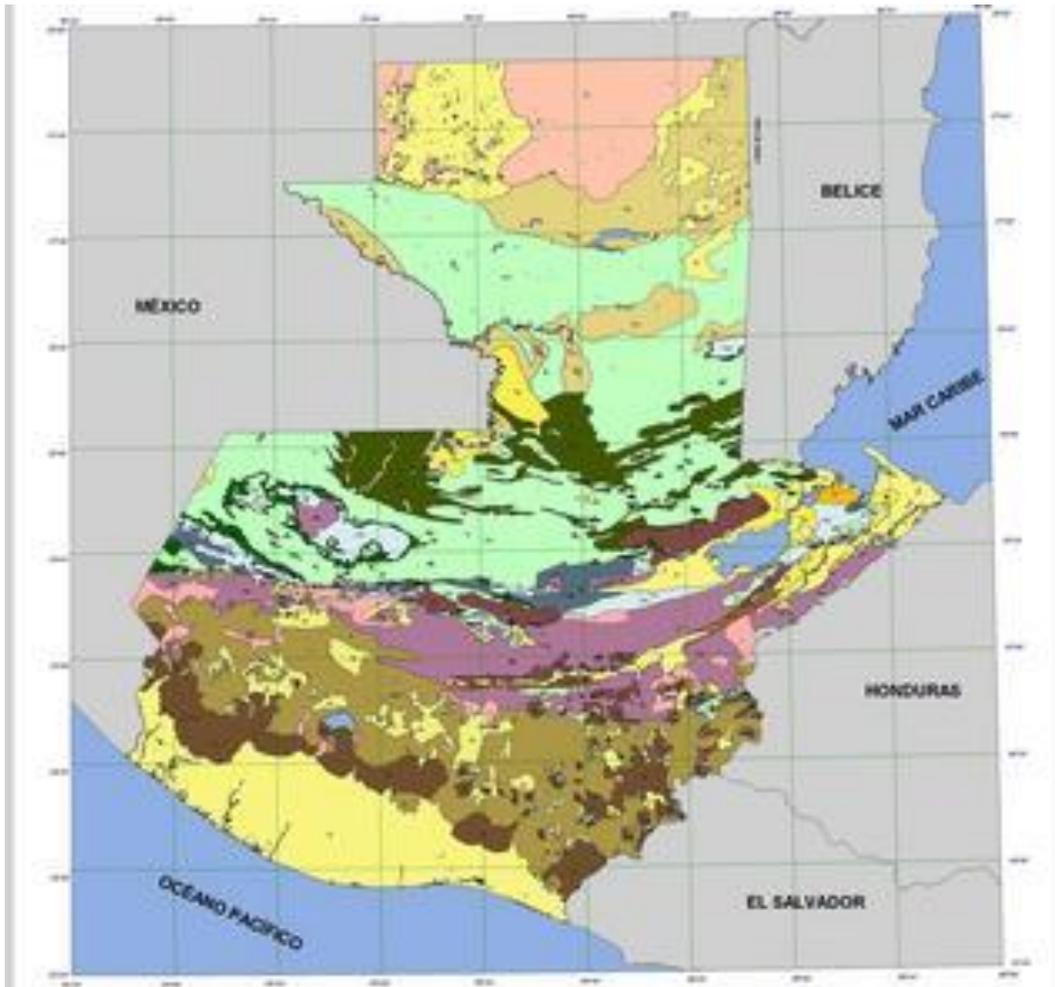
Figura 89. **Mapa de convergencia de placas tectónicas**



Fuente: INSIVUMEH. Informe sobre actividad sísmica. Consulta 20 de octubre de 2011.

El departamento de Baja Verapaz recibe la connotación de región de alto riesgo, por la convergencia de dos fallamientos, la falla del Motagua con un grado de 7,5 y la falla de Jalpatagua con un grado de 6,8 en escala de Richter, como lo demuestra en su mapa de zonas sísmicas la CONRED, demostrado en la figura 90.

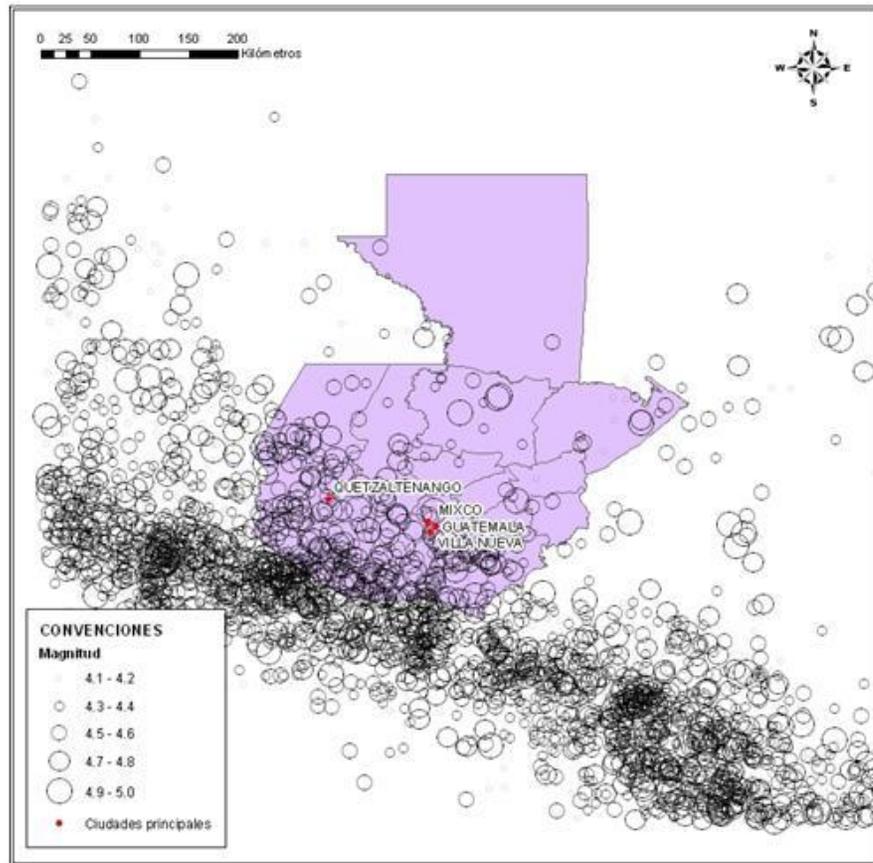
Figura 90. **Mapa de zonas sísmicas**



Fuente: USAC. Centro de Análisis de Desastres. Consulta 20 de octubre de 2011.

Cuando se revisa la actividad sísmica de Guatemala en la gráfica 91, en los últimos años se evidencia una alta actividad de la corteza terrestre con movimientos de pequeña escala entre los 4 y 5 grados, de los cuales se registran muy pocos en Baja Verapaz, sin embargo existe una alta incidencia en los departamentos vecinos como Alta Verapaz y Guatemala.

Figura 91. **Catálogo sísmico para Guatemala, sismos de magnitudes Mb entre 4 y 5**

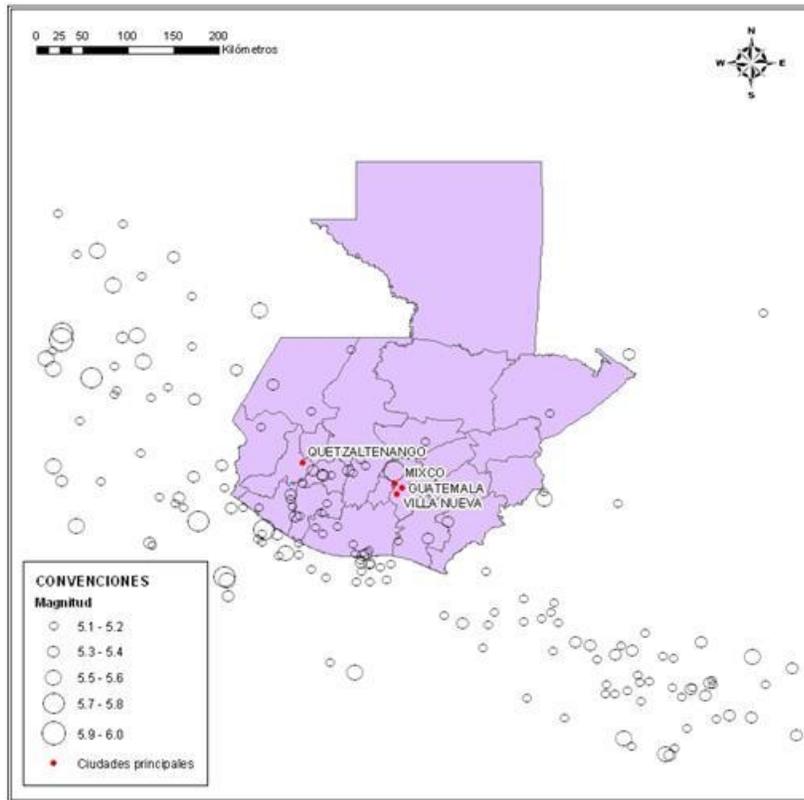


Fuente: ECAPRA. Coordinadora de Datos. <http://www.ecapra.org>.

