Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Energía y Ambiente

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN UNA EXPORTADORA DE CAFÉ PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Ing. Luis Enrique Escobar García
Asesorado por M.A. Hugo Armando Mérida Pineda

Guatemala, enero 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN UNA EXPORTADORA DE CAFÉ PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. LUIS ENRIQUE ESCOBAR GARCÍA
ASESORADO POR M.A. ING. HUGO ARMANDO MÉRIDA PINEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN ENERGÍA Y AMBIENTE

GUATEMALA, ENERO 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
EXAMINADOR	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Ing. Marvin Eduardo Mérida Cano
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:

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN UNA EXPORTADORA DE CAFÉ PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 23 de octubre de 2021.

Ing. Luis Enrique Escobar García

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.020.2024

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 Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN UNA EXPORTADORA DE CAFÉ PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL,** presentado por: **Ing. Luis Enrique Escobar García,** que pertenece al programa de Maestría en artes en Energía y ambiente después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO a.i.
Facultad de Ingeniería

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.

Guatemala, enero de 2024

JFGR/gaoc

Guatemala, enero de 2024

LNG.EEP.OI.020.2024

En mi calidad de Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN UNA EXPORTADORA DE CAFÉ PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL"

presentado por **Ing. Luis Enrique Escobar García** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Energía y ambiente** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECTORA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA

Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

Guatemala, 15 de noviembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN UNA EXPORTADORA DE CAFÉ PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL** del estudiante **Luis Enrique Escobar García** quien se identifica con número de carné **200915612** del programa de Maestria En Energía Y Ambiente .

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el ***Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014.*** Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA
DE GUATEMALA

Msc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador
Maestria En Energía Y Ambiente
Escuela de Estudios de Postgrado

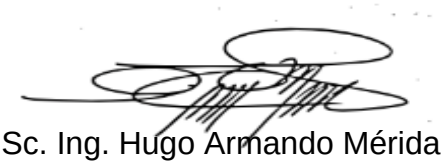
Guatemala, 15 de noviembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Posgrados
Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN UNA EXPORTADORA DE CAFÉ PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL"** del estudiante **Luis Enrique Escobar García** del programa de **Maestría en Energía y Ambiente** identificado con número de carné 200915612

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



MSc. Ing. Hugo Armando Mérida Pineda

Colegiado No. 6,365

Asesor de Tesis

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser el eje principal de mi vida y mis actos, porque a pesar de pasar por momentos obscuros y obstáculos que en su momento pensé que serían insuperables; me concedió el temple y la perseverancia para salir adelante.
Mis padres	Luis Enrique Escobar Jeréz (q.e.p.d.) porque a pesar de no estar con nosotros físicamente, con sus buenas acciones en vida dejó asegurado mi futuro y el de mis hermanas. Celia del Rosario García Reyes por el esfuerzo que conlleva sacar adelante un profesional, porque a pesar de todas las adversidades por las que pasó, supo mantenerse en el camino del bien demostrándome así lo que puedo lograr si persevero y no me desvío del camino.
Mis hermanas	Carolina María del Rosario y María Teresa Escobar García porque sueño con que algún día ellas me puedan dedicar un acto como éste.

Mis tíos

Miguel Ángel Borrayo Bran, Leonel Flores, Guillermina del Carmen y Olga Marina Escobar Jerez: porque se encargaron de guiarme, educarme, cuidarme como si fuese un hijo; a pesar de que no vivimos juntos, sus enseñanzas y consejos me acompañan toda la vida.

Mis primos

Jorge Antonio Flores Escobar de quien me exhortó a inscribirme a esta maestría, Luis Miguel Ángel Borrayo Escobar quien siempre ha sido como un hermano para mí, Miguel Fernando Enrique Borrayo Escobar de quien aprendí a elegir mis batallas y Juan Pablo Miguel Borrayo Escobar de quien aprendí que es rico holgazanear, pero es aún más rico holgazanear con dinero en la bolsa.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de pertenecer a tan prestigiosa casa de estudios, por darme el privilegio al que solo muy pocos guatemaltecos tenemos acceso.
Facultad de Ingeniería	Por darme las herramientas y conocimientos necesarios para cumplir mis metas.
Mis amigos de maestría	Quienes me acompañaron en las tortuosas noches de desvelo antes de la entrega de proyectos ya que sin su apoyo incondicional no habría podido completar este logro.
Mis amigos de Fedecocagua	Gustavo Galicia, Luis Adolfo López, Luis Fernando Alvarado y Denilson Grijalva, por apoyarme y motivarme para completar esta etapa, por su consejo y aliento cuando más lo necesitaba.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES III
LISTA DE SÍMBOLOS V
GLOSARIO VII
RESUMEN XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA XIII
OBJETIVOS XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO XIX
INTRODUCCIÓN XXVII

1. MARCO REFERENCIAL 1

2. MARCO TEÓRICO 5
2.1. Bases teóricas 5
2.1.1. Variable 1: impacto ambiental 5
2.1.1.1. Características del impacto ambiental 6
2.1.1.2. Tipos de impacto ambiental 6
2.1.1.3. Prevención del impacto ambiental 6
2.1.1.4. Causas del impacto ambiental 8
2.1.1.5. Consecuencias de la falta de prevención del impacto ambiental 8
2.1.2. Variable 2: optimización en procesos industriales 9
2.1.2.1. Conceptos sobre optimización 9
2.1.2.2. Características de la optimización en procesos industriales 14

2.1.2.3. Tipos de optimización en procesos industriales 16
2.1.2.4. Síntomas de la falta de optimización en procesos industriales 18
2.1.2.5. Optimización en procesos industriales . 19

3. RESULTADOS 21
3.1. Insumos obtenidos 21
3.1.1. Línea base ambiental 21
3.1.2. Matriz de Leopold 25
3.1.3. Cotización para impacto ambiental 28
3.1.4. Lista de maquinaria necesaria para optimizar 29
3.1.5. Tabla de costos estimados para optimización 29
3.1.6. Gráfico de comportamiento del precio de café en la bolsa 30
3.2. Análisis de costos 31
3.2.1. Costos de la implementación de las mejoras aplicando la metodología justo a tiempo. 31
3.2.2. Costos de inversión por vender en corto. 32
3.2.3. Costos de mitigar el impacto ambiental. 32
3.2.4. Comparación entre el costo de implementación de las mejoras en los sistemas productivos y el costo de mitigar el impacto ambiental. 32

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 33

CONCLUSIONES 43
RECOMENDACIONES 45
REFERENCIAS 47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1. Área de influencia 22
Figura 2. Límites del río Michatoya 24
Figura 3. Comportamiento general del precio del café 31
Figura 4. Área de construcción disponible 35
Figura 5. Impacto visual por construcción 37

TABLAS

Tabla 1. *Definición teórica y operativa de las variables* XX
Tabla 2. *Optimizaciones en procesos* XXI
Tabla 3. *Resumen de las variables analizadas* XXII
Tabla 4. *Categorización según Listado Taxativo* 23
Tabla 5. *Identificación de Impactos Ambientales* 25
Tabla 6. *Valoración de Impactos Ambientales* 27
Tabla 7. *Costos de mitigación del Impacto Ambiental* 28
Tabla 8. *Tabla de costos por optimización* 29

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
W	Ancho
$	Dólar estadunidense
E	Este
h	Horas
=	Igual que
Kg	Kilogramo
Km	Kilometro
L	Largo
Lb	Libra
>=	Mayor o igual
>	Mayor que
MW	Megavatio
MWh	Megavatio hora
<=	Menor o igual
<	Menor que
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
mm	Milímetro
M	Milla
N	Norte
O	Oeste

%	Porcentaje
P	Potencia
“	Pulgadas o segundos
Q	Quetzales
q	Quintales
-	Signo menos o valor negativo
S	Sur

GLOSARIO

Beneficio de café seco Proceso mediante el cual se extrae el pergamino del grano de café y se seca.

Bodega de almacenaje Espacio designado para guardar productos, ya sea materia prima o productos terminados.

Cambio climático cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial y que viene a añadirse a la variabilidad climática natural observada durante periodos de tiempo comparables.

CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Dosificación Distribución controlada de materias primas o productos terminados.

EIA Estudio de Impacto Ambiental.

Excedentes Cantidad de un producto que excede la demanda o capacidad de almacenaje.

Envíos periódicos Distribución regular y constante de productos a clientes.

Factores abióticos	Componentes no vivos de un ecosistema, como el clima y el suelo.
Factores bióticos	Conjunto de seres vivos de un ecosistema que pueden interactuar.
Flujo del proceso	Secuencia de etapas en un sistema de producción o almacenaje.
Homologación	Proceso de hacer que diferentes elementos sean uniformes o consistentes.
Impacto ambiental	Cambios en el medio ambiente, ya sean adversos o beneficiosos, resultantes de acciones humanas.
Impacto biótico	Efectos en la flora y fauna de un ecosistema debido a cambios en el entorno.
Justo a tiempo	Sistema de producción que busca reducir tiempos en el proceso productivo, minimizando el almacenaje.
Lote	Conjunto determinado de unidades de un producto.
Materia prima	Material esencial en su estado natural utilizado para la producción.
Metodología	Sistema de prácticas, técnicas, procedimientos y reglas utilizado por quienes trabajan en una disciplina.

Mitigación	Acción de reducir la severidad, seriedad o dolor de algo.
Optimización	Proceso de hacer algo tan eficaz y funcional como sea posible.
Pequeños productores	Agricultores o empresas con producción a menor escala comparados con grandes industrias.
Planta de producción	Lugar físico donde se llevan a cabo los procesos productivos.
Producción	Proceso de transformar materias primas en productos terminados.
Recursos	Reservas disponibles de maná, tiempo y otros activos útiles.
Retención	Acto de mantener la materia prima en un lugar específico antes del proceso de producción.
Subproductos	Productos secundarios derivados del proceso principal de producción.
Transporte	Medio o método para mover materias primas o productos terminados de un lugar a otro.
Venta en corto	Práctica de vender un producto con la esperanza de comprarlo de nuevo a un precio más bajo.

RESUMEN

Se planteó una propuesta de solución creativa a un problema de capacidad que se presenta en industrias agrícolas, en las que fluctuaba la cantidad de materias primas producidas, se buscó optimizar los recursos, el espacio disponible y evitando con ello el impacto ambiental que se realiza con las otras alternativas de solución.

