

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



**ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA
PRODUCTORA DE PREFABRICADOS A PARTIR DE DESECHOS VÍTREOS
GENERADOS EN LA CIUDAD DE MANAGUA, NICARAGUA**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

Br. Mariana Yamilah Arriaza Darce

Br. Heydi Valeria Portobanco Ortega

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Ingeniero Químico

TUTOR:

Dr. Léster Javier Espinoza Pérez

Managua, Nicaragua. Marzo 2023

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de diploma a nuestros padres y tutores quiénes han hecho su mayor esfuerzo para darnos las mejores oportunidades día a día.

A cada una de las personas que nos han brindado su tiempo, conocimiento y los recursos necesarios para la elaboración de este documento.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la vida y a nuestros padres por el esfuerzo y sacrificio que han hechos por nosotras

De manera especial, agradecemos al Ingeniero William Rivas por su asesoría, conocimiento y guía en la realización de este trabajo.

A la licenciada Danelis Barrios por su apoyo brindado en la búsqueda de libros y documentos y por la constante motivación.

Al Dr. Léster Javier Espinoza Pérez por el aporte brindado en la revisión de esta tesis, por sus conocimientos en la materia, que aportaron a realización de este trabajo.

RESUMEN

El presente estudio tiene como principal objetivo la evaluación técnica y económica de la instalación de una planta productora de bloques prefabricados a partir de desechos vítreos que se generan en Managua. Utilizando la ruta química de activación alcalina con hidróxido de sodio (NaOH).

La determinación de los equipos se realizó de acuerdo a la proyección de producción por día y a su vez se evaluaron la capacidad y rendimiento de los mismos.

Este documento presenta la opción de instalar una planta con capacidad de producción de 1,011,000 unidades de bloques por año y se estima una proyección del 1.3% de crecimiento en los siguientes 5 años de acuerdo con la tasa de crecimiento en el área de construcción.

La visión de la planta procesadora es ser parte de los principales materiales utilizados en el área de la construcción y convertirse en una empresa innovadora y líder en calidad, teniendo precios competitivos en la industria de Nicaragua.

La inversión total estimada para la instalación de la planta es de \$ 1,800,238.54 dólares en activos fijos y diferidos

INDICE

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
INDICE	4
I. INTRODUCCION	10
II. ANTECEDENTES.....	12
III. JUSTIFICACIÓN.....	15
IV. OBJETIVOS.....	17
4.1 Objetivo General	17
4.2 Objetivos Específicos.....	17
V. MARCO TEÓRICO	18
5.1 Generalidades del cemento	18
5.1.1 Cemento.....	18
5.1.2 Cemento Portland	18
5.1.3 Composición del cemento portland (Cp)	19
5.2 Contaminación ambiental del cemento Portland (CP).....	20
5.2.1 Materiales alternativos al cemento portland	21
5.3. Materiales puzolánicos- como reemplazo parcial	21
5.3.1 Materiales hidráulicos como reemplazo total	23
5.4 Vidrio de desecho como sustituto parcial y total del cemento portland.....	24
5.4.1 Bloques	27

5.4.2 Resistencia mecánica a la compresión de los bloques	28
VI. Metodología	29
6.1 Tamaño de la planta	29
6.2 Micro localización de la planta	30
6.2.1 Especificaciones de Alternativas de Terrenos	30
6.3 Proceso Productivo	33
6.3.1 Programa de producción	34
6.3.2 Descripción del proceso	35
6.3.3 Diagrama de proceso	40
6.3.4 Diagrama de flujo de proceso	41
6.4.1 Equipos Mayores.....	42
6.4.2 Equipos menores.....	43
6.4.3 Materiales y Equipos de Laboratorio de Control de Calidad	44
6.4.4. Materiales y Equipos de oficina.....	44
6.5 Materia prima, insumos y servicios	47
6.5.1. Necesidades de materia prima e insumos	47
6.5.2. Suministro de Agua.....	49
6.5.3. Suministro de energía	50
6.6. Infraestructura y distribución de la planta	50
6.6.1 Distribución de áreas. (Matriz SLP y Diagrama de hilos)	51
6.6.3. Plano general maestro	54
6.6.4. Obras civiles.....	55

6.6 Organización del Personal y Cronograma de Inversiones	55
6.6.1 Organización de la empresa	55
6.6.2 Requerimiento de Recursos Humanos	57
VII. ESTUDIO ECONÓMICO	58
7.1 Costos de operación	58
7.1.1. Costos de producción	58
7.1.2 Costos de mano de obra	61
7.2 Inversión inicial en Activo fijo y diferido.....	63
7.3 Inversión Total	67
VIII. CONCLUSIONES.....	69
IX. RECOMENDACIONES.....	71
X. BIBLIOGRAFÍA.....	72
XI. ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del cemento portland	19
Tabla 2 valores establecidos por NTON 12-008-09	28
Tabla 3: Proyección de producción de vidrio pulverizado a 5 años	29
Tabla 4. Especificaciones de terreno (Alternativa I)	31
Tabla 5. Especificaciones de terreno (Alternativa II)	31
Tabla 6. Especificaciones de terreno (Alternativa III)	31
Tabla 7. Factores de localización y valores asignados	32
Tabla 8. Calificaciones asignadas a cada alternativa	33
Tabla 9. Días feriados nacionales en Managua	34
Tabla 10. Codificación utilizada para cada equipo de la planta	42
Tabla 11. Equipos Mayores	43
Tabla 12. Equipos menores	43
Tabla 13. Equipos de Laboratorio de Control de Calidad	44
Tabla 14. Equipos de oficina	45
Tabla 15. Materiales de Oficina	46
Tabla 16. Equipos auxiliares	46
Tabla 17. Equipos área de comedor	47
Tabla 18 Requerimiento anual de vidrio	48
Tabla 19 Requerimiento anual de Arena	48
Tabla 20. Requerimiento anual de NaOH	48
Tabla 21. Requerimiento de agua anual para el proceso	49
Tabla 22 Requerimiento de agua total para uso de la planta	49
Tabla 23. Consumo de energía	50
Tabla 24 Código de cercanía de las áreas	51
Tabla 25 Descripción de Obras Civiles	55
Tabla 26 Requerimiento de Recursos Humanos	57

Tabla 27 Costo anual de vidrio	58
Tabla 28. costo anual del NaOH	59
Tabla 29. Costo anual de arena	59
Tabla 30 Costo de agua para la planta	60
Tabla 31 Costos de agua para el proceso	60
Tabla 32 Costos de consumo eléctrico diario y anual por equipo	61
Tabla 33. Costo de mano de obra directa	62
Tabla 34 Costos de mano de obra indirecta	62
Tabla 35 Costos de equipos de oficina	63
Tabla 36 Costos de materiales de oficina	64
Tabla 37. Costos del área de comedor	64
Tabla 38. Costos de equipos auxiliares	64
Tabla 39 Costos de equipos mayores y menores	65
Tabla 40. Costo de obras civiles	66
Tabla 41 Costos de Activos Diferidos	67
Tabla 42 Inversión Total	68
Tabla 43 Costo por bloque y precio de venta	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Matriz SLP	51
Figura 2. Diagrama de Hilos	52
Figura 3 Leyenda de diagrama de Hilos	53
Figura 4. Estructura de la Empresa	56
Figura 5 Bascula de plataforma Novo	75
Figura 6 Indicador de peso CISGO X10	76
Figura 7 Banda transportadora	76
Figura 8 Pala mecánica	77

Figura 9 Tolva de abastecimiento	77
Figura 10 Trituradora de martillo	78
Figura 11 Imán o separador Magnético	78
Figura 12 Criba densimétrica	79
Figura 13. Máquina de Lavado en seco	79
Figura 14 Molino de bolas	80
Figura 15 Maquina de Mezclado	81
Figura 16 Maquina moldeadora	81
Figura 17 Tornillo sin fin	82
Figura 18 Tanque Homogenizador	82
Figura 19. Montacarga Industrial	83
Figura 20 Tanque de agua	83

I. INTRODUCCION

En Nicaragua existen dos grandes industrias que se han posicionado del 85% de la demanda de cemento en el mercado nicaragüense. En el área de la construcción, todavía existe un déficit para la población en general y empresas constructoras. (Salgado-Pineda)

A pesar de que el cemento portland (CP) como comúnmente lo conocemos, es el principal componente en la construcción de viviendas y edificios, su producción provoca impactos negativos al medio ambiente. Dentro de estos impactos negativos tenemos la generación de gases de combustión que contienen monóxido (CO) y dióxido de carbono (CO₂). Lo anterior conlleva a la búsqueda de alternativas ambientalmente amigables en la construcción, que pueden prescindir parcial o totalmente la producción de cemento portland.

Una alternativa prometedora es el uso de desechos vítreos pulverizados provenientes de botellas de cerveza, vino, refrescos, conservas, entre otros. El vidrio es un material con una estructura amorfa (desordenada), lo que lo hace termodinámicamente inestable y químicamente muy reactivo frente a las soluciones fuertemente alcalinas. Diversas investigaciones a nivel mundial y nacional han demostrado que los desechos vítreos finamente pulverizados, al entrar en contacto con soluciones fuertemente alcalinas (tales como KOH, NaOH, Silicato de sodio, entre otras), fraguan y endurecen aún a temperatura ambiente, generando productos cementosos similares a los formados durante la hidratación del cemento Portland. Dichos cementos a base de desechos

vítreos pueden ser utilizados para fabricar materiales de construcción tales como bloques, ladrillos, adoquines, postes, entre otros elementos constructivos.

En el presente trabajo se determinó la factibilidad técnica y económica de la instalación de una planta procesadora de prefabricados a partir de los desechos vítreos que se generan en el municipio de Managua, Nicaragua, que no generen efectos negativos al medio ambiente, ya que no se recurre al procesamiento térmico de materias primas (arcilla, piedra caliza) que requieren alta demanda energética de combustibles y que da como resultado altas emisiones de gases contaminantes.