Consulta: 5 de octubre 2011.

Cuando se revisa la actividad sísmica de mayor magnitud, en la figura 92, en Baja Verapaz e se registra la incidencia de alguna actividad, figurando en la lista de los pocos departamentos con registro en los últimos años, en esta imagen se demuestra con círculos negros los puntos de actividad sísmica.

Figura 92. **Catálogo sísmico para Guatemala, sismos de magnitudes Mb entre 5 y 6**

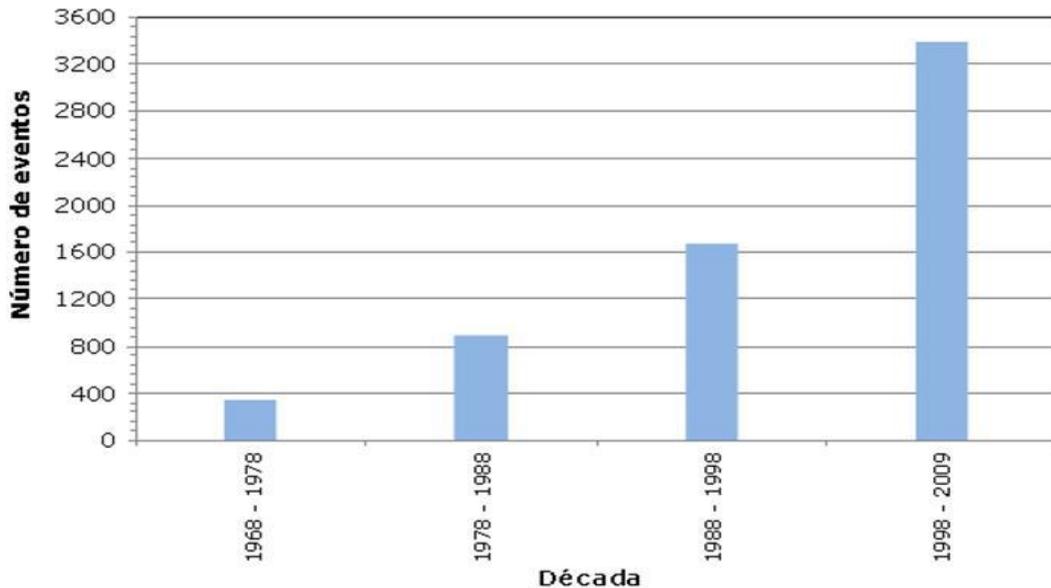


Fuente: ECAPRA. Coordinadora de Datos. <http://www.ecapra.org>.

Consulta: 5 de octubre de 2011.

La actividad sísmica general en Guatemala para las últimas décadas ha incrementado, creciendo en un 700 por ciento, de 1978 hasta en 2009. Dato que demuestra la constante liberación de energía en los últimos años, el cual es un parámetro que tranquiliza, ya que cuando existe una liberación de energía, reduce la probabilidad de un movimiento repentino de las capas y provocar terremotos, sin embargo algunos de estos movimientos podrían ser lo suficiente fuertes para ocasionar percances.

Figura 93. **Número de sismos por década registrados en Guatemala para el período de instrumentación**



Fuente: ECAPRA. Coordinadora de Datos. <http://www.ecapra.org>.

Consulta: 5 de octubre de 2011.

3.2. Instituciones guatemaltecas que rigen el control de desastres por sismos

En Guatemala existen varias instituciones que apoyan y se rigen por la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). En la tabla VI se presentan las más importantes.

Tabla VII. **Instituciones guatemaltecas que rigen el control de desastres por sismos**

Institución	Función
CONRED (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres)	Capacitar y coordinar todo lo relacionado con desastres naturales y provocados
Bomberos Municipales y Voluntarios	Apoyo en acción correctiva y atención médica
INSIVUMEH	Vigilancia constante de actividades sísmicas
Cruz Roja Guatemalteca	Atención medica inmediata y de rescate

Fuente: elaboración propia.

3.2.1. Legislación guatemalteca relacionada con sismos o terremotos

Actualmente solo INSIVUMEH y CONRED, son las instituciones encargadas de velar por la vigilancia y respuesta ante la actividad sísmica, de pequeña escala y de magnitudes correspondientes a terremotos.

3.2.2. Desastres de la zona

No se han registrado movimientos sísmicos, que hubieran causado daños estructurales en la zona de Baja Verapaz, a lo largo de la ultimas décadas solo se han percibido, el terremoto del 76 y un movimiento fuerte en la década de los 90 provocado por la falla de Jalpatagua y Mixco.

3.2.3. Tipo de daños colaterales por sismos a la que esta expuesto el personal de la planta de procesamiento de la estación

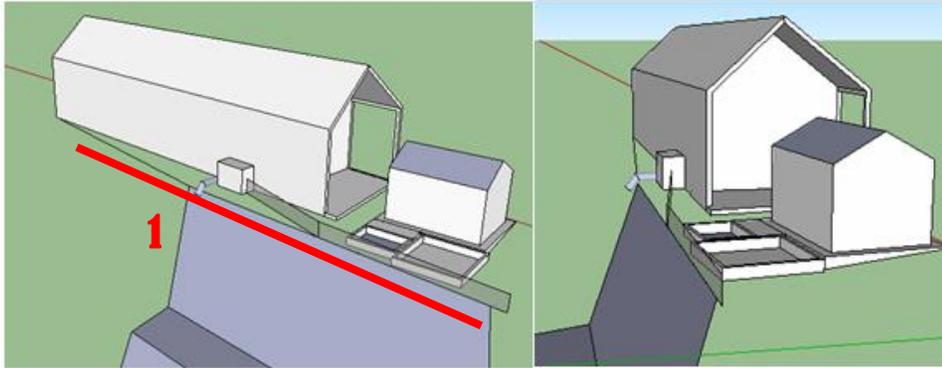
En la tabla VII se enlistan, las condiciones inseguras, que pueden ocasionar daños colaterales en un sismo, los cuales son esquematizados en la fotografía de la figura 94 y 95.

Tabla VIII. **Tipo de desastres a los que se encuentra expuesta el área de procesamiento**

Tipo de daño	Causa	Objeto afectado
1. Derrumbes	Áreas que ya presentan movimiento de tierra. (Cerca de cimientos de la planta). Planta de procesamiento construida en la ladera.	Vías de acceso. Infraestructura de planta de procesamiento. (Ver figura 94)
2. Vuelco de equipo	Vuelco de trilladora por movimiento sísmico fuerte.	Infraestructura Personal
3. Confusión de materiales seleccionados por vuelco de estibas de cajas	Vuelco de banda transportados por movimiento sísmico. Apilado de cajas de tomate muy altos.	Selección de los materiales por proyecto.
4. Caída de luminarias en el techo	Luminarias sin protección.	Personal
5. Obstaculización para ruta de evacuación	No existe delimitación de puestos de trabajo	Personal (Ver figura 95)

Fuente: elaboración propia.

Figura 94. **Ilustración de riesgos externos de la planta**



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

Figura 95. **Ilustración de riesgos y posibles daños colaterales en planta de procesamiento durante un sismo**



Fuente: área de procesamiento de frutos de Monsanto, Salamá.