El principal enfoque de la propuesta de solución fue evitar el impacto ambiental que producido por la construcción y mantenimiento de una bodega de almacenaje para materias primas y productos terminados; evitando así afectar los factores bióticos y abióticos del entorno. Como un segundo enfoque se busca proponer formas adicionales para optimizar los procesos de producción y almacenaje en un beneficio de café seco.

Con el desarrollo de la propuesta surgieron diferentes etapas del proceso de producción y almacenaje en donde se pudieron insertar acciones que mejorarían considerablemente la capacidad de producción y reducirían la necesidad de construir una nueva bodega. Las optimizaciones que se plantearon fueron:

Implementar mejoras en la comunicación con los pequeños productores para planificar una dosificación en el transporte de materias primas, esto permitirá que el café se retenga en las fincas y en el trasporte, en lo que se va liberando el espacio disponible en la planta de producción.

Implementar mejoras en la comunicación con los clientes para aumentar el tamaño de los lotes y con envíos más periódicos con el objetivo de dosificar el transporte de producto terminado. Esto permitirá que el café desocupe las bodegas de forma controlada y facilite el flujo del proceso.

El tercer punto que se propuso implementar es la combinación de las mejoras anteriores y adicionalmente calibrando la velocidad de producción de la maquinaria, para homologar lo más que se pueda una metodología de justo a tiempo, consiguiendo con ello un flujo del proceso que no depende del almacenaje; claro está que no siempre se podrá tener un flujo constante y debido a ello aún se necesitaría de un lugar dónde almacenar los subproductos y las materias primas excedentes.

Debido a que las mejoras anteriores dejan aún una pequeña parte de café que se necesita almacenar, se planteó la cuarta propuesta de mejora que consiste en vender en corto todos los excedentes y recomprarlos a futuro, lo cual generó dos escenarios: el primer escenario consistió en que el precio del café disminuye con el tiempo, de ser así al comprar de nuevo el café se obtienen ganancias. Y el segundo escenario es que el precio del café aumente, lo que produciría un costo; el cual se recomienda ser analizado para decidir si esta estrategia es conveniente a largo plazo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Guatemala es un país productor y entre sus principales productos de exportación se encuentra el café, por lo que es de vital importancia para la economía del país que a los productores grandes, medianos y pequeños no les hagan falta acceso asequible a las nuevas técnicas y tecnologías de producción.

Durante la crisis sanitaria que empezó en 2020 junto con las calamidades surgieron también nuevas oportunidades de crecimiento. Entre los grandes impactos que sufrió el negocio del café fue que muchas empresas redujeron drásticamente el consumo café; sin embargo, surgió un nuevo nicho de consumidores, los trabajadores desde casa, quienes continuaron con su hábito de consumo de café y gracias a ello el consumo neto aumentó.

- Descripción del problema

El café por su naturaleza en nuestra economía no se quedó desamparado durante la crisis, tanto los pequeños como los medianos productores fueron apoyados por diferentes organizaciones y cooperativas, dándoles herramientas y acceso a nuevas tecnologías que les permitieron mejorar su capacidad de recolección, selección, y principalmente se aceleró el proceso de beneficio húmedo.

Al tener mayor flujo de producción en una etapa intermedia del proceso, se reestructuran los cuellos de botella anteriormente establecidos y por ende se tiene a acumular producto en proceso que espera ser procesado por la siguiente etapa; al enfrentarse a tal situación en una cooperativa exportadora de café

ubicada en Palín, Escuintla, plantea la construcción de una bodega en donde almacenar el producto en proceso, en esa etapa llamado “café pergamino”.

Dicha construcción de bodega implica que se realizará un considerable impacto ambiental hacia los factores bióticos y abióticos del entorno, los cuales serán mitigados; pero una mejor propuesta sería prevenirlos; también se debe tomar en cuenta que la construcción de una bodega adicional solo retrasará el problema y no lo soluciona.

- Formulación del problema

Se propondrá la optimización de los procesos de producción y almacenaje que permita aprovechar el espacio desaprovechado dentro de la maquinaria, el espacio desaprovechado del producto en tránsito y el espacio de bodegas para producto terminado.

La propuesta plantea 3 espacios de almacenamiento que no han sido considerados anteriormente, los cuales son:

  - El espacio dentro de la maquinaria de producción, que si se mantiene una producción continua todo ese producto no ocupa espacio de bodega.
  - El espacio de almacenamiento de los productores y sus camiones, que puede ser aprovechado optimizando el nivel de reorden.
  - El espacio que se requiere de las bodegas de producto terminado, los cuales se pueden aprovechar al mantener una producción continúa siguiendo una planificación de justo a tiempo.

Dejando las interrogantes: ¿es posible optimizar los procesos de producción y almacenaje hasta el punto de evitar la necesidad de construir una nueva bodega? ¿la metodología de justo a tiempo será suficiente para reducir la necesidad de

almacenar el café pergamino? o ¿hará falta algún análisis complementario que permita hacer un uso más eficiente del espacio? ¿de existir un análisis complementario que permita hacer más eficiente el proceso de producción y almacenaje, cuál es?

- Delimitación del problema

Las optimizaciones se propondrán siguiendo una metodología justo a tiempo para minimizar la necesidad de bodegas de producto terminado; también se utilizarán balances de líneas para maximizar la capacidad de producción de la planta y por último se calcularán los niveles de rotación de inventario y los niveles de reorden para aprovechar las bodegas de los productores.

En una importante cooperativa exportadora de café ubicada en Palín, Escuintla, más específicamente en los procesos relacionados con sus líneas de producción, almacenaje y compras. La elaboración de la propuesta se demorará aproximadamente 3 meses y el tiempo de implementación ya dependerá de los resultados de la investigación en función de la dificultad que suponga optimizar sus procesos**.**

La propuesta se limita a ofrecer una alternativa de solución más amigable con el medioambiente y de paso mejorar los márgenes de beneficio de la empresa al maximizar la producción y minimizar el espacio requerido para producto terminado.

OBJETIVOS

General

Analizar si en el proceso de producción y almacenaje en una exportadora de café se puede mejorar para eliminar la necesidad de construir una bodega de almacenaje para evitar el impacto ambiental asociado a su construcción y mantenimiento.

Específicos

1. Cuantificar por medio de la matriz de Leopold el impacto ambiental y su costo de mitigación que conlleva la construcción de una bodega de almacenaje para producto en proceso y producto terminado.

2. Cuantificar el costo asociado a una optimización en, los procesos de producción con mejoras de maquinaria y los procesos de almacenaje con mejoras en el transporte de materia prima y producto terminado.

3. Cuantificar el costo asociado a realizar una venta en corto del café y recomprarlo en fechas futuras utilizando proyecciones de precios con base en daros históricos.

4. Comparar los costos en las mejoras a los procesos de producción y almacenaje para definir si es posible evitar alteraciones en los factores bióticos y abióticos asociados a la construcción de una bodega.

.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

La metodología que se propone para complementar el estudio consta de las siguientes etapas:

- Características del estudio

La presente investigación es de tipo cuantitativa-descriptiva ya que el diseño experimental permitirá comparar si se obtienen beneficios ambientales al optimizar los procesos de producción y almacenaje mediante la implementación de la metodología justo a tiempo y mediante la venta de posiciones en la bolsa.

Se realiza un diseño experimental que analiza los costos de mitigación de un impacto ambiental y los compara con los costos de oportunidad de en los que se incurriría tras implementar la metodología de justo a tiempo, una optimización de transporte para los suministros, una optimización de transporte para producto terminado y la reducción de inventario por medio de la venta en corto de posiciones en la bolsa de valores.

Comparando los resultados del costo para la mitigación del impacto ambiental contra los costos de oportunidad para la optimización de los procesos de producción y almacenaje, se obtendrá un veredicto a favor o en contra de la construcción de una bodega de almacenaje para producto terminado.

- Unidad de análisis

Las unidades de análisis serán las cantidades económicas que se tendrían que invertir en mitigar el impacto ambiental sobre el área de influencia directa e indirecta como consecuencia de construir una bodega de almacenaje para producto terminado; también serán las cantidades económicas que se tendrían que invertir al realizar optimizaciones en los procesos de producción y almacenaje en un beneficio de café seco.

- Variables de interés

Las variables en estudio son del tipo cuantitativo continuo ya que medirán valores que pueden contener números decimales y no pierden el sentido al presentarse de esa forma, su definición teórica y su definición operativa se describen a continuación:

Tabla 1.

Definición teórica y operativa de las variables

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Impacto Ambiental	Mide la cantidad de cambios que perciben los factores bióticos y abióticos derivados de la actividad humana	Se utilizará para medir la cantidad de unidades monetarias que se necesitarían para mitigarlo [Quetzales]
Optimización de procesos de producción y almacenaje	Mide la capacidad de producción, la cantidad de café que se puede procesar y almacenar.	Se utilizará para medir la cantidad de unidades monetarias que se ganan al optimizarlos [Quetzales]

Nota: relación entre las variables que se analizaron. Elaboración propia, realizado con Excel.

Para realizar esta medición se tomarán datos en condiciones iguales para cada uno de los escenarios y se llenará la siguiente tabla para documentar los resultados:

Tabla 2.

Optimizaciones en procesos

Optimización	Costo de implementación	Costo por unidad de área
Justo a Tiempo		
Venta en Bolsa		
Transporte de MP		
Transporte de PT		

Nota: Listado de las optimizaciones analizadas. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Variable dependiente

La variable dependiente se establece como la cantidad de unidades monetarias que se necesitan para resolver el problema.

- Variables independientes

Las variables independientes son las fuentes generadoras de solución al problema principal, es decir:

  - Las principales acciones de mitigación del impacto ambiental que se produce en un área de influencia directa e indirecta producto de

la construcción de una bodega de almacenaje para producto terminado.

- Las acciones de optimización que se pueden implementar para reducir los niveles de inventario haciendo que no sea necesaria la construcción de una bodega de almacenaje o bien reduciendo el tamaño de esta.

Tabla 3.