II. ANTECEDENTES

El uso de materiales alternativos en la elaboración de productos prefabricados es motivo de estudio de diversos organismos e industrias a nivel mundial con el objetivo de reducir el empleo de las materias primas no renovables que se usan en estas producciones y, a la vez, estimular el empleo de materiales y productos reciclados como criterio de sostenibilidad.

Actualmente una de las mayores preocupaciones a nivel mundial es el cuidado y preservación del medio ambiente. El reciclaje de materiales reduce la contaminación, minimiza la explotación de recursos no renovables y crea nuevas fuentes energéticas y económicas, es aquí donde el reciclaje de desechos vítreos adquiere importancia para esta investigación.

De acuerdo (Poveda R y Hidalgo D) se manifiesta que el vidrio es empleado en reemplazo parcial de los agregados tradicionales de concreto. La mezcla utilizada en la fabricación de adoquines se diseña en base a dos granulometrías de vidrio diferentes. Las proporciones al peso de la mezcla incluyen 15, 25 y 35% de vidrio.

Según (Espinoza y García), llevó a cabo una investigación en cementos compósito de escoria de alto horno y vidrio de desecho pulverizado (VDP). En esta investigación se buscó solubilizar SiO_4 a partir del VDP para obtener soluciones de silicato de sodio con módulo de sílice mayores que cero para obtener buena resistencia a la compresión; se aplicaron tratamientos de activación mecano química y activación termo-mecano química

a una fracción de VDP en el compósito. Se observó que los cementos 100% VDP requirieron condiciones de activación muy agresivas (12% Na_2O y temperatura de curado cercana a 60 °C) para obtener buenas propiedades mecánicas. Los cementos de escoria con 25 y 50 % de vidrio requirieron condiciones de activación similares a los cementos 100% EAH, mientras que los cementos de escoria con 75% de vidrio requirieron condiciones de activación similares a los cementos de 100% vidrio. El compósito 75%-25% (escoria-vidrio) con activación termomecanoquímica (6% Na_2O y curado a 20°C) tuvo resistencia a la compresión similar al cemento 100% escoria con activación alcalina convencional (~19 MPa a 28 días), lo que se consideró un buen resultado por la incorporación del VDP.

(Castro)_demostró que el uso del vidrio molido como parte del agregado fino para la elaboración de prefabricados es muy factible. Las muestras elaboradas con vidrio plano en su composición presentaron resistencias a la compresión mayores a las obtenidas con la mezcla patrón. El aumento del porcentaje de vidrio que reemplaza a la arena en la mezcla puede permitir disminuir la cantidad de cemento a emplear, debido a que el vidrio al tener mayor tamaño de partícula, su superficie específica disminuye requiriendo menor cantidad de cemento para cubrirla. Sostiene que la compatibilidad química del vidrio y del cemento es la clave para un uso satisfactorio del vidrio reciclado molido como sustituto parcial del cemento en las mezclas de concreto.

(Rojas Lujan, Jose Frank) reportó que al utilizar un porcentaje mínimo de vidrio molido se obtiene una resistencia a la compresión de 318.75 Kg/cm² a los 28 días. Además,

menciona que la adherencia del vidrio molido a la mezcla no perturba su consistencia en su estado fresco.

III. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad una de las mayores preocupaciones a nivel mundial es el cuidado del medio ambiente, el reciclaje de materiales reduce la contaminación, crea nuevos productos con menos inversión de materia prima, minimiza la explotación de recursos no renovables y crea nuevas fuentes energéticas y económicas. El concreto es el material más usado en todo el mundo y la demanda en su producción para el ámbito de la construcción también va en aumento, lo que implica la explotación y utilización de productos naturales para su elaboración, cemento, arena, piedra y agua.

El empleo de materiales de construcción no convencionales en la búsqueda de soluciones a problemas de la sociedad, como la construcción de viviendas, viales, etc., reduce el incremento de los costos que ello conlleva con la sustitución parcial o total del consumo de materias primas escasas o ubicadas en sitios distantes. Además, el proceso para la elaboración del cemento requiere de mucha energía (muchas veces de fuentes no renovables) lo que genera la emisión de gases que de no ser tratados contribuyen al aumento del efecto invernadero. Ante estas dos problemáticas se buscó alternativas en cuanto a los materiales utilizados para la elaboración de concreto, siendo el vidrio reciclado una opción como sustituto de los agregados y material cementante.

La problemática en la cual se enfoca este estudio está relacionada con tres aspectos principales: Desarrollo tecnológico, costo económico y el medio ambiente. De acuerdo con (Mejia y Blanco) a utilización de vidrio puede beneficiar económicamente a los costos de producción de materiales de construcción, debido a que requiere sólo de molienda y

activación química para ser implementado como material de construcción, obteniendo así cementos de igual o superior calidad que el CP, aprovechando los desechos de vidrio.

Mediante este estudio se pretende evaluar la factibilidad técnica y económica para la instalación de una planta productora de prefabricados (bloques) a partir de desechos vítreos, como sustituto total del cemento portland.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

- ❖ Evaluar la viabilidad técnica y económica para la instalación de una planta productora de prefabricados (bloques) a partir de desechos vitreos.

4.2 Objetivos Específicos

- ❖ Determinar la facilidad técnica para el desarrollo del proceso productivo de bloques prefabricados a partir de desechos vítreos.
- ❖ Estimar la inversión y los costos de operación, en total correspondencia con los requerimientos técnicos de la planta productora de bloques prefabricados a partir de desechos vítreos

V. MARCO TEÓRICO

5.1 Generalidades del cemento

5.1.1 Cemento

El cemento se presenta en forma de un polvo finísimo, de color gris que, mezclado con agua, forma una pasta que endurece tanto bajo agua como al aire; por la primera de estas características y por el requerimiento de agua para su fraguado se le define como aglomerante hidráulico. El cemento es obtenido mediante un proceso de fabricación que utiliza principalmente dos materias primas, una caliza con contenido de cal en forma de óxido de calcio, y un componente rico en sílice constituido normalmente por arcilla o por una escoria de alto horno, mezclados en proporciones adecuadas y sometidos a un proceso de fusión incipiente en un horno rotatorio del cual se obtiene un material granular denominado Clinker. (Gonzalez)

5.1.2 Cemento Portland

Los cementos según la Norma Europea UNE-EN 197-1:2011, «son conglomerantes hidráulicos, esto es, materiales artificiales de naturaleza inorgánica y mineral, que finamente molidos y convenientemente amasados con agua forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire como al agua». Este endurecimiento hidráulico se debe principalmente a la formación de silicatos cálcicos hidratados y de aluminatos hidratados como resultado de la reacción entre el agua y los constituyentes del cemento. Esta propiedad de conglomerante hidráulico le ha convertido en un material básico en la construcción, imprescindible para la edificación y la realización de infraestructuras.

5.1.3 Composición del cemento portland (Cp)

Los principales constituyentes⁰ de un cemento Portland son: la cal, sílice y alúmina; contiene además pequeñas cantidades de óxido de hierro, magnesia, trióxido de sulfuro, álcalis y bióxido de carbono.

Los cementos pertenecen a la clase de materiales denominados aglomerantes en construcción, como la cal aérea y el yeso (no hidráulico), el cemento endurece rápidamente y alcanza resistencias altas; esto gracias a reacciones complicadas de la combinación cal – sílice, como se observa en un ejemplo en la **tabla 1** (Benavides)

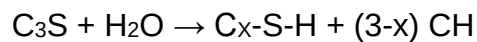
Tabla 1. Composición química del cemento portland

Composición Química		
Parámetro	% en masa	Componentes
CaO	63%	Cal viva
SiO ₂	20%	Sílice
Al ₂ O ₃	6%	Alúmina
Fe ₂ O ₃	3%	Oxido de Fierro
MgO	1.50%	Oxido de Magnesio
K ₂ O + Na ₂ O	1%	Alacalis
Perdida por calcinación	2%	-
Residuo insoluble	0.50%	-
SO ₃	2%	Anhídrido Sulfúrico
CaO Residuo	1%	Cal viva

5.2 Contaminación ambiental del cemento Portland (CP)

Las propiedades de endurecimiento y ganancia de resistencia del cemento se logran mediante la mezcla de éste con el agua. Esto resulta en la formación de productos de hidratación (Gel silicato de calcio hidratado o C-S-H, sin denotar estequiometría) que poseen cualidades ligantes y baja solubilidad en agua (Hidraulicidad: Disponibilidad de recurso hidráulico para la generación de energía eléctrica).

La reacción química principal se da con el silicato tricálcico (alita ó C_3S en forma abreviada) y el agua de la siguiente manera:



El gel C-S-H (sin indicar composición específica) es el responsable de las propiedades mecánicas conocidas del CP hidratado; el $Ca(OH)_2$ o portlandita (CH) es un subproducto de reacción de poco valor cementoso y puede ser el punto de origen de algunas reacciones degenerativas del CP hidratado, por ser soluble en agua.

La producción de CP es un proceso de alta demanda energética de combustibles (4,000 KJ/kg cemento, 25% de pérdidas) y con alta emisión de contaminantes (0.85- 1 kg CO_2 /kg cemento producido) por descarbonatación de materia prima (piedra caliza) y uso de combustibles. Actualmente, la producción mundial de cemento es de aproximadamente 2,500 millones de toneladas, con la consecuente emisión de casi la misma cantidad de toneladas de CO_2 .

Dadas las condiciones de procesamiento térmico del CP a 1450°C, difícilmente se podrían sustituir los combustibles fósiles por fuentes de energía alternativas. Adicionalmente no existe en la naturaleza una fuente de materia prima alternativa al CaCO_3 ; así, se presenta un panorama complejo para la humanidad en términos de la satisfacción de la demanda de materiales de construcción (José Iván Escalante 80 y 81).