3.3. Plan de contingencia contra sismos para la planta de procesamiento, de la Estación Experimental Monsanto, Salamá.

Las actividades de la planta de procesamiento son realizadas en su totalidad por el personal del grupo de apoyo, que lo conforman 18 operarios, los cuales están identificados con cada uno de sus compañeros de trabajo.

Para garantizar una correcta respuesta y mitigación de daños, al momento de un sismo, es necesario que en el equipo de trabajo existan al menos 4 personas que coordinen la respuesta a sismos, en conjunto con los encargados del operativo de control de la situación de toda la estación, los cuales se denominaran como:

- Brigadista de área: encargado de coordinar el operativo de respuesta del grupo de apoyo, y mantendrá la comunicación directa con el responsable del operativo general de la estación.
- Brigadista de evacuación: coordinará la correcta movilización del personal hacia las áreas seguras, en cooperación con el brigadista de área.
- Brigadista de búsqueda y rescate: encargado de contabilizar los operarios y mantener siempre en la vigilancia de la ubicación de cada compañero.
- Brigadista de primeros auxilios: cada uno de los anteriores debe contar con su entrenamiento en primeros auxilios, pero éste será el encargado inmediato de realizarlo en caso de una emergencia, mientras los otros brigadistas continúan con su trabajo.

3.3.1. Procedimientos de prevención

Dentro de la empresa es necesario establecer un formato de procedimiento para la prevención, acción y recuperación para las diferentes áreas, en la tabla IX se presenta el formato de la empresa.

Tabla IX. Formato de procedimiento de prevención

	Departamento: ESH	EPS AGROINDUSTRIA	CODIGO PP-PC- MON01
	Fecha emisión:	Funciones de los empleados	EDICIÓN: 1
	Fecha vigencia:		1
<p>Personal de vigilancia (general de toda la Estación)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vigilar en todo momento las disposiciones emitidas en los reglamentos correspondientes a la seguridad interna plasmados en la normatividad correspondiente. • Para ingresar a las instalaciones de la institución es necesario registrarse, con nombre completo y procedencia. • Ubicar el área que se visita. • Identificar a la persona y el motivo de su visita. • Registrar la hora de entrada y la hora de salida. • Proporcionar al vigilante una credencial vigente. • A cambio, el vigilante entregará un gafete de visitante que canjeará a la hora de la salida por su credencial. • Si es trabajador de la institución basta con que porte su credencial en un lugar visible. • Reportar cualquier anomalía que pudiera representar un peligro inmediato que desencadene en una situación de emergencia. 			

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Procedimiento de acción

De la misma forma existe un formato de procedimiento de acción para la empresa como se muestra en la tabla X.

Tabla X. **Formato de procedimiento de acción**

	Departamento: ESH	EPS AGROINDUSTRIA	CODIGO PP-PC- MON02
	Fecha emisión:	Procedimiento de acción	EDICION: 1
	Fecha vigencia:		1
<p>Responsable del operativo (general)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Activar el Plan de Emergencia. • Instalar y coordinar el punto unificado de mando. • Apoya en las labores de repliegue y evacuación. • Verificar que todas las brigadas se encuentren activadas. • Llevar el control del tiempo, desde el momento en que se presentó el sismo. • Verificar que toda la población haya sido evacuada. • Coordinarse con los apoyos de emergencia externo. • Solicitar a la Brigada de Evacuación lista de personal y alumnos ausentes en la zona de conteo. • Recabar todos los datos e informes de cada Brigada y jefes de piso, para realizar un informe preliminar. • Mantener la comunicación constante con los jefes de piso. • Observar en todo momento los peligros inmediatos que pudieran desencadenar en una situación de riesgo (incendio, derrumbe, explosión). • Mantener y vigilar en todo momento la seguridad de todos los brigadistas y de la población evacuada. 			

Continuación de la tabla X.

Brigadista de área

- Coordinar la evacuación parcial o total del área asignado, cuando se active el operativo de emergencia ante sismo, o cuando así lo indique el responsable del operativo.
- El llamado de alerta será con sonido intermitente.
 - Primer toque. Duración aproximada: 20 segundos. Indica repliegue inmediato en las zonas de seguridad internas previamente determinadas. (Puntos de reunión internos).
 - Segundo toque. Indica inicio de evacuación hacia las zonas de concentración externas.
- Replegar al personal de su piso, en los accesos de las escaleras, para iniciar la evacuación.
- Dar la señal de evacuación a los brigadistas de la brigada de evacuación, para conducir a la población a la zona de seguridad o de conteo.
- Coordinar la zona de conteo y junto con la brigada de evacuación, verificar que todas las personas han sido evacuadas.
- Revisar la lista de presentes levantada en la zona de conteo, reportando al responsable del operativo los ausentes y las causas, si las conoce.
- Mantener el orden de los evacuados del área a su cargo, en la zona de conteo.

Brigadista de evacuación

- Colocarse sus identificadores de Brigada.
- Realizarán bajo la supervisión del jefe de piso, todas las acciones tendientes al traslado del personal a la zona de seguridad o conteo.
- Activar la voz de alarma y verificar que la población realice su autoprotección y repliegue en las áreas de seguridad, al momento del sismo.
- Verificar que el personal sea conducido con la posición de seguridad (manos protegiendo la cabeza), especialmente si existen desprendimientos de plafón o material de construcción.
- Replegar al personal en los accesos de las escaleras de cada nivel.
- verificado la regla de no correr, no gritar, no empujar.

Continuación de la tabla X.

- Actuarán de acuerdo a los procedimientos (identificar, evaluar e informar de la situación a sus superiores).
- Llevar a cabo el conteo del personal utilizando las listas de asistencia.
- Evaluar e informar de la situación al responsable del operativo.

Brigadista de búsqueda y rescate

- Colocarse sus identificadores de Brigada.
- Realizar de inmediato la búsqueda y rescate de lesionados.
- Informar al cuerpo de rescatistas donde se encuentran víctimas.
- Conducir a los heridos de la mejor manera a la zona de primeros auxilios para que sean atendidos.
- Clausurar las áreas que han sido desalojadas.

Brigadista de primeros auxilios

- Colocarse sus identificadores de Brigada.
- Apoyar en las labores de evacuación, principalmente con las personas con capacidad diferente, personas con crisis de histeria, etc.
- Instalará la zona de primeros auxilios para dar apoyo pre hospitalario a posibles personas lesionadas.
- Aplicar los primeros auxilios al personal que así lo requiera.
- Realizar un conteo y evaluar a posibles personas que necesiten traslado a atención hospitalaria, para activar la ayuda externa. (Servicios Médicos).
- Se coordinarán con los servicios profesionales externos, haciéndole saber la situación que prevalece.
- En caso de no poder contar con ayuda externa, trasladar al personal lesionado en vehículos proporcionados por la empresa.

Continuación tabla X.

- Actuarán de acuerdo a los procedimientos establecidos en el plan de contingencias.
- Elaborarán lista de lesionados, estado de salud y traslado, así como de víctimas que fueron extraídas de los edificios.
- Determinarán la magnitud del desastre para saber el equipo y material que se necesita.
- Observar en todo momento los peligros inmediatos que pudieran desencadenar una situación de riesgo (incendio, derrumbe, explosión, etc.).
- Si el edificio no ha sufrido daños y no existen personas lesionadas, se coordinará con el responsable del operativo, para el caso de que se necesite ayuda en algún otro punto de la ciudad o las autoridades así lo requieran.

Personal de vigilancia (general)

- Acordonar el perímetro de riesgo o área de ocurrencia del desastre.
- Cerrar el acceso principal del edificio, así como controlar el ingreso de vehículos, únicamente ingresarán en ese momento vehículos de emergencia.
- Permitir la entrada únicamente del personal de respuesta a emergencias, externo y con la autorización del responsable operativo.
 - Mantener el orden.
 - Acatar las indicaciones emitidas por el responsable del inmueble.
 - Vigilar los accesos a las áreas al momento de una evacuación parcial o total.
 - Apoyar cuando se requiera a las brigadas de emergencia.

Continuación tabla X.