Resumen de las variables analizadas

Tipo de variable	Descripción de la variable	Dimensional
Variable dependiente	Cantidad monetaria necesaria para resolver	Q (quetzales)
Variables independientes	Costo de las acciones para mitigar el impacto ambiental.	Q (quetzales)
	Costo de las acciones para optimizar los procesos de producción y almacenaje.	Q (quetzales)

Nota: Muestra la relación existente entre las variables dependientes y la variable independiente. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Fases de la investigación

Se propone dividir el estudio en cuatro fases que consisten en una revisión bibliográfica, recolección de la información, análisis e interpretación de la información. A continuación, se presentan las fases llevadas a cabo dentro de la investigación.

- Fase I: revisión documental

En la primera fase se realizará una consulta de todas las bibliografías posibles relacionadas al tema, para enriquecer los conocimientos sobre optimización de procesos industriales, las variables que influyen en esta y sobre el impacto ambiental que percibe el entorno por la construcción de una bodega.

- Fase II: diseño y validación de instrumentos de recolección de información

Se tomarán datos actualizados sobre cantidad de camiones, capacidad de los camiones, identificación de clientes recurrentes e históricos de los precios del café en bolsa; también se recolectan los datos necesarios para realizar el EIA.

- Fase III: trabajo de campo

Se realizarán cálculos para identificar las cantidades de café que ya no se necesitan almacenar si se implementan las diferentes optimizaciones en los procesos de almacenaje y producción; también se realizará el estudio de impacto ambiental para obtener los costos de mitigación en caso de que se construya la bodega de almacenaje para producto terminado.

Con la finalidad de poder comparar entre el costo de mitigar el impacto ambiental u optimizar los procesos de producción y almacenaje se tomaron en cuenta los siguientes pasos:

- Calcular el costo de implementar una homologación de la metodología justo a tiempo en los procesos de producción.

- Calcular el costo de implementar mejoras en los procesos de transporte de materia prima.
- Calcular el costo de implementar mejoras en los procesos de transporte de producto terminado.
- Inferir el costo o dinero que se pierde al vender en corto y recomprar a futuro utilizando proyecciones de precios con base en daros históricos.
- Llenar los campos necesarios en la matriz de Leopold (recursos hídricos, atmosfera, suelo, medio biológico, socioeconómico y cultural).
- Calcular los costos de las acciones para mitigación del impacto ambiental que se produciría si se construye la bodega de almacenaje.

  - Fase IV: redacción del informe final

Con base en los resultados del costo en que se incurre si se decide implementar las optimizaciones en los procesos de producción y almacenaje y los costos de mitigación de las acciones para mitigar el impacto ambiental en el área de influencia directa e indirecta que se incurre si se decide construir una bodega de almacenaje. Se presentarán los resultados para que el lector pueda determinar según su criterio si vale la pena o no, construir una bodega de almacenaje u optimizar los procesos de producción y almacenaje, evitando que se impacte el medio ambiente.

- Determinación de escenarios

Los diferentes escenarios serán determinados tras obtener datos y luego aplicándoles la técnica de análisis de la información seleccionada, en este caso

será el análisis de sensibilidad; es decir comparar los cambios en el costo a medida que cambian los valores con la optimización hecha, la situación actual, la línea base y el costo de mitigar el impacto ambiental.

- Obtención de insumos

La diferencia en costos determinará la mejor selección y para determinarlos, serán calculados mediante las siguientes tablas y datos obtenidos de diferentes fuentes; pero en su mayoría son proporcionados por la empresa: Línea base ambiental, matriz de Leopold, tabla de costos estimados para impacto ambiental, lista de maquinaria necesaria para optimizar, tabla de costos estimados para optimización y gráfico de comportamiento del precio de café en la bolsa

- Técnica de análisis de la información

Al obtener los resultados del estudio de impacto ambiental se tendrá una idea del posible costo de mitigar el impacto ambiental que se tendría si se construye la bodega.

También se obtendrán los resultados de calcular la cantidad de café que ya no se necesitaría almacenar si se aplican las sugerencias de optimización.

Se compararán los costos de construcción de la bodega con los costos de implementación de las sugerencias de optimización para decidir si es mejor mitigar el impacto ambiental o prevenirlo.

La herramienta matemática que se utilizará es el análisis de sensibilidad para identificar si hay alguna sugerencia de optimización que su costo no

compense el beneficio que representa; mediante la fijación de variables y el movimiento de una sola a la vez, se pretende identificar el comportamiento individual de cada optimización por separado.

INTRODUCCIÓN

En el pasado se han implementado estrategias para reducir el daño que la construcción o modificación del entorno causa a los factores bióticos y abióticos. Aunque estas mitigaciones frecuentemente abordan solo los efectos directos y pocas veces los indirectos, es evidente que prevenir siempre es más eficaz que mitigar.

La legislación guatemalteca exige que para todo proyecto que se ejecuta, debe haber un estudio de impacto ambiental asociado; pero al ser tan pocos trabajadores en el ministerio de ambiente y recursos naturales, no se dan abasto para auditar que en realidad se cumplan las medidas de mitigación propuestas y muchas empresas se aprovechan de esto para dejar de lado la mitigación y afectan los factores bióticos y abióticos del entorno.

Afortunadamente en Guatemala aún existen empresas como Fedecocagua, una empresa que se dedica a procesar y comercializar café; el proceso de beneficio seco de café, lo realizan en Palín, Escuintla y sus operaciones las dirigen desde la zona 5 de la ciudad capital; en esta empresa se preocupan por el medio ambiente y la sostenibilidad a largo plazo, debido a dicha preocupación permitieron que se realice una propuesta que les ayude a prevenir el impacto ambiental que se generaría en los factores bióticos y abióticos del entorno a través de mejoras en sus procesos de producción y almacenaje.

En el desarrollo de esta investigación se hacen converger a la Ingeniería Industrial con la Maestría en Energía y Ambiente al combinar intereses en común para ambas diciplinas, tomando una variable de cada una, relacionándolas y con

ello permitiendo que una complemente a la otra al abrir las puertas de la optimización de procesos con objetivos ambientales y económicos.

Con esta propuesta no solo se pretende hacer converger ambas diciplinas y prevenir el impacto ambiental; si no que se pretende ir aún más lejos, sirviendo de precedente para muchas más investigaciones que busquen prevenir por encima de mitigar, demostrando que la responsabilidad social ya no solo está en ser neutro.

Para garantizar que futuras generaciones podrán hacer uso de los recursos naturales, debemos dejar de dañar los pocos recursos que nos quedan y debemos servir de ejemplo para que los demás vean que se puede prevenir el impacto ambiental, el deterioro de los factores bióticos y abióticos del entorno, mejorar las capacidades productivas y aumentar los ingresos percibidos, todo a la vez, solo se deben atacar los problemas con creatividad.

1. MARCO REFERENCIAL

Para el desarrollo de la investigación fue necesario consultar algunas fuentes de información para poder explicar de una mejor manera los fundamentos que se necesitarán. Las siguientes fuentes desarrollan los temas desde la importancia en la sostenibilidad en construcciones hasta mejoras en los procesos de producción en plantas de beneficio de café seco.

Consiste en la correcta administración de los recursos y materiales para beneficio mutuo entre el elaborador del proyecto y el medio ambiente.

Como se menciona en su investigación *La construcción sostenible*: “Los edificios consumen entre el 20 % y el 50 % de los recursos naturales según su entorno, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales como la madera, determinados minerales, el agua y la energía” (Ramirez, 2006, p. 33).

En su artículo se define a la construcción sostenible como: “aquella que, teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente” (Ramirez, 2006, p. 30).

El sector de la construcción es considerado mundialmente como una de las principales fuentes de contaminación medioambiental a menudo la construcción es un proceso desordenado con poco énfasis en proteger el medio ambiente causando afectaciones en el medio biótico y abiótico.

En la investigación *Evaluación del impacto ambiental de la construcción de una bodega* se expresa que “por la dimensión de la bodega se desprecia la evaluación de impacto ambiental para este tipo de obras” (Morales, 2017, p.12).

El autor busca crear conciencia de la contaminación medioambiental que genera el crecimiento de proyectos de construcción; a partir de un ejercicio académico que tiene como objetivo, evaluar el impacto ambiental que produce una obra de baja magnitud.

Las empresas constantemente se encuentran buscando formas para poder mejorar continuamente sus actividades, donde la administración de los fatores ambientales son parte de una pieza fundamental que se emplea para hacer énfasis o resaltar las consecuencias de las actividades sobre el entorno natural y los ecosistemas.

En la investigación *Análisis del impacto ambiental de una planta de beneficio.* Se detectaron riesgos ambientales relacionados a instalaciones eléctricas, accidentes laborales, derrame de productos químicos, derrame de hidrocarburos, descarga de líquidos, sólidos y gaseosos que contaminan el ambiente (Luzuriaga, 2019).

Para que una empresa tenga una certificación que avale tener gestiones ambientales dentro de su empresa, debe pasar por una serie de procesos legales, sociales y económicos. El objetivo general es describir la problemática ambiental en que se encuentra la planta de beneficio (Sánchez, 2011).

El método más adecuado para la medición de la eficiencia técnica es el análisis envolvente de datos, como inputs: área de cultivo, cantidad de fertilizantes y plaguicidas, edad del cafetal y el beneficio húmedo; y como outputs:

calidad del café (características físicas y organolépticas) y kilogramos de café producido.

En la investigación *Evaluación de los beneficios potenciales de las aplicaciones móviles para los pequeños productores de café,* Botero (2019). Se encontró que el método más adecuado para la medición de la eficiencia técnica es el análisis envolvente de datos.

El modelo más adecuado para evaluar la eficiencia técnica en la producción de café especial por medio de una revisión bibliográfica da orientación al modelo apropiado y visitas de campo e indagación de las variables requeridas para la correcta medición de estas.

La caficultura tiene ventajas en calidad y mercadeo que lo vuelven un mercado competitivo y una de las actividades más importantes para la industria agrícola y para la industria bursátil, llegando al punto de que le apodan como grano de oro.

Así mismo, “La aplicación del manual de BPM incidiría de manera positiva abriendo nuevas puertas a nuevas certificaciones para el beneficio que respalden el buen funcionamiento del proceso productivo del café” (Blandón y Cruz, 2017, p. 35). Por lo que, elaboraron un manual de buenas prácticas de manufactura aplicadas a la sección de beneficio seco del proceso de producción de café y con ello consiguieron mejorar considerablemente la eficiencia de su producción a no tener atrasos por lesiones en el personal.