5.2.1 Materiales alternativos al cemento portland

Los materiales alternativos tienen cabida como materias primas o materiales cementosos de reemplazo parcial o total del cemento Portland. Parte de la generación de CO_2 viene de des-carbonatación del CaCO_3 que representa alrededor del 80% de la materia prima (0.3Kg CO_2 /Kg cemento). El uso de fuentes de CaO diferentes puede aliviar parcialmente tal situación. Por otro lado, es posible usar cenizas y escorias como materias primas; Se puede definir un material adhesivo alternativo como aquel que tenga propiedades cementosas per se o latentes (que requieren ser potenciadas externamente), esto es, que pueda emplearse como sustituto parcial o total del cemento Portland. Por lo tanto, se puede decir que existen materiales puzolánicos e hidráulicos para la sustitución total o parcial del cemento portland (José Iván Escalante 81).

5.3. Materiales puzolánicos- como reemplazo parcial

Las puzolanas son aquellos materiales de composición rica en SiO_2 , similares a las cenizas volcánicas utilizadas por los romanos. Ejemplos de éstos son la ceniza volcánica (empleada en Nicaragua), la sílice condensada, algunos caolines, ceniza de cascarilla de arroz y desechos geotermales.

Los materiales puzolánicos son así llamados por la interacción química con los productos de hidratación del cemento, principalmente $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$; la reacción que describe tal proceso es llamada “reacción puzolánica”.



La generación de más C-S-H y la eliminación del CH producido por el cemento explica el incremento en las propiedades mecánicas de cementos reemplazados. Los antiguos cementos romanos mezclaban simplemente cal $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ con material volcánico y obtenían C-S-H como se plantea en la reacción anterior. Además de la composición química de las puzolanas, sus características físicas, como tamaño de partícula y morfología, influyen también considerablemente en las propiedades del cemento substituido.

Los niveles de reemplazo de los materiales puzolánicos por cemento pueden llegar hasta un 30% (José Iván Escalante 82).

Las puzolanas pueden clasificarse según su origen en puzolanas naturales y puzolanas artificiales. Las puzolanas artificiales son generalmente subproductos industriales y materiales tratados térmicamente. La utilización de las puzolanas en el CP, en términos generales, reduce el calor de hidratación debido a que tiene un menor porcentaje de los compuestos responsables de la elevación de la temperatura durante el fraguado, esto implica una menor formación de capilares y por ende una mayor densidad y compacidad;

a su vez necesita una menor utilización de agua para el curado de los elementos realizados con este tipo de mezclas (J.C Restrepo 132).

5.3.1 Materiales hidráulicos como reemplazo total

Los materiales hidráulicos son los más comúnmente empleados en la escoria de alto horno granulada; sin embargo, es posible emplear escorias de otros procesos como los de aceración, producción de fósforo, cobre, zinc y plomo; Los materiales hidráulicos pueden considerarse como materiales sintéticos dado que son subproductos. En términos generales requieren de molienda antes de ser empleados como reemplazo del CP y generalmente se requiere un estado estructural amorfo (como los vidrios), con alta energía interna y por ende inestables termodinámicamente y muy reactivos químicamente frente a los álcalis. Los niveles de substitución por cemento son de 10% a 90 % y varían según las normas locales.

El mecanismo básico de reacción es el ataque alcalino de los iones OH^- sobre la estructura vítrea para disolverla (SiO_2 o $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$), con la consecuente precipitación de productos cementosos tipo C-S-H ó Gel de sílice geopolimérico.

Las propiedades primordiales de interés para los usuarios de materiales de construcción son la resistencia mecánica y la durabilidad. Algunas ventajas que pueden explotarse del empleo de materiales cementosos constituidos parcial o totalmente por desechos o subproductos son los siguientes (con respecto a los materiales basados en CP):

- Propiedades mecánicas similares o en muchos casos superiores.

- Durabilidad mejorada a ambientes químicos agresivos (p. ej., agua de mar, pisos en plantas químicas).
- Extensión de la capacidad de producción del cemento cuando se usan como reemplazo parcial (10-90%) sin requerir de procesamiento térmico adicional (ahorro de energía y menor contaminación).
- Reducción de la acumulación de desechos en tiraderos o rellenos (José Iván Escalante 82 y 83).

5.4 Vidrio de desecho como sustituto parcial y total del cemento portland.

Debido a que el vidrio surge de la fusión a alta temperatura de una mezcla de arena sílica, carbonato de calcio y carbonato de sodio dentro de un horno. El punto en el que la mezcla vítrea pasa de estado sólido a líquido viscoso, varía entre los 1300 y 1500 grados centígrados. Después, vuelve a tomar la consistencia sólida de forma gradual mediante un proceso de lento enfriamiento hasta alcanzar su aspecto característico de material sólido transparente. Basado en su carácter amorfo y su alto contenido de silicio, el vidrio es, en teoría, un material puzolánico, incluso de naturaleza cementosa, al procesarlo y tenerlo en partículas muy finas.

El vidrio de desecho (VD) finamente molido puede usarse como aditivo mineral en el CP; ya que participa activamente en la reacción puzolánica formando productos cementosos del tipo gel C-S-H (L.Escalante).

Otra forma de utilización de los desechos de vidrio es mediante molienda a tamaños de partícula similares a los de las arenas, esto permite su uso como agregados en morteros

o concretos; sin embargo, el riesgo de la aparición de la reacción álcali-sílice no puede descartarse con toda certeza.

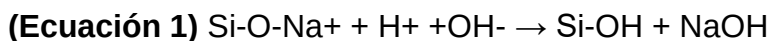
Algunos estudios en los años 60 que emplearon VD molido como agregado del cemento para concreto, encontraron que todos los concretos con agregados vítreos se fracturaron. En los últimos 10 años, se han reanudado las investigaciones del uso del VD como agregado del cemento, debido a los altos costos de deposición de estos vidrios, y todas las regulaciones ambientales (C.Et.Alkali).

Algunos autores investigaron las propiedades mecánicas y las microestructuras de morteros con 30% a un 70% de remplazo de arena fina por vidrio molido y encontraron que no existe disminución de propiedades en un nivel macroscópico debido a la reacción de la pasta de cemento y el VD molido con un tamaño de partícula menor a $100\mu\text{m}$. En contraste, hubo un fuerte incremento en el desempeño mecánico, debido a la contribución positiva del VD a las propiedades microestructurales (Shi y Sheng)

La durabilidad de un vidrio en medio ácido, neutro o básico depende tanto de factores intrínsecos como extrínsecos (A. Paul) La composición química del vidrio es el factor intrínseco más importante a tener en cuenta cuando estos se someten a procesos de degradación. Como es conocido, los vidrios son más vulnerables al ataque químico, a mayor proporción de óxidos alcalinos, siendo más atacables los vidrios con K_2O respecto a los que contienen Na_2O , y éstos más atacables que los que contienen Li_2O (Fernande-Navarro).

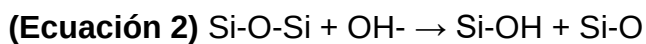
Las proporciones elevadas de óxidos alcalinos dan lugar a retículos vítreos más abiertos y, en consecuencia, favorecen la penetración de los iones del medio de ataque, a la vez que facilitan la extracción de iones del vidrio. Sin embargo, no solo los óxidos alcalinos determinan la vulnerabilidad química de un vidrio, los óxidos de silicio y plomo, así como el de aluminio, son los más importantes puesto que son los formadores principales de la red vítrea. Cuanto mayor sea su porcentaje, se puede esperar mayor estabilidad química frente a los álcalis y ácidos. La atacabilidad de un vidrio también viene determinada por el pH del medio líquido al que se expone. Este es el factor extrínseco más importante.

Cuando una pieza de vidrio soda-cal es puesta en contacto con una solución acuosa, la primera etapa de esta interacción es un intercambio iónico de los iones alcalinos de la superficie del vidrio (Na^+ y K^+) con los iones H^+ del agua según la Ecuación 1:

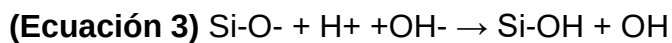


Simultáneamente, las moléculas de agua penetran en la capa de gel de sílice (Si-OH) formada y producen un leve hinchamiento debido al aumento del volumen estructural.

La segunda etapa de la interacción vidrio-solución acuosa es el ataque de los iones OH^- que van quedando libres en el medio acuoso (cada vez más básico) a las uniones siloxano del vidrio según la Ecuación 2:



Los enlaces Si-O-Si se rompen y generan más grupos silanol (Si-OH) y grupos con oxígeno no puente (Si-O-). El ataque al vidrio no concluye con la reacción anterior, sino que los grupos con oxígeno no puentes formados pueden reaccionar con otras moléculas de agua, según la Ecuación 3:



Con esta reacción se generan más grupos silanol e iones hidroxilos que hacen cada vez más básico el medio acuoso. En medios alcalinos, los vidrios soda-cal sufren un ataque más agresivo y más rápido que en medio acuoso, ya que el predominio de los iones OH⁻ provoca una destrucción de la red vítrea por la ruptura de los enlaces Si-O-Si (A. Paul).

5.4.1 Bloques

La Norma Técnica Nicaragüense denominada NTON 12 008 - 09 Fabricación de Bloques de Concreto, define que un bloque es un cuerpo prismático sólido o con huecos, utilizado para conformar la mampostería, fabricados de cemento Pórtland o Modificado, agua y agregados minerales con o sin la inclusión de otros materiales. Los bloques se pueden clasificar en:

- a. Bloques Huecos. Son los que presentan en su sección más desfavorable un área neta por lo menos del 50% del área bruta y el espesor de sus paredes sea cuando menos igual a 2.5 cm.