Población

- En caso de encontrarse lejos de una salida, ubicarse a un lado de una mesa o escritorio resistente, que no sea de vidrio, cubrirse con ambas manos la cabeza y colocarlas junto a las rodillas (posición fetal). En su caso, dirigirse a alguna esquina, columna o bajo del marco de una puerta no trasladarse mientras este temblando, dirigirse a las áreas de seguridad de su área de trabajo o colocarse debajo de su escritorio, silla o mesa de trabajo.
- Conserve la calma; no gritar, no correr, no empujar, puede provocar un pánico generalizado. A veces este tipo de situaciones causan más muertes que el mismo sismo.
- Si es necesario evacuar, cooperar y seguir las instrucciones del personal de la unidad interna de protección civil.
- No pierda el tiempo buscando objetos personales.
- En caso de que un derrumbe obstruir las salidas, no desesperarse y colocarse en el sitio más seguro. Esperar a ser rescatado.
- Recordar que el pánico puede causar más daño que el mismo sismo.
- En caso de colapso de las escaleras, seguir las instrucciones del personal de la brigada de evacuación.
- Dirigirse a la zona de conteo y mantenerse en el lugar hasta que los brigadistas indiquen lo contrario.
- Cooperar con los brigadistas al momento de levantar lista de presentes e informar la ausencia de algún compañero.

Fuente: elaboración propia.

3.3.3. Procedimiento de recuperación

El formato para el procedimiento de recuperación de la empresa se presenta en la tabla XI.

Tabla XI. **Formato de procedimiento de recuperación**

	Departamento: ESH	EPS AGROINDUSTRIA	CODIGO PP-PC- MON03
	Fecha emisión:	Procedimiento de recuperación	EDICIÓN: 1
	Fecha vigencia:		1
Responsable del operativo (general)			
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un recorrido de evaluación preliminar, mediante la observación en todas las áreas (revisar muros, objetos colgando, plafones, cancelería, ventanas, puertas, escaleras, través, columnas, etc.), identificando y reportando cualquier desperfecto, falla o anomalía presentada. • Si se determina que el inmueble o área específica se considera de riesgo para la población, se solicitará el apoyo de peritos en la materia, para determinar el grado de riesgo de la construcción. • Recabar toda la información y reportes de los jefes de brigada y de los acontecimientos del evento y elaborar un informe preliminar de daños, y entregarlo al responsable del inmueble. • Verificar que todas las brigadas estén completas e iniciar el retorno a las instalaciones. • Realizar un recorrido por las áreas a fin de verificar que todo el personal se encuentre en su lugar. • De no ser posible ingresar a las instalaciones, coordinar la evacuación total del perímetro del inmueble, informado a la población las acciones a seguir y el día probable en que pudieran regresar a sus labores normales. • Monitorear y vigilar las posibles réplicas del sismo, informando claramente a la población, que es posible que se presenten futuros movimientos. 			

Continuación tabla XI.

Brigadista de área

- Apoya al responsable del inmueble en la revisión de las condiciones del inmueble.
- Iniciar el retorno del personal al inmueble, conservado el orden en todo momento.
- El retorno se efectuará de la misma manera que la evacuación, verificando que el primer nivel ingrese primero.
- Verificar que todo el personal del área a su cargo se encuentre en sus puestos de trabajo y que no existan riesgos secundarios en los mismos.
- Informar al responsable del operativo cualquier anomalía presentada durante el retorno al inmueble.

Brigadista de evacuación

- Mantendrán el control de las personas evacuadas en los lugares de reunión, informado a sus superiores de la situación.
- Informarán al jefe de piso de las acciones desarrolladas durante la evacuación, número de evacuados y en general las condiciones que prevalezcan en su grupo, después de control el siniestro.
- Cuando el responsable del inmueble u operativo lo indiquen iniciar el retorno al inmueble, de la misma manera que se realizó la evacuación, procurando ingresar primero el primer nivel y por último planta baja en los edificios de dos niveles.
- Verificar mediante lista, que todo el personal y alumnos se encuentren en sus áreas, reportando al jefe de piso cualquier anomalía al respecto.
- De no poder retornar a las instalaciones, coordinar el desalojo total del inmueble, verificando que todo el personal desaloje el perímetro del inmueble.

Brigadista de búsqueda y rescate

- Hacer recorridos a la zona siniestrada para determinar junto con la brigada de seguridad el fin de la emergencia.

Continuación tabla XI.

Brigada de primeros auxilios

- Elaborarán un informe final con los nombres de las personas lesionadas, tipo de lesión, lugar a donde fue trasladado, número de ambulancia que lo trasladó, lugar donde se encontraba la persona rescatada, etc.
- Elaborar un informe de actividades de la brigada, desarrolladas durante la presentación del desastre, así como de equipo de seguridad y material utilizado.
- Mantener el control de los lesionados en el área de primeros auxilios, en colaboración con los profesionales de la atención médica. Así como colaborar en la recolección y recuento del equipo utilizado y apoyar en las labores de la vuelta a la normalidad.
- Mantenerse en la zona de primeros auxilios, hasta que indique lo contrario el responsable del operativo, a fin de permanecer en alerta, ante la posibilidad de que se presente alguna emergencia durante la vuelta a la normalidad.

Personal de vigilancia (general)

- Vigilar que la vuelta a la normalidad se realice con el debido orden e informar al responsable del inmueble de cualquier anomalía presentada posterior a la emergencia.
- Realizar un reporte final de actividades realizadas por la brigada al responsable del operativo, durante la presentación de la emergencia e informar al responsable del inmueble de cualquier anomalía presentada, posterior a la emergencia.
- Las puertas de ingreso se abrirán únicamente, hasta que el responsable operativo lo indiquen.

Población

- Manténgase en la zona de seguridad asignada por los brigadistas de evacuación
- Siga las instrucciones que le den los integrantes del Comité.

Fuente: elaboración propia.

3.4. Señalización de la planta de procesamiento

En la estación cuentan con un excelente programa de señalización, sin embargo en el área de procesamiento no se cuenta con un programa específico asumiendo que todas las rutas de evacuación se debieran conocer por cada empleado, por lo que se propone a continuación un plan de señalización específico para esta área.

3.4.1. Dimensión

La dimensión de las señales objeto de esta guía debe ser tal, que el área superficial (S) y la distancia máxima de observación (L) cumplan con la siguiente relación:

$$S \geq \frac{L^2}{2\ 000}$$

Donde:

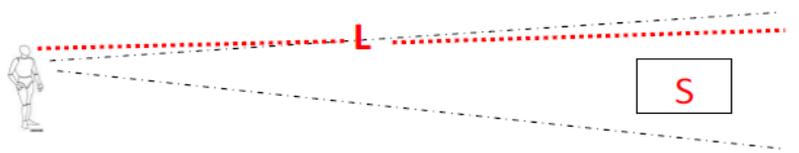
- S: es la superficie de la señal en metros cuadrados
- L: es la distancia máxima de observación en metros
- ≥: es el símbolo algebraico de mayor o igual que

Para convertir el valor de la superficie de la señal a centímetros cuadrados, multiplíquese el cociente por 10 000, o aplíquese directamente la expresión algebraica: $S \geq 5 \times L^2$. Esta relación sólo se aplica para distancias (L) de 5 metros en adelante.

Para distancias menores de 5 metros, el área de las señales será de 125 centímetros cuadrados.

Tabla XII. **Ejemplo de dimensiones mínimas de las señales para protección civil**

DISTANCIA DE VISUALIZACION (L) (metros)	SUPERFICIE MINIMA [S ≥ L ² / 2000] (cm ²)	DIMENSION MINIMA SEGUN FORMA GEOMETRICA DE LA SEÑAL				
		CUADRADO (por lado) (cm)	CIRCULO (diámetro) (cm)	TRIANGULO (por lado) (cm)	RECTANGULO (base 1.5: altura 1) (cm)	
					BASE	ALTURA
5	125,0	11,2	12,6	17,0	13,7	9,1
10	500,0	22,4	25,2	34,0	27,4	18,3
15	1 125,0	33,5	37,8	51,0	41,1	27,4
20	2 000,0	44,7	50,5	68,0	54,8	36,5
25	3 125,0	55,9	63,1	85,0	68,5	45,6
30	4 500,0	67,1	75,7	101,9	82,2	54,8
35	6 125,0	78,3	88,3	118,9	95,9	63,9
40	8 000,0	89,4	100,9	135,9	109,5	73,0
45	10 125,0	100,6	113,5	152,9	123,2	82,2
50	12 500,0	111,8	126,2	169,9	136,9	91,3



Fuente: ECAPRA. Coordinadora de Datos. <http://www.ecapra.org>.