2. MARCO TEÓRICO

Se examinaron diversas fuentes literarias centradas en el impacto ambiental y las optimizaciones en procesos industriales. Para una interpretación más clara de la solución propuesta, se dividió en dos variables distintas, las cuales se describen de manera individualizada.

2.1. Bases teóricas

Tras una exhaustiva búsqueda de fuentes de información nacionales e internacionales se lograron recopilar las siguientes bases teóricas para sustentar las variables impacto ambiental y optimización industrial.

2.1.1. Variable 1: impacto ambiental

Para tener una correcta definición de impacto ambiental, se realiza una búsqueda por los autores más conocidos al respecto y a continuación se detallará el concepto, las características, los tipos, los síntomas de prevención, las causas y consecuencias del impacto ambiental.

Como lo definió Salvador (2005) un impacto ambiental es la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana. El impacto ambiental debe ser mitigado y de ser posible prevenido debido a que “Los edificios consumen entre el 20 % y el 50 % de los recursos naturales según su entorno, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales como la madera, determinados minerales, el agua y la energía” (Ramírez, 2006, p. 33).

Otro aspecto muy importante por considerar es que las bodegas continúan dañando el medio ambiente luego de ser construidos.

2.1.1.1. Características del impacto ambiental

Sus características implican que pueden ser categorizados por su nivel de afectación, por su escala temporal o espacial y por definición tienen la característica ser modificable, predecibles y controlables si se actúa con tiempo.

El impacto ambiental se caracteriza por claros desbalances en el entorno que llevan a cambios sustanciales, ya sea en la cadena trófica o los factores climáticos de una determinada región.

2.1.1.2. Tipos de impacto ambiental

Debido a su definición y características, los impactos ambientales pueden afectar de forma positiva y de forma negativa el ambiente. “Un impacto no puede ser neutro, es necesaria una valoración de si el cambio ambiental producido es positivo o negativo“ (Salvador, 2005, p. 21).

También puede ser clasificado por su escala temporal o espacial, este tipo de impacto sufre una retroalimentación positiva de sí mismo haciendo que una vez iniciado, no se detenga e incluso siga expandiéndose por más superficie.

2.1.1.3. Prevención del impacto ambiental

El principal síntoma de que existe o existió un impacto ambiental se puede medir mediante la calidad ambiental, siempre tomando en cuenta que los

cambios leves son naturales y los cambios drásticos deben tener una causa asociada.

Existen 2 tipos de indicadores, los cuales son:

- Indicadores de causa, como la presencia de mercurio o la de coliformes en el agua, debidos a los vertidos industriales o urbanos respectivamente.
- Indicadores de efecto, como la muerte de los peces del río.

Indicadores de calidad ambiental, en este caso pueden ser todas las variables que estén relacionadas con la calidad del agua (Alcaide, 2006). La mejor herramienta para determinar los impactos son las matrices de relaciones causa-efecto. Se parte del árbol de acciones de la obra y del árbol de factores ambientales afectados que se disponen como entradas de una matriz. Se señalan las casillas de cruce cuando en ellas se tiene un impacto significativo. Se han utilizado muchas variantes de estas matrices, de las que la Matriz de Leopold es la más conocida (Sánchez, 2015).

La primera y más conocida de las matrices de causa-efecto es la Matriz de Leopold, que fue desarrollada en 1971 por el Servicio Geológico de los Estados Unidos de América del Norte para la evaluación de impactos ambientales de una mina de fosfatos en California y que desde entonces se ha utilizado y se utiliza en los estudios de impacto ambientales. Incluye dos extensas listas de revisión, una de acciones del proyecto, con 100 acciones, y la otra con 88 elementos ambientales (Sánchez, 2015).

La matriz de Leopold es una estrategia que permite medir de forma cualitativa el grado de impacto que un proyecto puede llegar a tener en el ambiente y mediante el reconocimiento de las causas del impacto ambiental se

pueden desarrollar estrategias que permitan mitigar el impacto, y con estas estrategias se puede medir de forma cuantitativa el costo de mitigar el impacto.

2.1.1.4. Causas del impacto ambiental

La principal causa del impacto ambiental es la acción humana mediante sus procesos sociales y naturales, de forma directa e indirecta.

Cabe destacar que la acción humana también es capaz de prevenir o mitigar el impacto ambiental; pero es necesario concientizar a las personas para que puedan hacerlo, el primer argumento de concientización que suele utilizarse es que por mucho dinero que los empresarios generemos hoy, de nada sirve si mañana no va a existir un mundo en el que se pueda gastar ese dinero.

2.1.1.5. Consecuencias de la falta de prevención del impacto ambiental

“El principio de actuar de forma preventiva en el campo ambiental, al ser incorporado a las legislaciones nacionales, modificó radicalmente los procesos, tanto públicos como privados, de toma de decisiones entonces existentes” (Sánchez, 2011, p. 39).

El impacto ambiental es un desbalance en el entorno que, si no se corrige, se retroalimenta y genera un efecto devastador en los ecosistemas de los cuales depende la vida en la tierra.

“El principio de prevención es fácil de aplicar cuando se conocen las respuestas del ecosistema a una actividad determinada, pero éste es un caso inusual en la compleja realidad de los ecosistemas” (Sánchez, 2015 p. 31).

Si no hacemos algo para prevenir el impacto ambiental, estamos condenados a consumir todos los recursos que generamos dañando el medio ambiente, en sobrevivir.

2.1.2. Variable 2: optimización en procesos industriales

Existen diferentes filosofías sobre la optimización de procesos industriales, ellas son: Scrum, Kanban, Agile, Lean Y Lean It; también se pueden implementar optimizaciones de forma heurística y homologaciones de otras metodologías.

2.1.2.1. Conceptos sobre optimización

Lean Manufacturing: nació como una filosofía con un enfoque hacia procesos de fabricación. Es conocido como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. Pone énfasis en el sistema como un todo, tener la perspectiva del todo para comprender el sistema y poder optimizarlo (Chin, 2004).

La traducción de este proceso es: manufactura esbelta, es por ello que se enfoca en únicamente mantener el esqueleto de la estructura y se deshace de todo lo que puede generar robustez en el proceso; claramente no todo proceso industrial se puede permitir estar bajo un régimen esbelto ya que hay procesos industriales que son de alto valor y allí radica la mayor parte del precio del producto terminado; sin embargo para un beneficio de café seco, es una filosofía de optimización que se puede aplicar y se espera de ello obtener un proceso eficiente.

Lean IT: es la aplicación de los principios de Lean a la gestión de las tecnologías de la información. Los principios son muy sencillos y tienen que ver con el sentido común. El principal de todos ellos es que hay que centrarse en aportar valor al cliente. Pero otro muy importante, y que diferencia a Lean de otras iniciativas para mejorar la eficiencia, es que se basa fundamentalmente en los equipos, que son partícipes del proceso, y que lo ejecutan y llevan a cabo. Este principio es fundamental (Pérez, 2014).

La definición de Pérez se basa fundamentalmente en que las empresas por tratar de darle valor a sus productos utilizan procesos de producción que matan moscas a cañonazos, cuando en realidad lo que se necesita es un balance entre la necesidad del cliente y la velocidad de producción de la empresa.

Agile: el término Agile se refiere a cualquier proceso que se alinea con los conceptos del Manifiesto Ágil. El 17 de febrero de 2001, diecisiete desarrolladores de *software* se reunieron en Utah para discutir los métodos de desarrollo ágil. Publicaron el manifiesto ágil para el de desarrollo de *software*, en la que se muestran las mejores formas de desarrollar software haciéndolo y ayudando a que otros lo hagan e incluyeron cuatro valores y doce principios (Chin, 2004).

La traducción de esta metodología de optimización industrial es agilidad, y basa sus principios en el principio de adaptarse a los cambios con gran velocidad; es decir hacerle modificaciones al gusto del cliente a los procesos sin tener que parar la producción para cumplir con ello; pero dicho principio no es aplicable a la industria del café de exportación debido a que toda la producción se realiza bajo estándares internacionales y es muy raro que un cliente pida alguna especificación o modificación en los parámetros de entrega.

El desarrollo de *software* ágil se basa en un enfoque incremental e iterativo. En lugar de una planificación en profundidad al comienzo del proyecto, las metodologías ágiles están abiertas a cambios en los requisitos a lo largo del tiempo y fomentan la retroalimentación constante de los usuarios finales (Chin, 2004).

Este principio se aplicaría en café; pero solamente para la etapa final, es decir para el proceso de torrefacción, en donde si se pueden crear perfiles de clientes a los que les gusta que el tueste del café sea más claro u obscuro. También puede aplicarse a la molienda del café ya que, dependiendo del método de degustación, se debe modificar el tamaño de grano y el tipo de empaque para que conserve su aroma y notas características.

Los equipos multidisciplinares trabajan sobre las iteraciones de un producto durante un período de tiempo, y este trabajo se organiza en un *backlog* que se prioriza en función del valor del negocio o del cliente. El objetivo de cada iteración es producir un producto de trabajo (Chin, 2004).

Kanban: es una herramienta de gestión visual creada por Taiichi Ohno, palabra japonesa que significa tarjetas visuales por su etimología en japones, gestiona específicamente que se fabriquen sólo los productos necesarios en la cantidad y tiempo necesarios, es uno de los pilares del sistema de producción de Toyota; herramienta visual que permite gestionar de una forma rápida cualquier flujo de trabajo (Pérez, 2014).

Esta metodología es aplicable a el proceso de almacenaje del café para identificar lotes estibados mediante apoyo visual, de hecho, es algo que ya se hace desde hace tiempo por su facilidad de implementación y el aumento considerable en la eficiencia de almacenaje.

Scrum: es un marco de trabajo creado en 1993 por Jeff Sutherland y presentado en 1995 por Ken Schwaber en la OOPSLA 95 *Object-Oriented Programming, Systems, Languages & Applications*, describe un proceso de estrategia de desarrollo incremental basado en los principios del manifiesto ágil. En el proceso se aplican de manera regular un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente, en equipo, y obtener el mejor resultado posible de un proyecto. Estas prácticas se apoyan unas a otras (Chin, 2004).