- b. Bloques sólidos. Son los que presentan en su sección más desfavorable un área neta por lo menos del 75 % del área bruta y el espesor de sus paredes sea cuando menos igual a 2.5 cm

5.4.2 Resistencia mecánica a la compresión de los bloques

Según la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense 12-008-09 los bloques estructurales para construcción deben de cumplir con los requisitos de resistencia a la compresión a los 28 días de curado. En la **tabla 2** se presentan los valores mínimos de resistencia a la compresión de los bloques de concreto (Asamblea).

Tabla 2 valores establecidos por NTON 12-008-09

Tipo	Promedio mínimo de 3 unidades	Resistencia mínima a la pieza de compresión para una pieza individual
Bloque BE-1	13.65 MPa(1980 psi)	12.19 MPa(1765 psi)
Bloque BE-2	8.41MPa(1220 psi)	7.51 MPa(1090 psi)
Bloque BNE	5.65 MPa(8201980 psi)	5.04 MPa(732 psi)

VI. Metodología

6.1 Tamaño de la planta

Para la determinación del volumen de producción de la planta se eligió el 0.5% de la capacidad de producción anual de una de las industrias establecidas en Nicaragua, de acuerdo con el dato de producción de CEMEX, cuentan con una planta de cemento con capacidad de producción anual de 420,000 toneladas (CEMEX), y cubre el 60% de la producción de cemento en el país (Salgado-Pineda).

De acuerdo con la producción anual de CEMEX, se propone una producción de 2,100 toneladas/año o bien 7 toneladas/día de cemento a base de desechos vítreos. En la **tabla 3** se muestran los volúmenes de producción con una proyección a 5 años con un crecimiento del 1.3 % anual.

Tabla 3: *Proyección de producción de vidrio pulverizado a 5 años*

Año	Ton. Año
2024	2100
2025	2127
2026	2154
2027	2182
2028	2211

Las demás áreas de la empresa se determinaron considerando las necesidades operativas que permitan el funcionamiento efectivo de la misma.

6.2 Micro localización de la planta

La micro localización de la planta es la ubicación específica de la planta. La ubicación de la planta procesadora de bloques prefabricados a partir de desechos vítreos está localizada en el departamento de Managua, considerando que los costos serán menores, ya que contará con mejores vías de acceso para los proveedores y consumidores, disponibilidad de servicios básicos y redes de distribución.

Para realizar la micro localización de la planta se utilizó el método cualitativo por puntos, en el cual se determinaron los parámetros más importantes que afectan al proyecto mediante comparación con 3 alternativas de terreno, ubicados en el departamento de Managua.

La evaluación se realizó dando valores del 1 al 10 a cada factor, de acuerdo con el nivel de importancia, siendo 10 el coeficiente de mayor rigor en la asignación. Posteriormente se calificaron los factores utilizando valores del 1 al 100 para afirmar cada uno de ellos, siendo la máxima calificación de 100 puntos que significa la total disponibilidad del recurso evaluado.

6.2.1 Especificaciones de Alternativas de Terrenos

En la **tabla 4, tabla 5 y tabla 6** se presentan las alternativas seleccionadas para la micro localización con las características de cada una.

Tabla 4. Especificaciones de terreno (Alternativa I)

Alternativa I	
Ubicación	Carretera panamericana norte, Tipitapa
Precio	\$490,000
Tamaño	14000 m ² (19,926.6 vr ²)
Servicios	Agua potable, aguas negras, energía eléctrica.
Acceso	Por carretera
Características del sitio	Alta flota vehicular, terreno plano con fácil acceso para proveedores, contiene muro perimetral, área para oficina, área construida para oficina, plancha de concreto de 560m ²

Tabla 5. Especificaciones de terreno (Alternativa II)

Alternativa II	
Ubicación	Carretera Nueva a León km 10.5
Precio	\$224,600
Tamaño	6,288.8 m ² (8,984 vrs ²)
Servicios	Energía eléctrica y Agua potable
Acceso	cerca de carretera principal
Características del sitio	Acceso en buen estado para proveedores, terreno plano, acceso de transporte público, cercanía a materia prima.

Tabla 6. Especificaciones de terreno (Alternativa III)

Alternativa III	
Ubicación	Carretera Ticuantepe
Precio	\$175,000
Tamaño	4900 m ² (7000vrs ²)
Servicios	Agua potable, energía eléctrica
Acceso	Por carretera
Características del sitio	Transporte publico cercano, terreno plano

Las alternativas seleccionadas se cotizaron con agentes de bienes raíces y se seleccionaron conforme a los requerimientos básicos para el desarrollo del proyecto, y así asignar la ponderación en la escala del 1-10. Cabe señalar, que dicha ponderación indica la importancia de los factores de acuerdo con las necesidades de la planta.

Continuamente, los factores que se tomaron en cuenta para la micro localización de la planta se encuentran en la **tabla 7**, siguiendo el método cualitativo por puntos para valorar las alternativas planteadas (G. B. Urbina).

Tabla 7. Factores de localización y valores asignados

Factores de localización	Coeficiente de ponderación (1-10)
A. Cercanía a materia primas	10
B. Coste de terreno	9
C. Servicios básicos	8
D. Características del sitio	7

Una vez determinados los factores, y los coeficientes de ponderación, se procedió a determinar cuál opción es la más adecuada para la micro localización. Por consiguiente, en la **tabla 8** se detalla la calificación asignada a cada alternativa con respecto al factor evaluado, donde la calificación máxima es de 100 puntos y la menor es de 50 puntos.

Tabla 8. Calificaciones asignadas a cada alternativa

Coeficiente de Ponderación	Factor	Calificación			Calificación ponderada		
		Tipitapa	Ciudad Sandino	Ticuanatepe	Tipitapa	Ciudad Sandino	Ticuanatepe
10	A	75	100	50	750	1000	500
9	B	50	75	100	450	675	900
8	C	75	100	100	600	800	800
7	D	75	100	75	525	700	525
TOTAL					2,325	3,175	2,725

Los resultados de la valoración (**tabla 8**) muestran que la alternativa 1 y alternativa 3 no son apropiadas debido a que tienen la menor calificación de ponderación. *La alternativa 2, ubicada en Km. 10.5 Carretera a nueva a León (Ciudad Sandino) es la alternativa seleccionada para la ubicación de la planta, la cual cuenta con un área de 6,288.8 m².*

6.3 Proceso Productivo

En este acápite se presentan las operaciones que permiten llevar a cabo la producción prefabricados a partir de desechos vítreos, también identificando los equipos y accesorios necesarios para llevar la transformación de la materia a un producto final.

6.3.1 Programa de producción

Se estableció un programa de producción para cubrir la demanda proyectada, la planta se mantendrá activa 304 días al año en total correspondencia al decreto definido en el Código del Trabajo Nicaragüense (Junta de Gobierno de Reconstrucción Nacional), en donde se reflejan los días al año operables, duración del turno de trabajo y las necesidades operativas dentro de la planta. En la **tabla 9** se indican dichos días.

Tabla 9. *Días feriados nacionales en Managua*

No	DÍAS FERIADOS
1	1 de enero
2	Jueves Santo
3	Viernes Santo
4	1 de mayo
5	19 de Julio
6	14 de septiembre
7	15 de septiembre
8	8 de diciembre
9	25 de diciembre

Fuente: Código del trabajo

Dado a que el año contiene 52 semanas, por tanto 52 domingos que sumados a los 9 días feriados conforman un total de 61 días no operables al año, dando como resultado los 304 días de operación de la planta, con una jornada de 8 am a 5 pm de lunes a viernes teniendo una hora de intermedio para el almuerzo de los trabajadores y sábado 8:00 am a 12:00 pm, cumpliendo así las 48 horas semanales que establece el Código del Trabajo Nicaragüense.

6.3.2 Descripción del proceso

Para la fabricación de bloques a escala industrial, es indispensable de cierta tecnología que detalle las características propias de cada etapa del proceso, con el fin de definir un orden concreto desde la obtención de la materia prima, hasta la venta del producto terminado.

A continuación, se detalla cada una de las etapas del proceso:

- **Recepción y selección de Materia Prima**

Objetivo: Recepción de la materia prima (Vidrio, Arena, Hidróxido de Sodio) necesaria para producción diaria.

En esta etapa la materia prima se transportará a la planta en los camiones, provenientes de los proveedores. La recepción se realizará todos los días dentro de la jornada laboral o según convenga, el material será recibido por la persona a cargo (en este caso el del jefe de almacén y responsable de inventario).

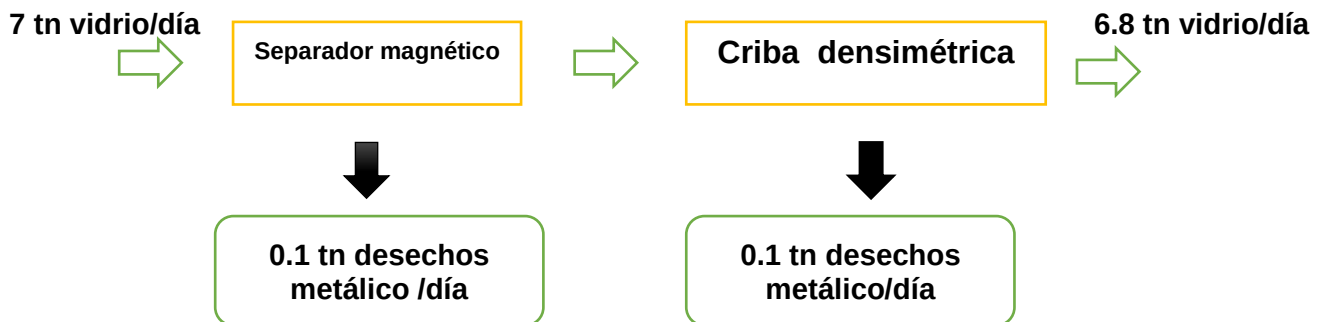
En esta área el jefe de almacén contará con la ayuda de un responsable de inventario, el cual tomará registro de todos los productos y cantidades en (kg) que se recibirá, así mismo llevará un control de las cantidades que saldrán de la bodega de almacenamiento hacia el área de producción diariamente.