Consulta: 5 de octubre de 2011.

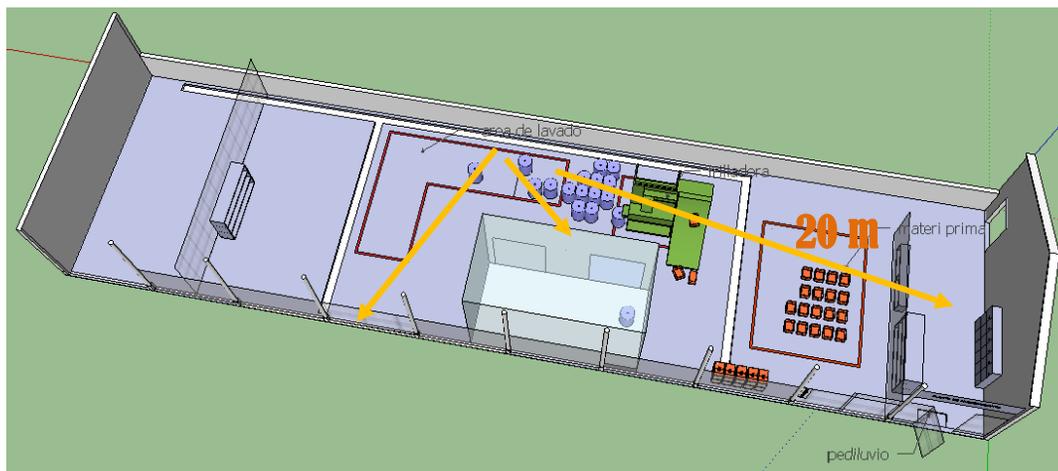
- Posibles distancias dentro de las instalaciones

Dentro del área la planta de procesamiento se puede identificar diferentes estaciones de trabajo, las cuales se encuentran a diferentes distancias de las superficies donde pueden colocarse las señalizaciones de emergencia, por lo que es necesario medir la mayor distancia para saber que tamaño de rótulos es el adecuado según la tabla IX.

3.4.2. Ubicación de las señales

Tomando como referencia una distribución ideal de la planta de procesamiento la distancia máxima de la cual se estarían apreciando la señales sería 20 metros, como se muestra en la figura 96, y según la tabla de dimensionamiento de señales la señales deberían ser de un tamaño mínimo de 54,8 x 36,5 centímetros.

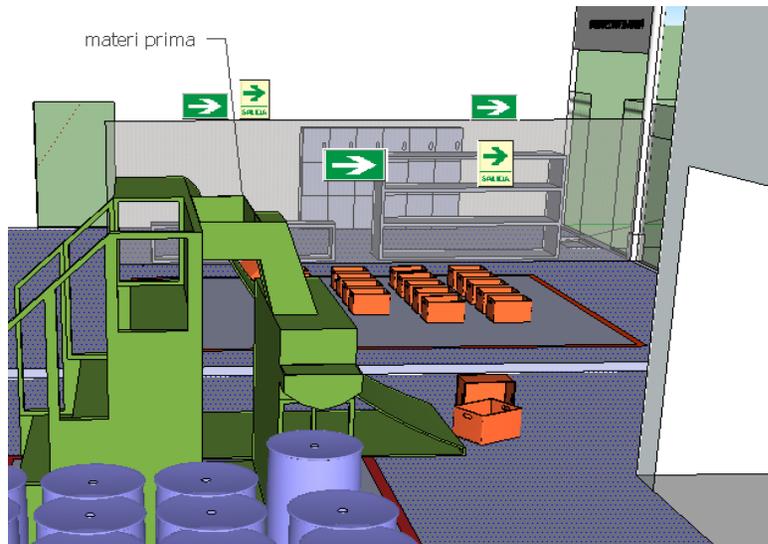
Figura 96. **Distancias de apreciación de señalización en distribución ideal de la planta de procesamiento**



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

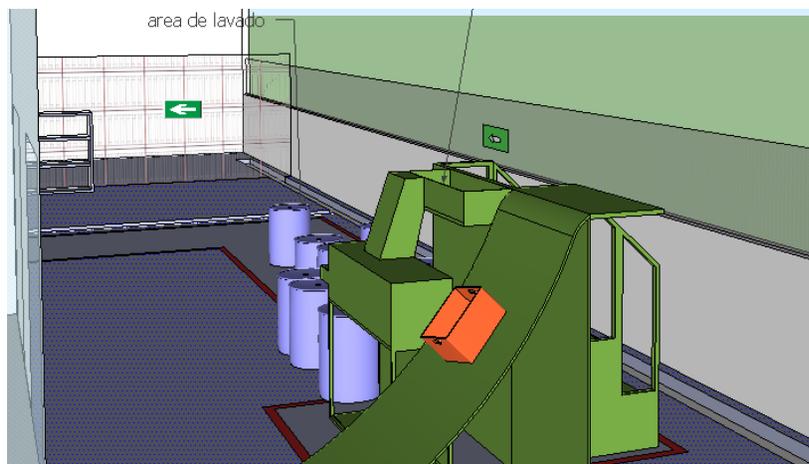
- Señalización que debe colocarse
 - Delimitación de áreas de operación y área libre para locomoción
 - Señales de ruta de evacuación y salida de emergencia

Figura 97. **Esquema de colocación de señalización de Evacuación 1.**



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

Figura 98. **Esquema de colocación de señalización de Evacuación 2.**



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

- Señalización de las unidades de servicios

Figura 99. **Esquema de señalización de salidas de emergencia y orientación a puntos seguros**



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup 8.

4. FASE DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

4.1. Programación de capacitaciones

Para el Programa de Enseñanza Aprendizaje se establecieron 3 capacitaciones que se incluyen en el cuadro de la tabla IX, donde se explica los temas, objetivos, duración, cobertura de personal y le programa del mismo.

De dichas capacitaciones, 2 fueron de la fase de enseñanza, las cuales fueron impartidas en conjunto con el coordinador del Departamento de Ambiente, Salud Ocupacional y Seguridad Industrial (ESH, por sus siglas en inglés), y 1 de ellas de la fase de aprendizaje, la cual es parte de un conjunto de capacitaciones programadas para cada año y en las cuales se debe participar cuando se involucra en las actividades de la empresa como el caso de las practicas supervisadas.

Todas la capacitaciones fueron programadas para realizarse dentro de las instalaciones de la empresa, utilizando los recursos existentes de área de reuniones, y el sistema audiovisual presente, como el material didáctico que se muestra en la figura 100.

Tabla XIII. Programación de capacitaciones en la estación de Monsanto, Salamá

Temas tratados	Objetivo/tipo	Duración (horas)	Cobertura (personas)/área	Institución/ facilitador	Programa		
					1	2	3
RCP, Primeros Auxilios	Aprender y aplicar Primeros auxilios/ Teórico-práctico	4	20 persona/áreas diversas de la empresa	Manuel Méndez.	Primeros auxilios básicos	Técnica de resucitación RCP	Utilización del Desfibrilador
Clasificación de la basura	Identificar y retroalimentar los programas de clasificación de basura/ Teórico	4	50 persona/áreas diversas de la empresa	Flavio Pinto, USAC	Problemática de la basura Métodos de aprovechamiento y reciclado de la basura	Objetivo e importancia de clasificación	Metodología de clasificación de la estación y actividad
Buenas prácticas de manufactura, para el área de tratamiento de semillas (BMP)	Conocer las BMP necesarias para trabajar con químicos	2	2 personas/ área de producción	Flavio Pinto, USAC	Naturalza química de las sustancias utilizadas	Efectos secundarios del trabajo con químicos	Importancia y equipo adecuado de protección

Fuente: elaboración propia.