Esta metodología es conocida en español como descreme, como su nombre lo indica, consiste en retirar del proceso principal todo aquello que no se pueda medir, de forma directa o indirecta, un beneficio claro para el cliente; es decir que, si no aporta valor al producto final, es un candidato para retirar del proceso.

Heurística: se define como la capacidad de aprender de los errores cometidos en iteraciones repetitivas, es el tipo de aprendizaje y tipo de optimización más antiguo que se conoce, incluso se puede decir que es el proceso natural por el cual aprendemos los seres humanos.

Basándonos en la heurística es que surge un nuevo tipo de optimización y esta es la homologación de otras diciplinas. Aplicado a esta investigación la homologación que se propone es utilizar el concepto de ventas en corto para su aplicación en bodegas.

Venta en corto: las ventas en corto *short selling* es una herramienta para quien opera en contra del mercado, que se puede aplicar casi a cualquier venta en la que se usa una estrategia específica para obtener aquellos valores o bienes

en general, sobre los que operan los contratos que componen la venta en corto (Codesido, 2016).

La aplicación de la venta en corto para el almacenaje del café consiste en vender el café al precio de mercado en el momento de que sale de las líneas de producción y luego comprarlo cuando se necesita entregar a los clientes, dependiendo del comportamiento del precio del café se puede ganar o perder dinero al realizar este movimiento.

En esta operación el vendedor obtendrá un beneficio si, como consecuencia de la una bajada futura del precio, lo que paga por la acción que compra es menos de lo que percibe por la que había vendido antes. La esencia de la venta en corto es ser una apuesta por la bajada del precio de la acción que constituye su objeto (Codesido, 2016).

Al utilizarse este concepto para mejorar un proceso de almacenaje, se tiene como respaldo el costo de almacenaje en el que se deja de incurrir al momento de realizar la operación y, por consiguiente, aunque el precio de mercado del café suba un poco aun así sigue siendo más rentable que tenerlo almacenado.

Y para los fines de esta investigación aun teniendo perdidas al realizar la operación de venta en corto es intuitivo pensar que es más barato realizar dicha operación, que la construcción y mantenimiento de una bodega de almacenaje.

Una acción con un interés muy alto en corto puede ocasionalmente subir de precio. Por lo general esto ocurre cuando un desarrollo positivo en el mercado de valores desencadena una cobertura masiva de posiciones en corto, y crea lo

que se conoce como un estrangulamiento de posiciones cortas *short squeeze* (Academia, 2017).

Es importante considerar que si el precio del café sube mucho al utilizar esta estrategia se corre un alto riesgo de perder mucho dinero ya que su concepto se basa en recibir remuneración de forma rápida y mientras más tiempo pasa, más riesgo se corre de que el mercado de café recupere su precio y con esto los costos de volver a comprarlo se dispararían, por lo que de implementarse esta estrategia es importante establecer valores críticos a partir de los cuales sin importar la capacidad de almacenaje de ese momento, se compre de nuevo el café.

Un movimiento inteligente sería vender café que ya se tiene en bodega al precio alto para hacer lugar al café que se está comprando de emergencia, para hacerlo de forma escalonada y mitigar los costos implícitos en el riesgo de la venta en corto.

2.1.2.2. Características de la optimización en procesos industriales

Lean Manufacturing: Es una filosofía de trabajo, su objetivo es la eliminación de todo tipo de desperdicio, trata de conseguir la máxima eficiencia en todos los procesos, aumenta la competitividad de las empresas, se basa en la aportación de las personas relacionadas (Nuñez, 2020).

Basa su filosofía en empatizar con el cliente para identificar valor en los productos desde su perspectiva, con esa información mapea un flujo de valores y lo hace tangible realizando un sistema de reparto de las ordenes de producción para perseguir la perfección con la mejora continua del proceso.

Agile: los equipos ágiles se caracterizan por tener un objetivo común, que se alcanza desarrollando un trabajo conjunto, los equipos de trabajo son multidisciplinares, integrando diferentes puntos de vista, cada grupo es libre para tomar sus propias decisiones bajo su responsabilidad compartida, los equipos ágiles se autoorganizan para llegar al objetivo marcado (Sharifi, 2011).

Sus principales características son la rapidez y la flexibilidad; también se caracteriza por subdividir el proceso en sus partes más pequeñas y establece entregables en cada fase.

Kanban: mover tarjetas dentro de una lista o trasladar de una lista a otra, asignar personas a tarjetas, añadir notas y comentarios en las tarjetas, incluir listas de control, establecer límites para el avance del proyecto y reducir la necesidad de tener inventarios físicos al aplicar una metodología de justo a tiempo (Pérez, 2014).

Su principal característica es que se estructura mediante tarjetas que están asignadas a personas encargadas de cada etapa del proceso.

Scrum: adoptar una estrategia de desarrollo incremental, en lugar de la planificación y ejecución completa del producto, basar la calidad del resultado más en el conocimiento tácito de las personas en equipos auto organizados, qué en la calidad de los procesos empleado, solapar las diferentes fases del desarrollo, en lugar de realizar una tras otra en un ciclo secuencial o en cascada (Chin, 2004).

Basa su eficiencia en generar equipos de alto desempeño que generen sinergia entre ellos para crear grupos de trabajo autodirigidos y que se organicen por sí mismos.

Short selling: las características de este tipo de optimización orientada al café son: evita casi por completo los costos de almacenaje de producto terminado, proporciona una estrategia de fácil implementación que resulta práctica, se corre un elevado riesgo dependiendo de la volatilidad de los precios del café, solo se recomienda para conocedores de las tendencias de mercado o personas con acceso a *software* especializado que les ayude a pronosticar los puntos críticos de compra y venta.

2.1.2.3. Tipos de optimización en procesos industriales

Las metodologías *Lean* y la sección DMAIC de *Six Sigma* y *Kaizen* son las metodologías que más frecuentemente se utilizan en las empresas para optimizar los procesos industriales.

Six Sigma: como lo mencionan en la página Nuevatribuna.es dentro de esta metodología encontramos una herramienta llamada DMAIC, específicamente diseñada para la mejora continua de procesos. El nombre proviene de las acciones que la caracterizan: *define, measure, analize, improve and control* (en castellano definir, medir, analizar, mejorar y controlar) (Tribuna, 2017).

El definir, medir, analizar, mejorar y controlar; se basa en recopilar datos numéricos, especialmente datos de carácter estadístico, para optimizar los resultados de la empresa al mismo tiempo que minimiza los riesgos.

“El *Lean* está enfocado a crear una cultura empresarial que haga más eficiente la organización. Para ello, hay que reducir los desperdicios, el coste y los tiempos en los procesos para incrementar la velocidad de respuesta” (Núñez, 2020, p. 2).

Kaizen es uno de los modelos de mejoramiento continuo más conocidos del mundo. Este sistema, casi una filosofía, nació en Japón tras la Segunda Guerra Mundial cuando el país trataba de recuperarse de los estragos de la derrota. El nombre proviene de las partículas *kai* y *zen*, que unidas significan: acción del cambio y el mejoramiento continuo y gradual (Pérez, 2014).

En la metodología *Kaizen* se utilizan a los empleados de la compañía como los actores principales. Son los empleados los responsables que deben observar los procesos, crear con ellos un estándar y generar con ellos una cultura de mejora continua. Se encuentra fuertemente relacionado con el trabajo en equipo y con la solución de problemas mediante el un método científico.

Metodología BPM: el BPM *Business Process Management* o Gestión de Procesos de Negocio combina la automatización con una nueva estructura de organización empresarial. Mediante algunas herramientas tecnológicas, el BPM ofrece una mayor visibilidad sobre los procesos para garantizar el control. De igual forma, mejora la compresión de estos (Nuñez, 2020).

El resultado de esto es que los errores detectados pueden corregirse más fácilmente. Una de las ventajas del BMP es que no se necesitan grandes inversiones. En general, sus herramientas se integran sin problemas en el ERP de la empresa o en el CRM, así como en cualquier otro tipo de *software* de gestión (Pérez, 2014).

La metodología que la mayoría de las empresas utilizan es la heurística, es decir que aprenden realizando varias iteraciones con ligeras correcciones y van evaluando si se obtienen beneficios al implementarlas, de ser así las mantienen hasta encontrar una mejor opción, y de lo contrario regresan a un estado inicial; al completar la iteración vuelven a la fase de propuestas de mejora para iniciar un nuevo ciclo.

Esta metodología permite ajustarse a las necesidades del día a día y a entornos cambiantes en las diferentes áreas de la empresa, principalmente en un mercado globalizado como el del café, con demandas cambiantes, precios fluctuantes y ofertas que dependen en gran medida de la merced del clima.

Dentro de las pequeñas mejoras que se tienen como propuestas, se puede mencionar a la homologación de estrategias que funcionan en otros ámbitos, estrategia que parece ser la más funcional ya que permite pronosticar resultados haciendo un mínimo de inversión, es de bajo riesgo y al ser modificaciones ficticias en caso de no ser una solución apropiada, es muy sencillo volver a un estado anterior.

2.1.2.4. Síntomas de la falta de optimización en procesos industriales

Los síntomas que percibe una empresa cuando empieza a necesitar de una optimización se pueden medir aplicando la metodología de *Six Sigma* mediante un DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve y Control). Otro indicador que permite evidenciar que se necesita una optimización es la variación de los costos en el tiempo.

Otro síntoma de que resulta imperativo realizar una optimización en los procesos industriales es que la nota de las evaluaciones de control de calidad llega a un estancamiento, que a pesar de estar en un valor positivo, al no ver mejoras en la percepción de los clientes, esto indica claramente que ya no se está aportando un valor agregado su experiencia y si esto se mantiene en el tiempo, es muy probable que la competencia realice una mejora y los clientes neutros comiencen a migrar hacia ellos.

2.1.2.5. Optimización en procesos industriales

La mayoría de las optimizaciones industriales se originan partiendo de la necesidad que tienen las empresas de presentar utilidades positivas a sus accionistas; pero en este caso la optimización parte de una iniciativa por evitar afectar los factores bióticos y abióticos del entorno al tener una alternativa más favorable.