→ Salida hacia la planta de 7 toneladas diarias

- **Limpieza**

Objetivo: Separación de metales extraños que vayan mezclados con la materia prima (vidrio).

La materia prima será trasladada con una pala mecánica a una tolva de abastecimiento, donde contará con una banda transportadora con separador magnético. En este paso del proceso serán retirados el contaminante ferro magnéticos de la materia prima. Luego el vidrio es transportado a una cribadora/ densimétrica donde a través de cribas serán retirados materiales contaminantes como piedras, maderas, tierra y plásticos por tamaño y densidad. En esta etapa se cuenta con 2 equipos y en cada una se tomará en cuenta una salida de desechos del 1.5 %.

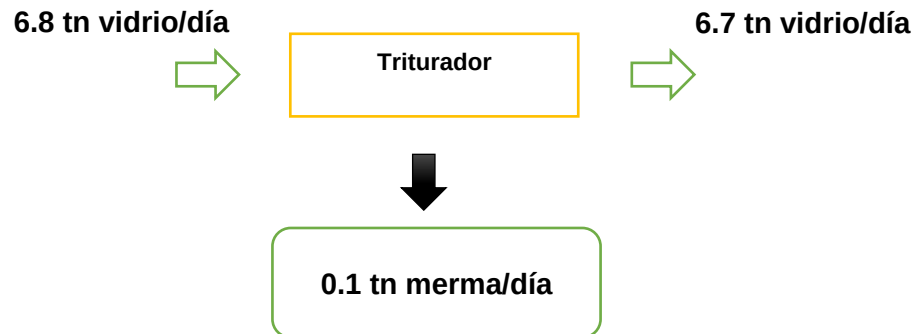


- **Triturado**

Objetivo: Reducir el tamaño del vidrio antes del ingreso a la limpiadora de etiquetas y polvo.

En dicha operación el vidrio estará libre de metales, debidamente pesado y será abastecido por la tolva de abastecimiento a la maquina trituradora, reduciendo el tamaño del vidrio para su posterior limpieza en seco. En esta etapa se cuenta con 2 equipos y

en cada una se tomará en cuenta una merma del 1.5 % para ambos equipos. El tamaño de salida del vidrio es menor a 20 mm.



- **Limpieza en seco**

Objetivo: Eliminar etiquetas u otro residuo adherido al vidrio.

El proceso consta de un equipo de limpieza por fricción, el cual desprenderá etiquetas u otro residuo que contenga el vidrio triturado. Es un equipo cerrado por lo que no se tienen pérdida de materia Prima, adicional que el peso de etiqueta se considera despreciable.



- **Molienda o pulverizado**

Objetivo: Reducir el tamaño del vidrio a menor de 74 micras a través de un molino de bola.

En esta etapa del proceso, el material entrará al molino de bolas en cual estará por un tiempo determinado para lograr el tamaño de partícula deseado del material. El vidrio entra con un tamaño menor a 20 mm y el tamaño de salida es de 74 μm .

- La relación vidrio bolas es de 3:1



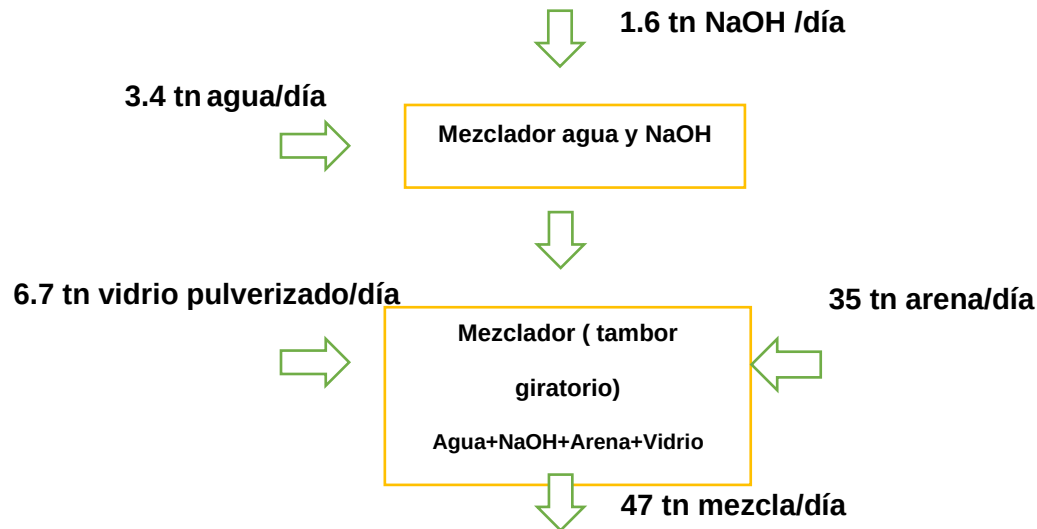
- **Mezclado de las materias primas**

Objetivo: Realizar el mezclado según las relaciones másicas correspondientes.

En esta etapa del proceso, se preparará una solución de hidróxido de sodio (NaOH) a una concentración de 12M, que servirá como agente activador del vidrio pulverizado. Para ello se utilizará NaOH en escamas, grado industrial. La solución de NaOH 12M se preparará con un día de anticipación, puesto que, por su naturaleza exotérmica, dicha solución se debe dejar enfriar al ambiente antes de ser utilizada. Se pesarán las materias primas manteniendo una relación en peso de 5:1 de arena: ligante, y una relación en peso de 0.5:1 de agua: ligante, siendo el vidrio el ligante.

Una vez pesadas las materias primas, se mezcla a velocidad baja el polvo de vidrio con la solución de NaOH 12 M por 3 minutos, posteriormente, a la pasta formada se le agrega la cantidad de arena correspondiente y se mezcla a velocidad media por 4 minutos más.

Posteriormente la mezcla se moldea y se fragua a temperatura ambiente, a como se indica a continuación.



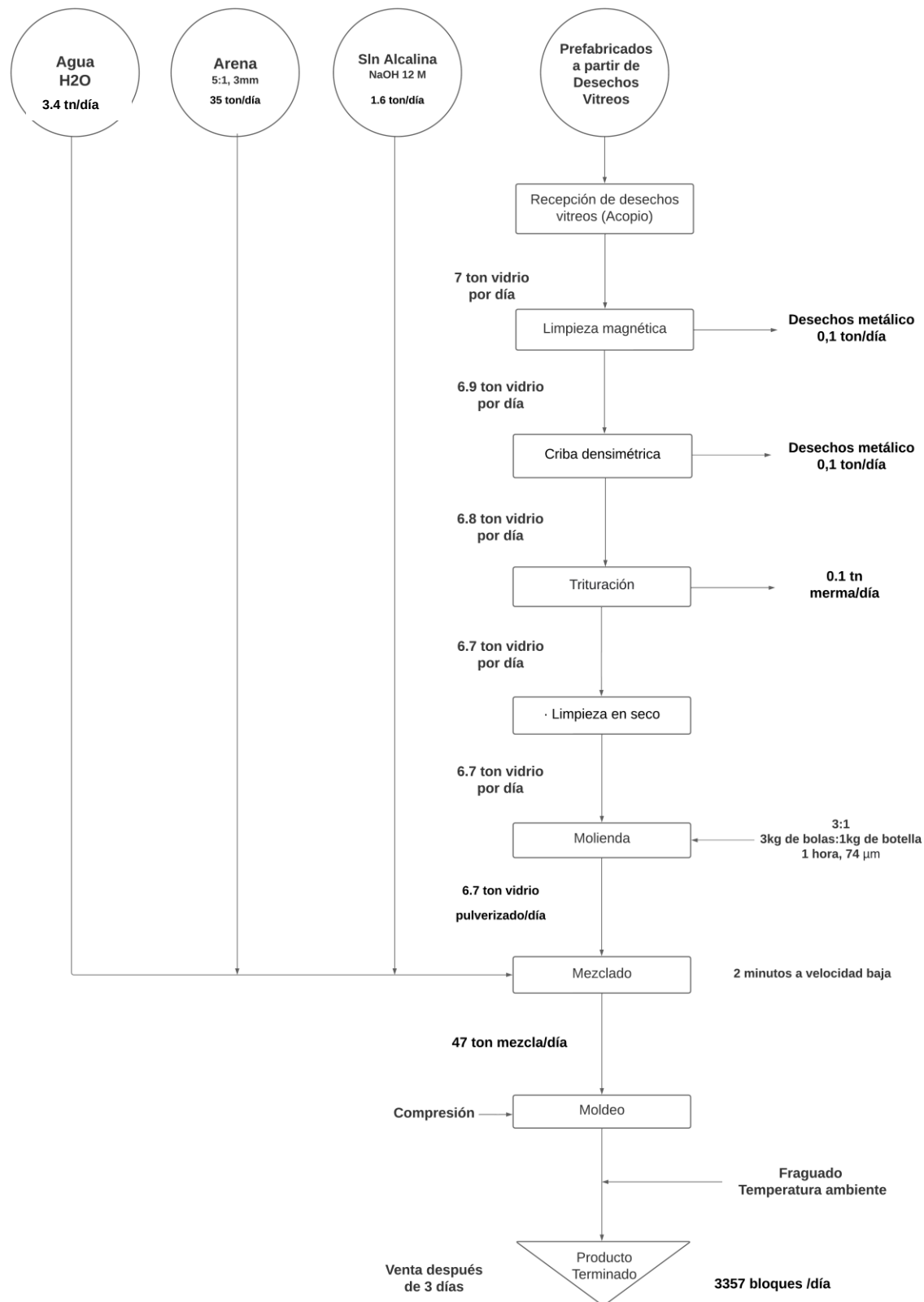
- **Moldeo y fraguado**

Objetivo: Compactar la mezcla obtenida de la etapa anterior para obtener los bloques y fraguarlos para su distribución final.