4.2. Formato de evaluación

Para la evaluación del curso de capacitación se tiene un formato de entrevista, para verificar la eficiencia y eficacia de la capacitación. Esta calificación se dividió en dos aspectos, aspectos didácticos y los aspectos logísticos.

La evaluación de cada uno de los aspectos del programa de capacitación, se realizó con la ayuda de una boleta específica para cada calificación, como la que se muestra en la tabla V, que enlista aspectos puntuales a considerarse en la calificación de una exposición, los cuales deben ser marcados con una X, según la consideración de los capacitados.

4.2.1. Aspectos didácticos

Para esta evaluación se consideraron aquellos aspectos relacionados con la transmisión del mensaje que se pretendía y el grado de relación de los temas expuestos con el objetivo de la capacitación.

Los aspectos didácticos se evalúan a través de un análisis objetivo con la ayuda de una boleta prediseñada, y una evaluación subjetiva, a través de un cuestionario de preguntas directas, para desarrollar.

- Análisis objetivo

Se diseñó una tabla con un listado específico de consideraciones.

Tabla XIV. **Formato evaluación individual del curso de capacitación**

CURSO : _____ FECHA : _____
 INSTRUCTOR: _____ HORARIO: _____
 NOMBRE: _____ CARGO DENTRO DE LA EMPRESA: _____
 LUGAR DE IMPARTICIÓN: _____

	Excel ente	Muy bien	Bien	Satisfactorio	No satisfactorio
Logro de los objetivos del programa	5	4	3	2	1
Logro de mis objetivos personales	5	4	3	2	1
Relevancia del contenido para la capacitación que se ofreció	5	4	3	2	1
Efectividad de las técnicas y metodología de la capacitación	5	4	3	2	1
Organización del programa	5	4	3	2	1
Utilidad del material del programa	5	4	3	2	1
Efectividad verbal del capacitador	5	4	3	2	1
Capacidad de transmisión del conocimiento	5	4	3	2	1
Preparación del tema	5	4	3	2	1

Fuente: elaboración propia.

- Análisis subjetivo

Cuestionario de preguntas para desarrollar una respuesta personal:

- En cuanto al tiempo de duración de la capacitación, éste fue:
 - Muy largo
 - Muy corto
 - Adecuado
- Por favor indique de los temas vistos cuál es mas relevante y por que?
- Por favor indique de los temas vistos cuál es menos relevante y por que?
- ¿En qué temas le hubiera gustado utilizar más tiempo?
- ¿Qué aspectos adicionales le hubiera gustado incluir en el programa?

4.2.2. Aspectos logísticos

La evaluación de los aspectos logísticos engloba aspectos de utilización del tiempo, equipo y herramientas disponibles para la capacitación.

- Análisis objetivo

Para esta evaluación solo se realizó un análisis objetivo de la actividad, a través de una boleta con un conjunto de aspectos específicos enlistados.

Tabla XV. **Formato evaluación individual del curso de capacitación**

CURSO : _____ FECHA : _____

INSTRUCTOR: _____ HORARIO: _____

NOMBRE: _____ CARGO DENTRO DE LA EMPRESA: _____

LUGAR DE IMPARTICIÓN: _____

	Excelente	Muy bien	Bien	Satisfactorio	No satisfactorio
Utilización del tiempo	5	4	3	2	1
Uso de medidas didácticas	5	4	3	2	1
Salón de clases	5	4	3	2	1
Utilización de apoyos visuales	5	4	3	2	1

Fuente: elaboración propia.

4.3. Análisis de capacitaciones realizadas según el programa

Se hace necesario medir la efectividad del plan de capacitaciones, lo cual se logra a través de una retro alimentación proveniente de los participantes la cual se consiguió por medio de formatos de encuesta.

4.3.1. Análisis de la capacitación de primeros auxilios y RCP

Para el análisis de la capacitación de RCP, se tienen los siguientes resultados, según el formato de evaluación de la sección anterior:

- Evaluación aspectos didácticos

Tabla XVI. **Resultados de evaluación didáctica**

CURSO :	Primeros Auxilios	FECHA :	
INSTRUCTOR:	Empresa privada	HORARIO:	8:00 – 16:00 hrs
NOMBRE:	Flavio Pinto	CARGO DENTRO DE LA EMPRESA:	EPS
LUGAR DE IMPARTICIÓN:	Monsanto, Salamá		

	Excelente	Muy bien	Bien	Satisf.	No satisf.
Logro de los objetivos del programa	X				
Logro de mis objetivos personales		X			

Continuación de la tabla XVI.

Relevancia del contenido para la capacitación que se ofreció					
Efectividad de las técnicas y metodología de la capacitación		X			
Organización del programa		X			
Utilidad del material del programa	X				
Efectividad verbal del capacitador	X				
Capacidad de transmisión del conocimiento	X				
Seguridad y manejo del auditorio	X				
Preparación del tema		X			

Fuente: elaboración propia.

- En cuanto al tiempo de duración de la capacitación, éste fue:
 - Muy largo
 - Muy corto

- Por favor indique de los temas vistos ¿cuál es más relevante y por qué?

R/ El uso del desfibrilador, ya que es un equipo que no se encuentra en cualquier empresa, hay pocos en Guatemala, y es un conocimiento muy valioso.

- Por favor indique de los temas vistos ¿cuál es menos relevante y por que?

R/ No se considera ninguno como menos relevante, ya que todos eran fundamentales para salvarle la vida a un compañero en riesgo.

- ¿En qué temas le hubiera gustado utilizar más tiempo?

R/ En las dinámicas de aprendizaje de uso de equipos de primeros auxilios, como el desfibrilador y la mascarilla para RCP.

- ¿Qué aspectos adicionales le hubiera gustado incluir en el programa?

R/ Medicamentos que se pueden y que no se pueden emplear en caso de emergencias.

- Evaluación aspectos logísticos

Evaluar cada uno de los siguientes aspectos del programa encerrando en un círculo un número de la escala siguiente:

Tabla XVII. **Resultados de evaluación logística**

	Excelente	Muy bien	Bien	Satisfactorio	No satisfactorio
Utilización del tiempo		X			
Uso de medidas didácticas	X				
Salón de clases		X			
Utilización de apoyos visuales		X			

Fuente: elaboración propia.

- **Resultados de evaluaciones propuestas**

Debido a restricciones de tiempo no fue posible realizar las exposiciones que se propusieron realizar durante el desarrollo del EPS, ya que la coordinación de capacitaciones de la estación, se programaron en octubre, en la semana del 10 al 16.

Por dicha circunstancia, las capacitaciones quedaron con carácter de pendiente, debiendo regresar aun a la empresa para concluir el plan de EPS.

CONCLUSIONES

1. La operación de la planta de procesamiento descarga en promedio 15 000 litros de agua residual diarios, lo que representa una deposición de 450 kilogramos de materia orgánica en suspensión, cuando la producción se estabiliza en 100 cajas de fruto diarias.
2. Los parámetros ambientales identificados como fuera de control, según los parámetros establecidos en Acuerdo Gubernativo 236-2006 de deposición de aguas residuales son, la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) en un 500 por ciento, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO), y materia en suspensión.
3. Se determinó que una opción viable de procesamiento, para disminuir las emisiones, es el control del tiempo y temperatura del proceso de fermentación, esto reduce los volúmenes de las descargas en 50 por ciento, sin embargo no reduce los niveles de los parámetros ambientales.
4. El método de separación por diferencia de densidades, es una opción viable para el control de sólidos en aguas residuales de proceso, ya que reduce los contenidos de sólidos en suspensión hasta un 80 por ciento, reduciendo los valores de DBO y DQO hasta en un 54 por ciento.

5. Un plan integrado para la planta de procesamiento, debe incluir cambios físicos a las instalaciones como la señalización de las áreas de trabajo y construcción de un estanque de retención de aguas residuales; también cambios operativos como la reorganización del trabajo por estaciones y distribuir al personal entre estas, y así poder controlar las deposiciones de sólidos al ambiente.

6. Dentro de las programas de respuesta a desastres naturales existentes en la estación experimental de Salamá, no se cuenta con un plan de contingencia contra sismos y terremotos, específico para el área de la planta de procesamiento de frutos.