Otra causa atribuible a la situación de esta investigación es que los cambios climáticos son el principal enemigo de la industria del café, ya que producen demasiada variabilidad en la cantidad de sacos cosechados, haciendo que los pronósticos de rotación de inventario tengan grandes cambios y no se tenga certeza en el mercado; desencadenado una ola de especulación entre oferentes y demandantes que ocasionan variabilidad en el precio.

3. RESULTADOS

Los resultados se utilizarán para determinar si es viable o no la implementación de las propuestas de mejora en los procesos de producción y almacenaje con el objetivo de mitigar el impacto ambiental.

3.1. Insumos obtenidos

Los insumos; es decir los datos de entrada que se obtienen analizando la información documental de la empresa son:

3.1.1. Línea base ambiental

La empresa no contaba con una línea base ambiental actualizada por lo que se procedió a investigar en tesis relacionadas con el río Michatoya.

El proyecto de construcción de bodega para materia prima y producto terminado se ubica en el departamento de Escuintla, cercano al lago de Amatitlán, a un costado del rio Michatoya exactamente en las siguientes coordenadas, 14.4376828, -90.6518614 como se muestra en la siguiente figura.

Figura 1.

Área de influencia

Nota: Estimación del área que se ve afectada por la construcción de la bodega. Elaboración propia realizado con *Google Maps*.

El área de influencia está compuesta por el Área de Influencia Directa (AID) y el Área de Influencia Indirecta (AII). Estas áreas se pueden visualizar en el plano de ubicación del área de influencia del proyecto, esta área cuenta con un diámetro de 1,000 metros, según el listado taxativo el proyecto esta categorizado como B2 y de acuerdo con la 317-2019 articulo No3., el área de influencia directa e indirecta cubre dicha área.

Tabla 4.

Categorización según Listado Taxativo

Listado Taxativo de Proyectos						
Sección "A"			Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca			
División 01			Agricultura, Ganadería, Caza y Actividades de Servicios Conexos			
Grupo 016		Clase	Otras Actividades Especializadas de apoyo a Agricultura, Ganadería y post cosecha			
Categorías de Proyectos			A	B1	B2	C
no	Descripción	Clase	Alto Impacto	Alto a moderado Impacto	Moderado a bajo impacto	Bajo Impacto
31	Construcción de unidades de beneficio de café	0163			Todos	

Nota: Categorización de la construcción de bodega para materia prima según el listado taxativo. Elaboración propia, realizado con Excel.

Hay impactos ambientales directos asociados con la construcción de la bodega (por ejemplo, el polvo, la erosión, problemas con el material prestado y de los desechos), pero los impactos más importantes es la alteración del flujo de agua a un costado. Estos efectos ejercen impactos directos en los suelos, la vegetación, la fauna y las tierras silvestres, el clima y la población humana del área.

Además de los efectos directos e indirectos de la construcción sobre el medio ambiente, se deberán considerar los efectos del medio ambiente sobre la bodega. Los principales factores ambientales que afectan el funcionamiento y la vida de la represa son aquellos que se relacionan con el uso de la tierra, el agua y los otros recursos en las áreas de captación aguas arriba del reservorio (por ejemplo, la agricultura, la colonización, el desbroce del bosque) que pueden

causar una mayor acumulación de limos y cambios en la cantidad y calidad del agua del reservorio y del río.

Figura 2.

Límites del río Michatoya

Nota: imagen que muestra contaminación previa en el río Michatoya. Elaboración propia.

Debido a que los deslizamientos se originan en las partes altas de las laderas de las montañas, las áreas localizadas abajo de las laderas son particularmente peligrosas. Por otro lado, en los cortes de carreteras y todas las áreas de un talud que han sido excavadas o alteradas por el hombre, son particularmente peligrosas, ya los movimientos de ladera son más comunes

durante las lluvias, debido a que es usual que estos taludes artificiales, necesiten lluvias menos intensas para generar eventos de este tipo.

3.1.2. Matriz de Leopold

Para determinar el costo de las medidas de mitigación se inició el llenado de la matriz, se deben identificar los componentes ambientales y su afectación.

Tabla 5.

Identificación de Impactos Ambientales

		OPERACIÓN					
		ACTIVIDADES DEL PROYECTO					
COMPONENTE AMBIENTAL		Analisis del suelo	Excavación	Cimentación	Fundición de Columnas	Construcción del techo	Acabados Finales
RECURSOS HÍDRICOS	Aguas superficiales			X	X		X
	Aguas subterráneas						
	Calidad del Agua			X	X		X
ATMOSFERA	Ruido		X				X
	Calidad del Aire		X	X			X
SUELO	Relieve		X				
	Calidad de Suelo	X	X	X	X		
	Vibración		X				
	Flora		X				

Continuación de la tabla 5.

		OPERACIÓN					
		ACTIVIDADES DEL PROYECTO					
COMPONENTE AMBIENTAL		Analisis del suelo	Excavación	Cimentación	Fundición de Columnas	Construcción del techo	Acabados Finales
MEDIO BIOLÓGICO	Fauna		X				
	Habitat		X				
	Demanda de Servicios	X	X				X
	Salud y Seguridad						X
SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	Empleo	X	X	X	X	X	X
	Pérdida del área cultivable		X				
	Paisaje				X	X	X
	Carga Vehicular	X					X
	Desplazamiento de comunidades						

Nota: Identificación de los impactos ambientales. Elaboración propia, realizado en Excel.

Como siguiente paso, se desarrolla el proceso de evaluación o valoración de los impactos, de las interacciones identificadas en la matriz anterior, pero que se determinan como relevantes.

Tabla 6.

Valoración de Impactos Ambientales

COMPONENTE AMBIENTAL	Descripción del Impacto	Caracteristicas del Impacto							Valor del impacto	
		Carácter	Perturbación	Importancia	Ocurrencia	Extensión	Duración	Reversibilidad	Impacto total	Valor del impacto
RECURSOS HÍDRICOS	Aguas superficiales	-2	1	2	3	1	1	1	**-9**	Moderado
	Calidad del Agua	-2	1	1	3	1	1	1	**-8**	Compatible
ATMOSFERA	Ruido	-2	2	1	3	1	1	1	**-9**	Moderado
	Calidad del Aire	-2	2	1	1	1	1	1	**-7**	Compatible
SUELO	Relieve	-2	1	1	3	1	3	1	**-10**	Moderado
	Calidad de Suelo	-2	1	1	3	1	3	1	**-10**	Moderado
	Vibración	-2	1	1	2	1	1	1	**-7**	Compatible
	Flora	-2	1	2	2	1	3	1	**-10**	Moderado
MEDIO BIOLÓGICO	Fauna	-2	1	2	1	1	3	1	**-9**	Moderado
	Hábitat	-2	1	1	2	1	3	1	**-9**	Moderado
	Demanda de Servicios	0	2	1	2	1	1	1	**0**	Compatible
	Salud y Seguridad	0	2	1	1	1	1	1	**0**	Compatible
SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	Empleo	2	2	1	3	1	1	1	**9**	Moderado
	Pérdida del área cultivable	-2	2	1	3	1	2	1	**-10**	Moderado
	Paisaje	2	1	1	3	1	3	1	**10**	Moderado
	Carga Vehicular	2	1	1	1	1	1	1	**6**	Compatible

Nota: asignación ponderada de valores según impacto Elaboración propia, realizado en Excel.

De los aspectos analizados, se identificaron 10 impactos etiquetados como *Negativo Moderadamente Significativo* y se etiquetaron los restantes 6 impactos como *Negativo No Significativo o Impacto Compatible*; cabe mencionar que el impacto en empleo es positivo por lo que se descartará en el plan de gestión ambiental.

3.1.3. Cotización para impacto ambiental

Como parte de la elaboración del plan de gestión ambiental, se estiman los costos asociados a la mitigación de los diferentes impactos.

Tabla 7.

Costos de mitigación del Impacto Ambiental

COMPONENTE AMBIENTAL	Descripción del Impacto	Impacto ambiental	Medidas establecidas	Tiempo de ejecución de medidas	Costo de medidas de mitigación
RECURSOS HÍDRICOS	Aguas superficiales	Uso de agua	Racionar el uso de agua	Corto plazo	$ 100 / m^2
ATMOSFERA	Ruido	Uso de maquinaria	Uso de silenciador	Corto plazo	$ 1,000
SUELO	Relieve	Excavación	Extracción para relleno	Corto plazo	- $ 50 / m^2
	Calidad de Suelo	Construcción	Usar mezcladora	Corto plazo	$ 1,000
	Flora	Excavación	Replantar	Corto plazo	$ 50 / m^2
MEDIO BIOLÓGICO	Fauna	Excavación	Evacuar animales	Corto plazo	$ 5,000
	Hábitat	Excavación	Regenerar hábitat	Mediano plazo	$ 900 / m^2
SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	Pérdida del área cultivable	Excavación	No mitigable	No mitigable	-
	Paisaje	Construcción	No mitigable	No mitigable	-

Nota: Resumen de costos calculados según metodología de SGCCC Elaboración propia, realizada con Excel.

3.1.4. Lista de maquinaria necesaria para optimizar

La maquinaria necesaria para el correcto funcionamiento de un beneficio seco de café fue proporcionada por la empresa;

- Tolva
- Prelimpiadora
- Despedregadora
- Trilladora
- Clasificadora de tamaño
- Clasificadora densimétrica
- Clasificadora por color
- Transportadora

3.1.5. Tabla de costos estimados para optimización

Se adecuó a cualquier otra empresa simplificando los costos a unidades monetarias por metro cuadrado de construcción y de esta forma también se facilita la comparación entre los costos del impacto ambiental.

Tabla 8.

Tabla de costos por optimización

#.	Descripción de maquinaria dimensionada para beneficio seco de 500 m2	Precio Unitario	Precio total	Precio por m2
4	Depósito Metálico TUFCM, 1,50 x 1,00 × 1,50 m de alto, con cono metálico y registro	$ 634.00	$ 2,536.00	$ 5.07
1	Transportador Vibratorio con base para muelles inclinados BJ-2X, 3,00 m de largo, con motor eléctrico.	$ 1,321.00	$ 1,321.00	$ 2.64

Continuación de la tabla 8.