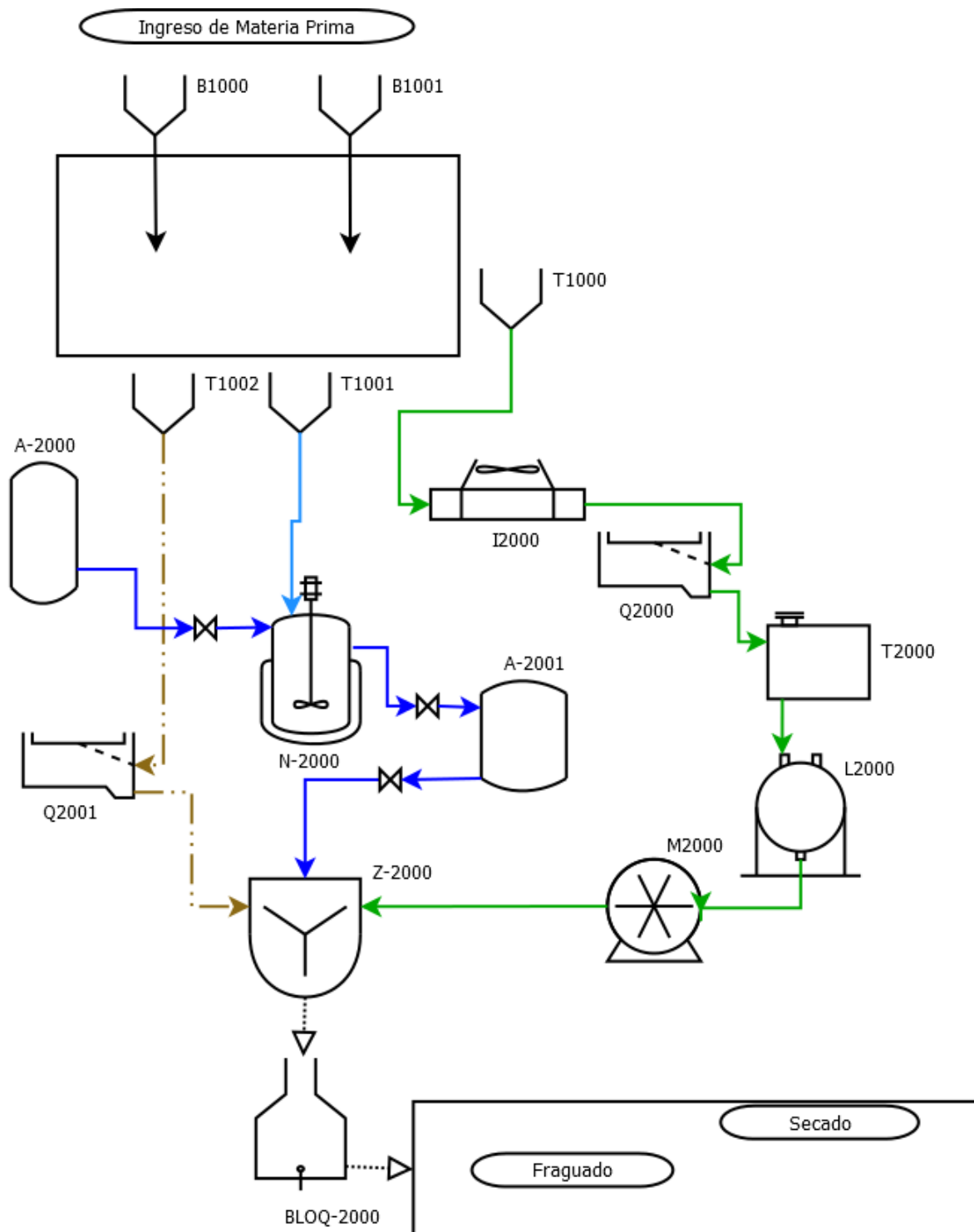
La mezcla se moldea en forma de bloques de 40x20x20 cm con un peso de 14 kg en una máquina fabricadora de bloques, y posteriormente se deja fraguar hasta por 3 días previo a su comercialización. Los bloques deben permanecer por 3 días en la fábrica, ya que de lo contrario podrían romperse, en el proceso de fraguado y secado no existe pérdida de peso, el agua toma parte en las reacciones químicas de hidratación del vidrio para la formación de silicato de calcio hidratado (gel CSH).



6.3.3 Diagrama de proceso



6.3.4 Diagrama de flujo de proceso



- **Leyenda de Equipos**

En la **tabla 10** se presenta el código asignado a cada equipo del proceso.

Tabla 10. Codificación utilizada para cada equipo de la planta

Código	Equipo	Código	Leyenda
B1000	Báscula	B1001	Báscula
T1000	Tolva abastecimiento	T1001	Tolva de abastecimiento
T1002	Tolva de abastecimiento	I2000	Separador magnético
Q2000	Criba densimétrica	Q2001	Criba densimétrica
N-2000	Tanque de mezclado de (NaOH)	T2000	Trituradora de martillo
A-2000	Tanque de Almacenamiento de agua	A-2001	Tanque de almacenamiento (NaOH)
L2000	Máquina de lavado en seco	M2000	Molino de Bolas
Z-2000	Máquina de mezclado	BLOQ-2000	Moldeadora

6.4 Requerimientos Tecnológicos

6.4.1 Equipos Mayores

Los equipos mayores son aquellos donde ocurren transformaciones físicas o químicas de la materia, la **tabla 11** presenta los equipos necesarios para la elaboración de prefabricados(bloques) a partir de desechos vitreos.

Tabla 11. Equipos Mayores

Equipos	Cantidad
Banda transportadora	15
Pala mecánica	1
Tolva de abastecimiento	5
Trituradora de martillo	2
Imán o separador magnético	1
Criba densimétrica	2
Máquina en seco	1
Molino de bolas	1
Tanque homogenizador (NaOH)	1
Mezcladora (Vidrio.Arena y NaOH)	1
Máquina moldeadora	1
Montacarga industrial	1

6.4.2 Equipos menores

Los equipos menores son los que ayudan al funcionamiento de los equipos principales o mayores, por lo general estos se encargan de acondicionar, transportar las materias primas e insumos necesarios al proceso. La **tabla 11** muestra los equipos menores utilizados en el proceso de elaboración de prefabricados (bloques).

Tabla 12. Equipos menores

Equipos	Cantidad
Tornillo sin fin	6
Tanque de agua	2
Bombas de agua	3
Bascula de plataforma	2
Monitores para basculas	2

6.4.3 Materiales y Equipos de Laboratorio de Control de Calidad

En la **tabla 13** se detallan los equipos necesarios para determinar las condiciones de la materia prima e insumos entrantes y realizar el respectivo control al producto terminado.

Tabla 13.*Equipos de Laboratorio de Control de Calidad*

Equipos	Cantidad
Máquina de prueba de compresión de cubos de hormigón, de Control eléctrico	1
Martillo para ensayo de hormigón	2
Medidor de aire de hormigón, equipo de prueba de contenido de aire	1
Equipo de ensayo de permeabilidad de hormigón	1
Gabinete de curado HBY-40A / 30	1
Máquina de abrasión Los Ángeles TBTLAAT-II	1
Cono de abrams TBTSC-T1	2
Mesa vibradora ZT-1000,800,500	1
Aparato para medir la contracción del hormigón	2
Penetrómetro para mortero HG-1000S	2
Gabinete de prueba de carbonización de hormigón TBTTH-B	1
Gabinete de congelamiento y descongelamiento	1
Mezcladora de concreto	1
Cortadora de concreto	1
Brocas para perforar concreto perforado	100
Máquina de ensayo de fluencia de hormigón TBTXBJ-500KN / 1000KN	1
Medidor de densidad eléctrica (EDG) TBTEDG-1C	1

6.4.4. Materiales y Equipos de oficina

La planta necesitara de un área de oficinas para llevar a cabo todos sus trámites, así como también la venta de sus productos. Estas áreas que conforman el departamento

administrativo que necesitan ser amuebladas, contar con sus distintos equipos y materiales para su buen funcionamiento y dar una buena atención de calidad a los proveedores y distribuidores.

En la **tabla 14** y **tabla 15** se muestran los requerimientos de equipos y materiales de oficina que requiere la planta para el personal:

Tabla 14. Equipos de oficina

Descripción	Cantidad (U)
Sillas para ejecutivos	10
Sillas metálicas	14
Papeleras	11
Escritorios	10
Computadoras	10
Impresora multifuncional	10
Aire acondicionado	10
Archivadores	5
Teléfonos	10
Lámparas	18
Organizador de escritorio	10
Cafetera	2
Calculadoras	10
Fotocopiadoras	2
Total	132

Tabla 15. Materiales de Oficina

Descripción	Cantidad (U)
Engrapadoras	10
Perforadoras	10
Sacapuntas	10
Sellos	6
Almohadilla de tinta para sellos	6
Planillas	105
Calendarios	12
Sobres de carta	15
Total	174

- **Área de servicios auxiliares**

De acuerdo con lo estipulado en el Arto.110, capítulo XIII- Inodoros, de la Ley 618 general de higiene y seguridad del trabajo (Asamblea Nacional de Nicaragua) deberá haber en lo sucesivo 1 inodoro por cada 10 personas. Para un total de 54 trabajadores en nómina se prevé el uso de 6 inodoros e igual número de lavamanos.