RECOMENDACIONES

Al coordinador de producción:

1. Reducir la concentración actual de DBO (Demanda Biológica de Oxígeno), registradas en las deposiciones de aguas residuales de lavado de semillas hasta 200 miligramos/litro de O₂, con el cual se mejorará la coloración y se reduciría la liberación de gas metano al ambiente.
2. Implementar un área específica de fermentación de frutos que permita monitorear y controlar la temperatura y tener condiciones uniformes y estandarizadas, tanto para el lavado de frutos como para la deposición del efluente.
3. Modificar físicamente la planta de procesamiento para que sea posible implementar un plan integrado para el control de la deposición de aguas residuales, donde se debe realizar:
4. Dividir la planta de procesamiento en área de operación y área administrativa, con un ingreso peatonal y un ingreso de productos, para proveer a los supervisores un área de desinfección, así como un área donde puedan colocarse su EPP (Equipo de Protección Personal), necesario para transitar dentro de las instalaciones con seguridad.

5. Separar los drenajes del área de procesamiento de frutos y el área de tratamiento químico de semillas, ya que este tratamiento químico debe realizarse en un área aislada del resto de operaciones en la línea de proceso.

Al coordinador del Departamento de ESH (ambiente, salud y seguridad):

6. Reforzar el equipo de trabajo con un profesional que administre el tema de ambiente y que tenga a su cargo la implementación del control y realizar análisis, sobre las posibles opciones de aprovechamiento de los 450 kilogramo/día de materia orgánica recuperada del efluente de aguas residuales.
7. Implementar un plan de contingencia contra sismos que integre mejoras en las condiciones físicas de las instalaciones, señalización del área de trabajo, un manual de acciones de respuesta al siniestro el cual debe comunicado al grupo por el encargado del área de proceso.

Al gerente de estación se recomienda realizar las siguientes acciones:

8. Implementar un motocultor como medio de transporte de fruto cosechado en sustitución del carretón manual actual, con el objetivo que la estación de abastecimiento opere al mismo ritmo que las demás estaciones del procesamiento de los frutos y se mejore la organización y ergonomía del trabajo.
9. Modificar el equipo de triturado de frutos, para la correcta utilización de la banda transportadora, que actualmente no realiza su función debido a obstáculos estructurales.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARRIOLA, Lorena. *Análisis situacional de horticultura de Salamá*, Guatemala: Universidad Rafael Landivar, 2009. 50 p.
2. BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. México: McGraw-Hill, 1999, 339 p.
3. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. *Guía didáctica básica preparación y respuesta a emergencias y desastres*. Guatemala: CONRED; Unión Europea, 2005.150 p.
4. GARCIA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. Mexico: McGraw-Hill, 2004. 459 p.
5. MARTÍNEZ BARRIOS, Oliver Donato. *Diseño de una planta agroindustrial, para procesamiento, transformación y conservación de productos de origen animal y vegetal*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2003. 232 p.
6. MEYERS, Fred. *Estudio de tiempos y movimientos*. 2a ed., México: Prentice Hall, 2000. 334 p.
7. MONSANTO. *Historia de la compañía*. [en línea], México: <[www.monsanto.com.mx / historia.htm](http://www.monsanto.com.mx/historia.htm)>. [consultado: 6 de octubre de 2011].

8. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. Guatemala: USAC, 2008. 210 p.

ANEXOS

Anexo 1. **Instalaciones administrativas de la Estación experimental de Monsanto de Salamá**



Fuente: casa patronal y oficinas administrativas de Monsanto, Salamá.

Anexo 2. **Instalaciones de seguridad, con extintores y botiquines externos**



Fuente: instalaciones de servicios de primeros auxilios.

Anexo 3. **Servicios sanitarios para el personal operativo de las áreas de producción**



Fuente: servicios sanitarios de las instalaciones.

Anexo 4. **Control de días sin accidentes y normas de ingreso a la Estación**



Fuente: valla informativa ingreso de las instalaciones.

Anexo 5. **Ilustración de la secuencia del procesamiento de frutos**



Fuente: elaboración propia, con programa Paint 2007.

Anexo 6. **Fotografía de desechos sólidos y deposición en aboneras**



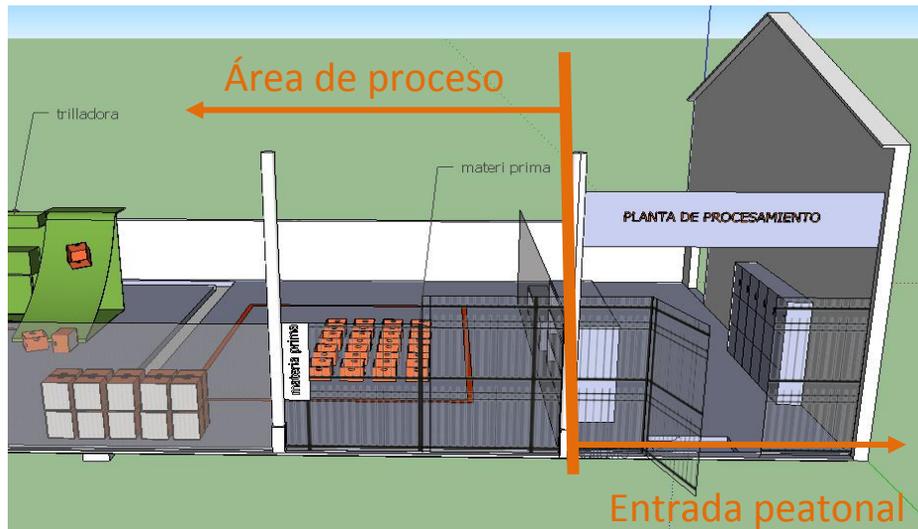
Fuente: área especial para deposición de residuos dentro de finca de Monsanto.

Anexo 7. **Secuencia fotográfica de operación de lavado de las semillas**



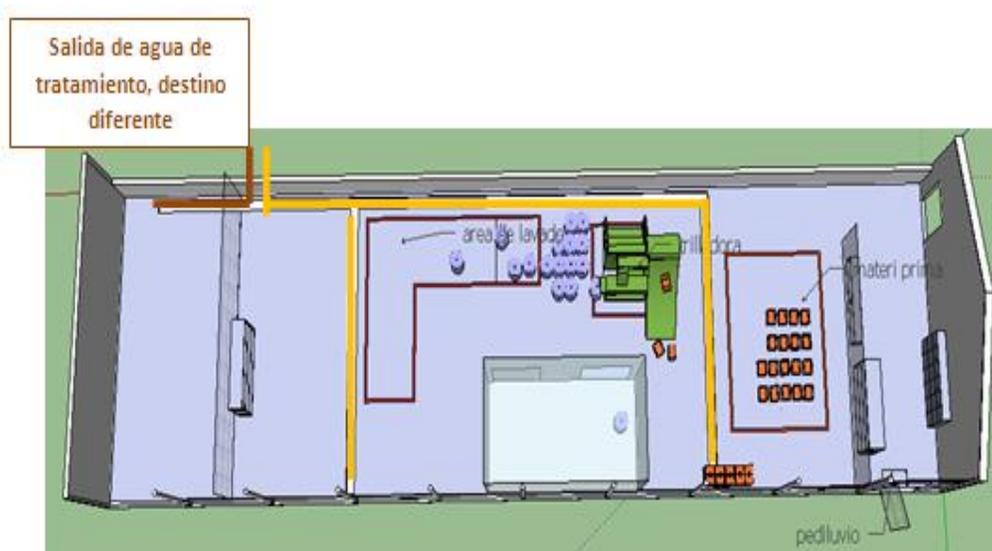
Fuente: proceso de extracción de semillas en planta de procesamiento de frutos en la finca de Monsanto, Salamá.

Anexo 8. **Entrada peatonal para planta de procesamiento**



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup8.

Anexo 9. **Esquematzación de separación de salidas de aguas residuales**



Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup8.