#.	Descripción de maquinaria dimensionada para beneficio seco de 500 m2	Precio Unitario	Precio total	Precio por m2
8	Transportador TRP-2X neumático con ventilador VC-028X, una tolva de entrada, ciclón 0,30 m de diámetro.	$ 747.00	$ 5,976.00	$ 11.95
1	Despedregadora CPF-1X con imán de placa y motor eléctrico	$ 6,517.00	$ 6,517.00	$ 13.03
2	Ciclón 0.84 m de diámetro y filtro 0.60 x 6 m de alto	$ 1,518.00	$ 3,036.00	$ 6.07
1	Trilladora-Pulidora para café pergamino lavado DEPOL-1X con reductor y motor eléctrico.	$ 13,638.00	$ 13,638.00	$ 27.28
1	Clasificador Granulométrico (Zaranda) de flujo ascendente PI-4 con motor eléctrico (1 HP)	$ 4,301.00	$ 4,301.00	$ 8.60
1	Separadora densimétrica MVF-1X con 2 motores eléctricos.	$ 5,855.00	$ 5,855.00	$ 11.71
1	Clasificador por color 6100C	$ 15,500.00	$ 15,500.00	$ 31.00
1	Transportador de Banda	$ 13,800.00	$ 13,800.00	$ 27.60
1	Balanza Ensacadora (BAL-10)	$ 3,965.00	$ 3,965.00	$ 7.93
1	Transportador con correa TSE	$ 12,675.04	$ 12,675.04	$ 25.35
1	Materiales de cohesión	$ 1,886.00	$ 1,886.00	$ 3.77

Nota: Cotización de maquinaria por unidad de área. Elaboración propia, realizado en Excel.

3.1.6. Gráfico de comportamiento del precio de café en la bolsa

Para identificar el comportamiento y permitir calcular un costo de oportunidad por vender en corto los futuros de café, se mostrarán los gráficos actualizados a la fecha de elaboración del informe cuyo eje horizontal representa los meses de varios años y en el eje vertical se representan la cantidad de dólares que el mercado está dispuesto a pagar.

Figura 3.

Comportamiento general del precio del café

Nota. El gráfico muestra los movimientos temporales en el precio del café. Obtenido de investing.com (2022). *Precio del Café* (https://investing.com) consultado en noviembre 2022. De dominio público.

3.2. Análisis de costos

Para el análisis de costos se realizará una comparación entre los costos de implementar una mitigación al impacto ambiental contra los costos de mejorar la eficiencia del sistema productivo, por lo que se procede a resumir los costos.

3.2.1. Costos de la implementación de las mejoras aplicando la metodología justo a tiempo.

En el inciso 4.1.5 se muestran los costos por metro cuadrado de construcción que ascienden a $ 182.01

3.2.2. Costos de inversión por vender en corto.

En la sección 4.1.6 se muestra un gráfico del cual se estima un descenso en el precio del café de aproximadamente $ 50.00 por lote de café durante un mes, si se hubiera considerado los futuros de café como un bien de cambio y especulando con el precio se tiene ese monto como costo de oportunidad por no aprovecharlo.

Tomando en cuenta que la producción media es de 10,000 lotes y se necesitan 500 metros cuadrados para producirlos, el costo de oportunidad de vender en corto los futuros de café por metro cuadrado es de $ 1,000.00.

3.2.3. Costos de mitigar el impacto ambiental.

El costo de mitigar el impacto ambiental es de $ 7,000.00 fijos más un monto variable de $ 1,000.00 por cada metro cuadrado de construcción; pero para los cálculos de comparación se descartarán los costos fijos debido a que independientemente de la decisión que se tome, estos seguirán estando presentes y deberán ser absorbidos por la empresa.

3.2.4. Comparación entre el costo de implementación de las mejoras en los sistemas productivos y el costo de mitigar el impacto ambiental.

Resumiendo, los costos por metro cuadrado son $ 1,000.00 del impacto ambiental, $ 1,000.00 del costo de oportunidad por la venta en corto y $ 182.04 por las mejoras de optimización en los procesos de producción y almacenaje.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El primer paso para determinar el costo de mitigación es mediante el trazado de una línea base que permita medir cuanto impacto ya se encuentra presente en el entorno que se pretende no afectar. Es por ello por lo que se ubica geográficamente y al ubicarlo se identifican los factores ambientales que se pueden ver afectados por la implementación del proyecto en un radio de un kilómetro a la redonda.

Tras determinar el área de influencia, se procede a buscar en el listado taxativo que se incluye dentro del acuerdo gubernativo 317-2019; de donde se identifica que la clasificación del proyecto pertenece a una categorización B2, debido a que se trata de una propuesta de construcción en un beneficio de café seco y su impacto sobre el área de influencia directa e indirecta es moderado o bajo.

Con el área de influencia directa e indirecta determinada y con la clasificación del impacto, se procede a realizar una visita de campo presencial para poder identificar los componentes ambientales que se ven afectados y se aprovecha para identificar cómo impacta cada actividad del proyecto en los componentes ambientales identificados.

El recurso hídrico es el componente ambiental que se encuentra más afectado desde la línea base, debido a que los miembros de las comunidades aledañas tienen desagües que desembocan en el río Michatoya aguas arriba y también aguas debajo de donde se encuentra el beneficio de café seco.

Cuando se planteó inicialmente el problema, no era tan evidente la contaminación del río; pero con el pasar del tiempo y las fuertes lluvias de la temporada lluviosa, se evidenció un nivel de contaminación en el agua sin precedentes, haciendo que la línea base se encuentre mucho más alto de lo que se suponía, haciendo que futuros impactos ambientales pierdan relevancia, ya que no supondrán un gran perjuicio hacia el entorno.

La componente ambiental de atmosfera engloba los impactos que se pueden representar en el ruido y en la calidad del aire, otro factor que ya se encontraba con valores elevados debido a que hay varias empresas por la zona, haciendo que los niveles de ruido ambiental sean más elevados; este es otro factor que no se había considerado en el planteamiento inicial debido a que la producción estaba en su etapa más baja cuando se planteó el problema; pero con el paso del tiempo, se identificó que a pesar de que la maquinaria cuenta con suficiente protección contra la emisión de ruido, la entrada y salida de camiones hace mucho más ruido, siendo éste el factor más importante en la generación de ruido.

La calidad del aire es el componente ambiental que más daños puede sufrir en un proyecto de construcción si no se considera su mitigación ya que el polvo fino que compone el cemento se queda disperso en el aire por mucho tiempo y al encontrarse en contacto con la mucosa interior de los pulmones comienza a reaccionar, afortunadamente la mayoría de empresas constructoras están al tanto de este fenómeno por lo que ya cuentan con medidas de prevención sencillas como humedecer el suelo para que el polvo de cemento no se levante.

El suelo puede ser afectado en su relieve, en su calidad, por vibración y en la flora. El impacto en el relieve es inevitable debido a que se debe excavar

para poder fundir las zapatas, la calidad del suelo se ve afectada debido a los químicos que se utilizan durante la cimentación y por la necesidad de mezclar el cemento cerca de donde será utilizado, también se merma la permeabilidad.

La vibración en el suelo es un factor de riesgo a considerar debido a que por ser un suelo rocoso, este puede fragilizarse y fracturarse por culpa de una vibración pronunciada, afortunadamente este factor no es tan relevante durante la construcción y operación de una bodega ya que la fuente generadora de vibración son los camiones que se encargan del trasporte de materiales y del producto terminado cuando ya esté en operación y por ser transitorios el impacto que pueden tener sobre el suelo es moderado.

Figura 4.

Área de construcción disponible

Nota: Área previsible de construcción que será afectada, a un costado del beneficio seco. Elaboración propia, realizado en *Google Maps* ®.

En el caso de la flora, se ve un impacto moderado el cual dependerá del área de construcción que se planifique para el proyecto como se muestra en la figura 4. Hay una superficie total aprovechable de quinientos metros cuadrados en la que el suelo únicamente tiene plantas silvestres pequeñas y no haría falta talar árboles para la construcción de la bodega.

El siguiente componente ambiental que se evaluó fue el medio biológico que está compuesto por la fauna local o los factores bióticos, el hábitat o los factores abióticos, demanda de servicios y por último la salud y seguridad; para el caso de la fauna se ponderó un impacto moderado debido a que tras la construcción de la bodega se crean condiciones propicias para la proliferación de plagas como las cucarachas y las ratas, al mismo tiempo que se merma el espacio habitable por lagartijas e insectos locales.

El hábitat sufre varios cambios debido a que el café debe almacenarse bajo condiciones específicas de temperatura y humedad esto implica el uso de humificadores y de unidades de aire acondicionado afectando esas mismas condiciones en el entorno, también hay un desplazamiento de tierra y se corta la vegetación.

Durante la construcción y puesta en marcha de una bodega se requiere de un consumo moderado de energía eléctrica y de agua que puede ser potable y no potable dependiendo del uso que se le dará.

Un factor muy importante para tener en cuenta es la salud y seguridad ocupacional, la cual es una de las principales preocupaciones de la empresa debido a que la mayoría de los procesos dependen de personas que los lleven a cabo, y una baja por condiciones inseguras retrasaría considerablemente el proyecto; también una licencia de suspensión por enfermedad representa costos

elevados para las empresas y aún hay vigentes políticas de bioseguridad que se deben preservar.

El medio socioeconómico y cultural es el último componente ambiental que se consideró según lo apreciable dentro del área de influencia; los factores considerados bajo este componente son: la generación de empleo, el impacto visual sobre el paisaje, la perdida de áreas cultivables, la carga vehicular y el desplazamiento de comunidades.

La generación de empleo es un factor positivo debido a que será contratada mano de obra local para la construcción de la bodega y luego para su mantenimiento y puesta en marcha se necesitará aún más personal.

Figura 5.

Impacto visual por construcción

Nota: Estimación del impacto visual que tendría la construcción de la bodega a un costado del beneficio seco. Elaboración propia realizada en Paint

El impacto visual sobre el paisaje se considera con una valoración positiva debido a que en ese sitio hay una bonita vista hacia las montañas y al ya haber más bodegas, se perdería en el entorno pasando casi desapercibida y no siendo un contaminante visual como se muestra en la figura 5.

Como no existe un área cultivable en el sitio propuesto para la construcción de la bodega, se considera este aspecto como el costo de oportunidad por no utilizar ese espacio cultivable para plantar árboles de café y tener una producción local, aun así, tras la valoración de impactos en la matriz de Leopold se identificó este impacto como moderado positivo debido a que las condiciones del terreno no permiten que se pueda plantar un lote considerable de café.