En la **tabla 16** se presentan la cantidad de servicios auxiliares necesarios para el área de oficina y de planta.

Tabla 16. Equipos auxiliares

Equipos	Cantidad
Servicios sanitarios para mujeres	3
Servicios sanitarios para hombres	3
Lava manos	6
Cesto de basura	8
Total	20

- **Área de comedor**

El área de comedor es importante en una industria ya que permite la convivencia entre los empleados, en la **tabla 17** se detallan los equipos y la cantidad requerida de cada uno de los bienes destinados en el área del comedor.

Tabla 17. Equipos área de comedor

Descripción	Cantidad
Sillas	36
Microondas	2
Refrigerador	2

6.5 Materia prima, insumos y servicios

6.5.1. Necesidades de materia prima e insumos

En el proceso de elaboración de bloques con desechos vitreos se requieren lo siguiente en materia prima e insumos, según el crecimiento previsto de la producción anual de la planta.

➤ Materia Prima

En la **tabla 18** se muestra el requerimiento de vidrio para la planta con un crecimiento de 1.3 %.

Tabla 18 Requerimiento anual de vidrio

Año	Ton/Año
2024	2100
2025	2127
2026	2155
2027	2183
2028	2211

En la **tabla 19** se muestra el requerimiento de arena para la planta con un crecimiento de 1.3 %.

Tabla 19 Requerimiento anual de Arena

Año	Ton/Año
2024	10500
2025	10637
2026	10775
2027	10915
2028	11057

En la **tabla 20** se muestra el requerimiento de NaOH para la planta con un crecimiento de 1.3 %.

Tabla 20. Requerimiento anual de NaOH

Año	Ton/Año
2024	504
2025	511
2026	517
2027	524
2028	531

6.5.2. Suministro de Agua

- Requerimiento de Agua para el proceso

En la **tabla 21** se muestra el requerimiento de agua para la planta con un crecimiento de 1.3 %

Tabla 21. Requerimiento de agua anual para el proceso

Año	m³/Año
2024	1050
2025	1064
2026	1077
2027	1091
2028	1106

- Requerimiento de Agua Total para la planta.

Para el requerimiento total de agua para la planta se tomó en cuenta el consumo por cada una de las personas que laboren en ella, agua de limpieza diaria general de la planta, áreas verdes y un 5% de cualquier imprevisto.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) requiere entre 50 y 100 litros para consumo como para higiene (Ana Carvajal). también se toman en cuenta 500 litros de limpieza de la planta y 300 litros diarios para áreas verdes en la **tabla 22** se muestra el consumo de agua.

Tabla 22 *Requerimiento de agua total para uso de la planta*

Año	m³/Año
2024	1,372
2025	1,372
2026	1,372
2027	1,372
2028	1,372

6.5.3. Suministro de energía

En la **tabla 23** se muestra el consumo eléctrico que la planta consumirá por día y por año en el proceso. El cálculo se realizó en base a los equipos principales.

Tabla 23.Consumo de energía

Equipos	Consumo energético kw./Hr	Consumo energético kw/año
Banda transportadora	5	12,600
Trituradora de martillo	221	537,600
Imán o separador magnético	1	2,310
Criba	10	25,200
Máquina en seco	35	84,000
Molino de bolas	225	546,000
Máquina de mezclado	447	1,087,027
Moldeadora	21	50,436
Tanque mezclador NaOH	3	6,838
Tornillo sin fin	25	61,530
Total	992	2,413,541

6.6. Infraestructura y distribución de la planta

Ya definido el proceso de producción, toda la maquinaria y el equipo se procede a efectuar la distribución de la planta por áreas o departamentos, de manera que la proximidad entre ellas no afecte el buen desempeño de la actividad que forman parte de la vida de la empresa. Utilizando el método conocido sistema Layout planing o SLP se asignan los niveles de prioridad de cada área correlacionándola entre sí en una matriz diagonal. Luego se construye un diagrama de hilo usando el valor de las líneas de proximidad, las cuales deben coincidir con el nivel de importancia que tiene la correlación de las áreas de la planta.

6.6.1 Distribución de áreas. (Matriz SLP y Diagrama de hilos)

La **tabla 24** muestra el código en letras que representa la necesidad de cercanía entre las áreas, según la distribución en la planta.

Tabla 24 Código de cercanía de las áreas

Letra	Orden de proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante que estén cerca
I	Importante que estén cerca
O	Ordinario o común que estén cerca
U	Sin importancia que estén cerca
X	Indeseable que estén cerca

En la **figura 1** se muestra la correlación para producción y planta en general.



Figura 1 Matriz SLP

6.6.2 Diagrama de hilos

La **figura 2** muestra la distribución ideal de las áreas a través de un diagrama de hilo con las correlaciones del diagrama triangular o Matriz SLP.

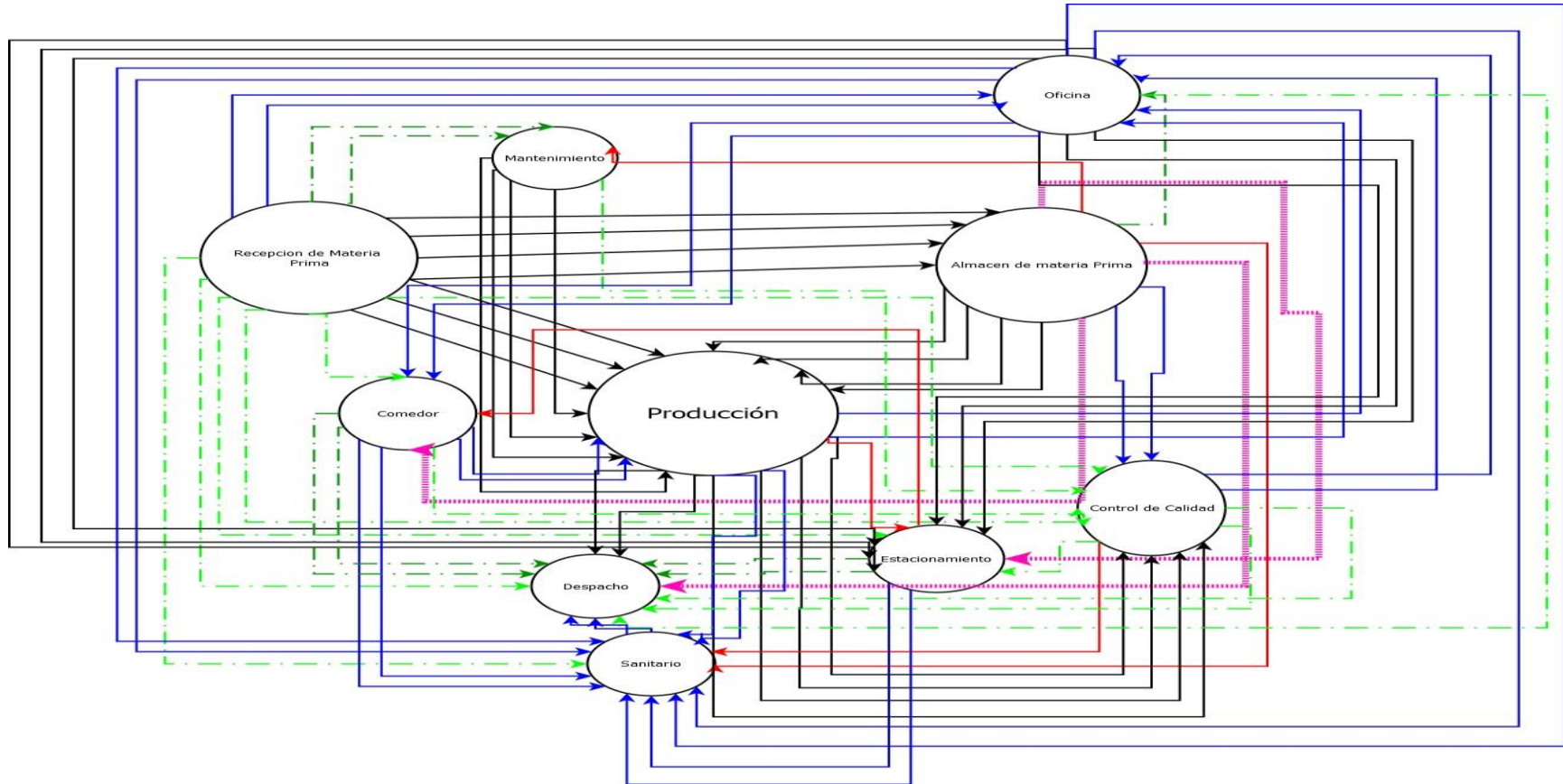
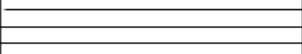