Anexo 10. **Scanner de copia de constancia de toma y envío de muestra de agua de proceso**

FORMATOS DEL MANUAL DE CALIDAD PARA FQB LABORATORIOS

Edición No. 3 Revisión No. 4
 Formato F-18D Fecha: 1 de octubre de 2010
 Carretera a Canalillos 21-96 zona 17 Lennox del Norte
 Teléfono: 23902500 FAX: 23902599

FQB LABORATORIOS
 CONSTANCIA DE MUESTREO E INGRESO DE AGUAS RESIDUALES

EMPRESA: <u>Monsanto de Guatemala S.A</u>		FECHA: <u>09-11</u>	HORA: <u>10:00 / 11:00</u>
ENCARGADO DE EMPRESA: <u>Edgar Antonio Garcia</u>		FIRMA: <u>[Firma]</u>	TELÉFONO: <u>5244950</u>
TIPO DE EMPRESA: <u>Industria</u>	SITIO DE DESCARGA: <u>Desagüe río</u>	TIPO Y TIEMPO DE MUESTREO: <u>DL - Computador 11:00 con filtro de 615 y 250</u>	
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO: <u>(D2 / Ninguno) (D1 / Ninguno) 01 - Interal</u>			
DESCRIPCIÓN DE LAS SUSTANCIAS EN EL AGUA (POSIBLES INTERFERENTES):			
TERMOMETRO USADO: <u>05-56"</u>		FACTOR DE CORRECCION: <u>(+0.2)</u>	
FECHA INGRESO:	HORA:	RESPONSABLE MUESTREO: <u>LB Hualu</u>	
CONDICIONES DE LA MUESTRA: (refrigeración, temperatura)		ENVASE: <u>2 tubos / FASO LISA</u>	
ENCARGADO DE INGRESO:		FIRMA:	

No. Lab	MUESTRA/ UBICACIÓN GEOGRAFICA	Hora	Temp	pH	Mt.	C. In	DBO	DOO	S. SS	S. SU	Color	O. A. A	N	P	Cloro
	<u>Salida de agua Residual tratada de planta Computador 11 con filtro 10 min. D2</u>	<u>10:00</u>	<u>25.00</u>	<u>5.53</u>	<u>8</u>	<u> </u>									
	<u>Salida de agua Residual pre-tratada para el proceso de tratamiento Interal. D1</u>	<u>11:00</u>	<u>26.0</u>	<u>3.96</u>	<u>Δ</u>	<u> </u>									

Elaborado por: Lisette Viquez
 Asistente administrativa

Revisado por: Lucía Ana Luisa Viquez
 Gerente de calidad

Aprobado por: Raimy Quintana
 Jefe de laboratorio

Especificar otros: _____

F-18 D

Fuente: departamento de Producción de Monsanto.

Anexo 11. Resultados de análisis de aguas de procesos

Identificación de la Muestra: Aguas Residuales
 Condiciones de la Muestra: Temperatura de recepción: 8°C, Envase: tambos plásticos y vidrio, bolsa estéril
 Análisis Solicitado: Ambiental
 Fecha de Muestreo: 24/01/2007
 Fecha de Proceso: 25/01/2007
 Método de muestreo: Compuesto de 5 horas con equipo automuestreador ISCO y medición de Caudal por Burbujas ISCO 4230

Determinaciones Físicoquímicas	Salida proceso de tomate (No. Lab.76995)	SIGLAS USADAS: SMW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. 1998. SQ: Método Spectroquant,
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2 950,0 mg O ₂ /L	Nota: La reproducción parcial o total del mismo deberá ser aprobado por F.Q.B. Laboratorios
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	2 171,0 mg O ₂ /L	
Sólidos Sedimentables	175,0 ml/L	
Sólidos Totales	2 057,6 mg/L	
Sólidos en Suspensión	758,0 mg/L	
pH	7,67	
Materia Flotante	Presente	
Temperatura	22,1 °C	
Grasas y Aceites	0,93 mg/L	
Color	53,2 1/m	
Nitrógeno	1,7 mg/L	
Fósforo total	1,38 mg/L	
Coliformes Fecales	2 NMP/100 ml	

Parámetros	Métodos de Referencia
Sólidos Totales secados entre 103 a 105°C	SMW Met. 2540 B.
Sólidos en suspensión totales secados entre 103 a 105°C	SMW Met. 2540 D.
Sólidos sedimentables, método volumétrico	SMW Met. 2540 F.
Potencial Hidrógeno (pH), método Electrométrico	SMW Met. 4500 H.
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Método manométrico	Instructivo de Merck Línea Oxitop (análogo a SMW Met. 5210 D).
Demanda química de oxígeno (DQO). Reflujo cerrado y método de detección espectrofotométrica	SQ. Met. 14555. (análogo a SMW Met. 5220 D). SQ. Met. 14541. (análogo a SMW Met. 5220 D). SQ. Met. 14690. (análogo a SMW Met. 5220 D.).

Fuente: Laboratorios FQB, de Guatemala.

Anexo 12. **Resultados de laboratorio para premuestra puntual de aguas de proceso, reposada**

Tipo de muestra: Aguas residuales
 Condiciones de la muestra: Temperatura de recepción: 5,0 ° C,
 Envase: tambo
 Análisis solicitado: Ambiental
 Fecha de muestreo: 12/05/2011
 Fecha de proceso: 13/05/2011
 Método de muestreo: Puntual (SMW Met 1060 Pág. 1-27 a 1-35)

Determinaciones fisicoquímicas	Agua sin sólidos muestra 2 tomado 12/05/2011 Hora: 8:30 (No. Lab.114880)
Demanda química de oxígeno (DQO) (°)	4725,0 mg O₂/L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (°)	2773,8 mg O₂/L
Relación DQO/DBO	1,7
Sólidos sedimentables (°)	1,0 ml/L
Sólidos en suspensión (°)	458,5 mg/L
Sólidos totales	1876,0 mg/L

Parámetros	Métodos de Referencia
Sólidos totales secados entre 103 a 105° C	SMW Met. 2540 B Pág. 2-56
Sólidos en suspensión totales secados entre 103 a 105° C	SMW Met. 2540 D Pág. 2-58
Sólidos sedimentables	SMW Met. 2540 F Pág. 2-59 y 2-60
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). método respirométrico	Instructivo de Merck Línea Oxitop (análogo a SMW Met. 5210 D Pág. 5-10 a 5-13)
Demanda química de oxígeno (DQO). reflujo cerrado, método colorimétrico	SQ. Met. 14555 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19) SQ. Met. 14541 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19) SQ. Met. 14690 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19)

Fuente: Laboratorios FQB, de Guatemala.

Anexo 13. **Resultados de laboratorio para premuestra puntual de aguas de proceso, sin reposo.**

Tipo de muestra: Aguas residuales
 Condiciones de la muestra: Temperatura de recepción: 0,9 ° C,
 Envase: tambos plásticos,
 Análisis solicitado: Ambiental
 Fecha de muestreo: 12/05/2011
 Fecha de proceso: 13/05/2011
 Método de muestreo: Puntual (SMW Met 1060 Pág. 1-27 a 1-35)

Determinaciones fisicoquímicas	Agua del proceso de pulpa de tomate (No. Lab.114799)
Demanda química de oxígeno (DQO) (º)	7275,0 mg O₂/L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (º)	6030,0 mg O₂/L
Relación DQO/DBO	1,2
Sólidos sedimentables (º)	490,0 ml/L
Materia flotante	Ausente
Sólidos en suspensión (º)	2004,0 mg/L
Sólidos totales	5129,0 mg/L

Parámetros	Métodos de Referencia
Sólidos totales secados entre 103 a 105° C	SMW Met. 2540 B Pág. 2-56
Sólidos en suspensión totales secados entre 103 a 105° C	SMW Met. 2540 D Pág. 2-58
Sólidos sedimentables	SMW Met. 2540 F Pág. 2-59 y 2-60
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). método respirométrico	Instructivo de Merck Línea Oxitop (análogo a SMW Met. 5210 D Pág. 5-10 a 5-13)
Demanda química de oxígeno (DQO). reflujo cerrado, método colorimétrico	SQ. Met. 14555 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19) SQ. Met. 14541 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19) SQ. Met. 14690 (análogo a SMW Met. 5220 D Pág. 5-18 y 5-19)
Materia flotante	Visual

Fuente: Laboratorios FQB, de Guatemala.