Durante la construcción de la bodega si hubiera una tendencia a aumentar la carga vehicular debido a que se requiere de maquinaria especializada para poder excavar y acondicionar el terreno, así como camión mezclador y los vehículos de quienes construirán la bodega, luego de la implementación la carga vehicular seguiría siendo la misma puesto que la demanda de café es la que determina la cantidad de vehículos que se necesitan y no es determinada por la capacidad de almacenaje.

El desplazamiento de comunidades no es considerado debido a que la construcción se puede realizar en un terreno privado en el que no hay vestigios de invasión u ocupación por parte de personas.

Los datos obtenidos sobre los costos del impacto ambiental son especulativos y se incluyen como una referencia para la toma de decisiones específicamente de este proyecto y deberían de considerarse de forma individual para cada proyecto que se plantea, al plantearlos por metro cuadrado de

construcción se intenta generalizar; pero difícilmente son acoplables a otros proyectos por las condiciones tan específicas de la línea base planteada.

La lista de maquinaria necesaria para automatizar un beneficio de café seco se obtiene de enumerar los procesos que actualmente se realizan de forma manual y existe una máquina que permite realizarlo de forma automática; pero como en el beneficio analizado ya se contaba con maquinaria automatizada, se consideraron modelos más recientes y eficientes.

En el cálculo de los costos de cada maquina individualmente se considera el costo de envío de cada una; pero al realizar un solo pedido estos costos se pueden compartir entre las maquinas que pertenecen a la misma marca y que provienen del mismo país.

Se considera un espacio de quinientos metros cuadrados por que es el área que ocupan los beneficios ya construidos en su capacidad instalada máxima y funcionando sin parar durante el periodo de máximo trabajo, optimizado para funcionar con la operación en periodo de máxima demanda, puede que los inversores no estén de acuerdo debido a que únicamente un veinticinco por ciento del año se encuentran estas condiciones ideales y se desaprovecharía el resto del año.

El costo de oportunidad que se analiza mediante el análisis del precio del café seguramente no es el mismo para todos los periodos estacionales, por lo que es importante tomar esto en cuenta, ya que el riesgo de invertir en corto es inmenso, el resultado que se obtiene es favorable debido a que las condiciones de mercado se han mantenido según las expectativas; pero estas pueden cambiar en cualquier momento haciendo que deje de ser viable la inversión si únicamente se tiene este parámetro como punto de control.

Para una valoración más detallada de los resultados, se procederá a analizar objetivo por objetivo según su cumplimiento y valoración obtenida.

El primer objetivo que se planteó fue proponer una optimización en los procesos de producción utilizando la metodología de justo a tiempo para evitar un desbalance en el entorno asociado a la construcción de una bodega, el cual se logra tras sugerir la compra de maquinaria necesaria para automatizar los procesos balanceando las líneas de producción y permitiendo tiempos de entrega casi óptimos, reduciendo al mínimo la necesidad de una bodega para producto en proceso.

Respecto a la viabilidad del cumplimiento de este objetivo hay discrepancias en los criterios debido a que el costo de mejorar la producción es bajo respecto a la mitigación del impacto ambiental; pero al comparar la línea base con la situación que se tendría tras implementar el proyecto se determina que no se tendría un efecto significativo al evitar daños al medio ambiente puesto que los alrededores ya se encuentran en condiciones nefastas, haciendo que la inversión en mitigación sea poco aprovechada.

El segundo objetivo que se planteó fue proponer una optimización en los procesos de almacenaje con mejoras en el transporte de materia prima y producto terminado evitando un desbalance en el entorno asociado a la construcción de una bodega, el cual se logra tras sugerir la compra de maquinaria necesaria para implementar el sistema justo a tiempo ya que al mejorar los tiempos de producción y ajustarlos a la demanda de producto terminado, se elimina la necesidad de construir una bodega para producto terminado.

Si bien el costo de actualizar la maquinaria es bajo, resulta aún más bajo el costo de construir únicamente una bodega respecto a los costos de optimización y la solución al problema sería anticipada; sin tomar en cuenta que

si se decide mejorar la producción tendría que dejar de producir durante el tiempo en el que se estén realizando las reformas.

El tercer objetivo que se planteó fue proponer una optimización en los procesos de producción y almacenaje que implemente un pronóstico de precios del café y vendiendo en corto los lotes de producto terminado evitando así alteraciones de factores bióticos y abióticos asociados a la construcción de una bodega, el cual se cumple tras evaluar el costo asociado a la oportunidad que se pierde por no realizar la venta en corto de los futuros de café, ya que de haberse implementado se delega la responsabilidad de cuidar del grano a quien compra los futuros de café y si bien se recupera dicha responsabilidad al recomprarlos cercanos a la fecha de vencimiento del futuro, se elimina la necesidad de una bodega para producto terminado durante la mayor parte de tiempo durante los picos de producción.

El café es un producto de básico de consumo, por lo tanto, su precio no varía mucho con el tiempo haciendo que sea una inversión segura; es decir que es muy difícil encontrar compradores audaces que estén dispuestos a correr el riesgo asociado a la venta en corto ya que es demasiado alto como para que un inversionista lo tome.

Como otro punto negativo de la propuesta se tiene la dificultad logística que conlleva el trasporte de café cuando los contratos de vencimiento de fututos estén cercanos a vencer.

CONCLUSIONES

1. Es factible prevenir el daño a factores bióticos y abióticos al evitar la construcción de una bodega, la eficacia de esta prevención es altamente dependiente del entorno. Si hay fuentes externas de contaminación presentes, cualquier inversión en optimizaciones podría resultar ineficaz, haciendo que la propuesta de mitigación del impacto ambiental sea inviable.

2. Optimizar procesos de producción y almacenaje resultó más rentable que mitigar impactos de construir una bodega, persuadir a inversionistas es desafiante, especialmente cuando se trata de recuperar áreas devastadas debido al alto costo y las mejoras no inmediatamente visibles.

3. El mercado del café está sujeto a una creciente volatilidad debido a factores como la globalización, la inflación y la especulación. Predecir con precisión las tendencias de precios, especialmente las bajistas, es cada vez más desafiante. Dada esta incertidumbre, podría no ser recomendable para los inversionistas comprometer recursos significativos en estrategias basadas en predicciones de precios.

4. La investigación evidenció la necesidad de un enfoque holístico que combine la optimización de procesos, la consideración del entorno y un análisis cuidadoso del mercado al tomar decisiones estratégicas en la industria del café.

RECOMENDACIONES

1. Reevaluar el análisis tras implementar medidas de bioseguridad en cuencas hidrográficas. Mientras se evita la construcción de bodegas para proteger los factores bióticos y abióticos, es vital asegurarse de que el lugar seleccionado no posea fuentes de contaminación preexistentes que comprometan la viabilidad de dicha prevención.

2. Aprovechar las fuentes sobre pronósticos estocásticos para entender mejor el mercado del café es vital. Dado que la optimización de procesos de producción y almacenaje se identifica como más rentable que enfrentar impactos ambientales de construcción, es crucial dirigir esfuerzos en comunicar y demostrar esta rentabilidad a inversionistas potenciales, especialmente si se consideran áreas previamente devastadas.

3. Ampliar los análisis realizados considerando los cambios de poder adquisitivo que sufre el dinero en el tiempo, así como los tipos de interés y la factibilidad que tendría el proyecto según su retorno sobre la inversión.

4. Realizar un enfoque holístico que combine la optimización de procesos, la consideración del entorno y un análisis cuidadoso del mercado al tomar decisiones estratégicas en la industria del café para mitigar el impacto ambiental.

REFERENCIAS

Academia, T. (2017). *I Hold*. Obtenido de Trading Academia: https://es.ihodl.com/academy/trading/riesgos-venta-en-corto/

Alcaide, A. S. (2006). *Impacto Ambiental.* Madrid: Pearson.

Alcaide, A. S. (01 de 2020). *Auditor Líder.* Obtenido de https://www.auditorlider.com/wp-content/uploads/2019/07/Evaluacion-impacto-ambiental-Garmendia-PDF-1.pdf

Blandón, S. J., & Cruz, G. A. (10 de 11 de 2017). *Repositorio Institucional UNAN-Managua.* Obtenido de Repositorio Institucional UNAN-Managua: https://repositorio.unan.edu.ni/6775/1/17867.pdf

Botero, S. C. (14 de 06 de 2019). *Repositorio Institucional de la Universidad Católica de Pereira - RIBUC.* Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Católica de Pereira: http://hdl.handle.net/10785/5607

Chin, G. (2004). *Agile Project Management.* Nueva York: AMACOM.

Codesido, E. G. (2016). *Universidad Complutense de Madrid.* Obtenido de Universidad Complutense de Madrid: https://eprints.ucm.es/id/eprint/35297/1/T36775.pdf

GeinforERP. (11 de 2021). *GeinforERP*. Obtenido de https://geinfor.com/business/optimizacion-de-procesos-en-una-empresa/

Luzuriaga, K. L. (05 de 02 de 2019). Análisis del impacto ambiental de una planta de beneficio. Machala, De el Oro, Ecuador.

Morales, C. C. (2017). Evaluación del Impacto Ambiental de la Construcción de una Bodega. *Universidad Santo Tomas - Tunja*, 13 - 34.

Nuñez, H. J. (2020). *Los sistemas just-in-time/Kanban.* Xochimilco: Universidad Autónoma Metropolitana.

Pérez, N. (2014). *Construcción de software: una mirada ágil.* Caseros: EDUNTREF.

Ramirez, A. (2006). La Construcción Sostenible. *Fisica y Sociedad Trece*, 30 - 33.

Salvador, A. G. (2005). *Evaluación de impacto ambiental.* Madrid: Pearson.

Sánchez. (2015). *Impactos Ambientales.* Madrid: Pearson.

Sánchez, L. E. (2011). *Evaluación de Impacto Ambiental.* Sao Paulo: Universidad.

Sharifi, H. (2011). *Manufacturing Engineering and Industrial Management.* Liverpool: University of Exeter.

Tribuna, N. (2017). *nuevatribuna.es*. Obtenido de https://www.nuevatribuna.es/articulo/consumo/no-mide-no-puede-mejorar/20170621154349141055.html