Figura 2. Diagrama de Hilos

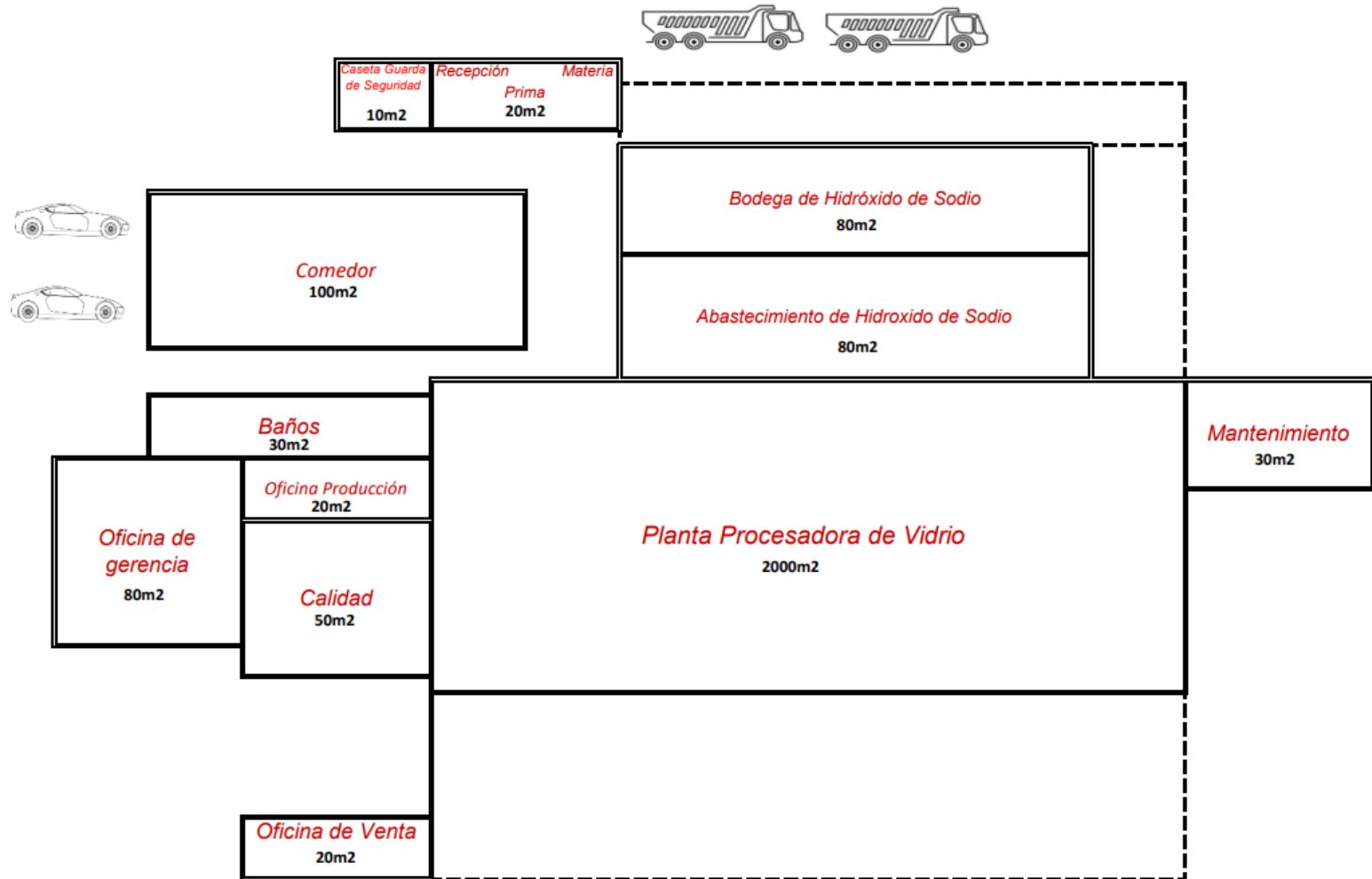
- **Leyenda de diagrama de hilos**

En la **figura 3** se muestra la leyenda del diagrama de Hilos, donde se ve el valor de las líneas representadas, con su análisis de proximidad entre las áreas de la planta.

Figura 3 Leyenda de diagrama de Hilos

Letra	valor de linea	
A		Absolutamente necesario
E		Especialmente importante que estén cerca
I		Importante que estén cerca
O		Ordinario o común que estén cerca
U		Sin importancia que estén cerca
X		Indeseable que estén cerca

6.6.3. Plano general maestro



6.6.4. Obras civiles

Una vez determinada las áreas para construcción de la obra civil de la planta de producción de prefabricados (bloques) con un área total de 6,288.8 m², en la **tabla 25** se muestran las especificaciones que se determinaron para cada una de las áreas del plantel.

Tabla 25 Descripción de Obras Civiles

Descripción de obras civiles	Área m ²
Recepción de Materia prima	20
Almacén de Materia prima	160
Producción	2000
Mantenimiento	30
Oficinas	100
Control de calidad	50
Comedor	100
Sanitarios.	30
Despacho (producto terminado)	20
Caseta de guarda de seguridad	10
Total	2520

6.6 Organización del Personal y Cronograma de Inversiones

6.6.1 Organización de la empresa

El siguiente organigrama se basa en las funciones de la empresa, es decir, se cuenta con una organización funcional, la cual indica donde se encuentran los ejecutivos dentro de la organización, las personas que deban encargarse de una determinada actividad, las funciones principales dentro de la empresa.

Para seleccionar una estructura adecuada es necesario comprender que cada empresa es diferente y puede adoptar la estructura organizacional que más se acomoda a sus prioridades y necesidades, además refleja la situación de la organización; tamaño, tipo de sistema de producción y su complejidad.

La organización será del tipo funcional ya que agrupa a los empleados de acuerdo a sus áreas de experiencia y los recursos que necesita para desempeñar un conjunto de tareas. En la **figura 4** se muestra la el organigrama de la empresa.

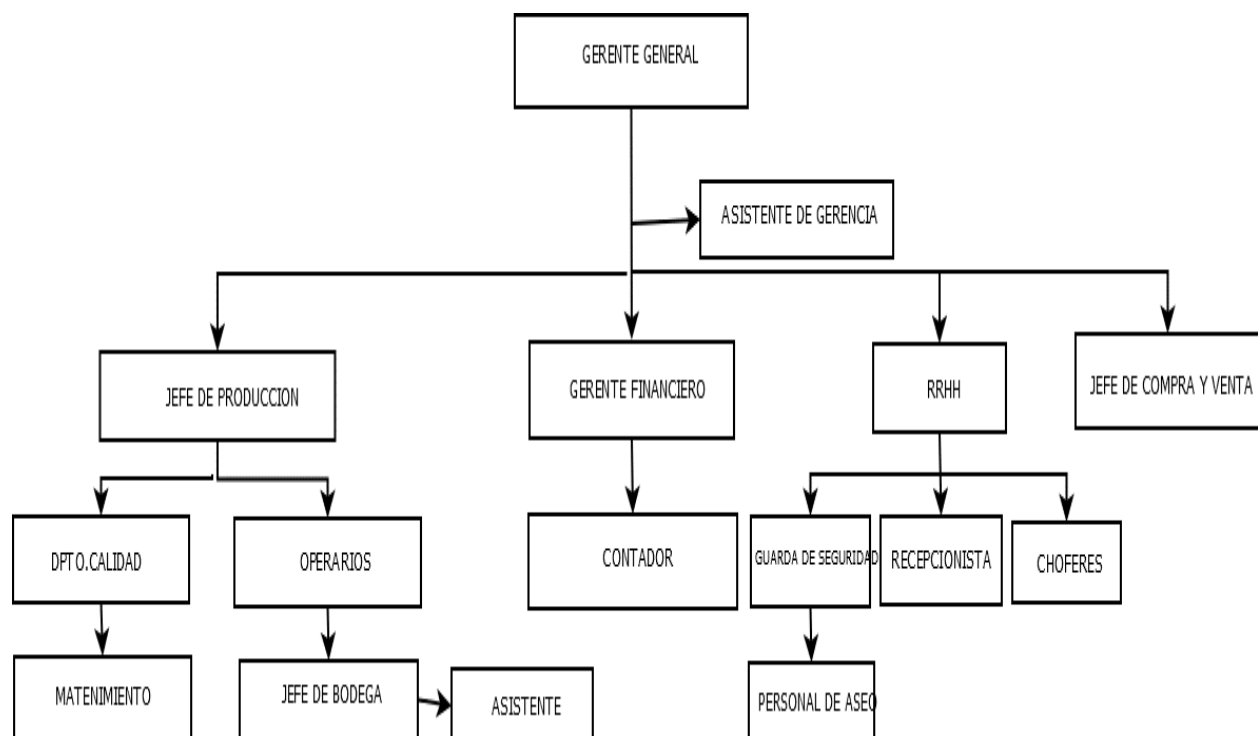


Figura 4. Estructura de la Empresa

6.6.2 Requerimiento de Recursos Humanos

En la **tabla 26** se propone la cantidad de personal requerido para el control administrativo y productivo de la planta, tomando en consideración que el personal no exceda en las funciones delegadas en la planta teniendo en primera instancia la necesidad de establecer los puntos líderes y subordinados para lograr un óptimo rendimiento de las labores.

Tabla 26 Requerimiento de Recursos Humanos

Cargo/ Área	Nivel académico	Personal
Jefe de Producción	Ing. Químico	1
Jefe de Bodega	Técnico en manejo de inventario y almacén	1
Gerente General	Ing. Químico/industrial con maestría en administración de empresas	1
Gerente Financiero	Licenciado en banca y finanzas	1
Asistente de Gerencia	Licenciado en administración de empresas	1
Contador	Licenciado en contaduría pública y finanzas	1
Jefe de compra y venta	Licenciado en mercadotecnia	1
Asistente de Bodega	Bachiller con conocimientos en almacén	1
Área de Calidad	Licenciado en química	1
Área de Mantenimiento	Técnico electricista, 0 mecánica industrial	3
Operarios	Primaria	14
Recursos Humanos	Licenciado en Recursos Humanos	1
Choferes	Bachiller	2
Guardas de Seguridad	Primaria	3
Recepcionista	Bachiller/ con experiencia en atención al cliente.	1
Personal de Aseo	Primaria	2
TOTAL		35

VII. ESTUDIO ECONÓMICO

7.1 Costos de operación

Los costos de operación se definen como los gastos necesarios para mantener el proyecto, estos incluyen los costos de producción, costos administrativos, costos financieros.

7.1.1. Costos de producción

- Costos de Materia prima e Insumos.

Los costos de materia prima e insumos fueron calculados en función a las cantidades que se requieren para la producción de prefabricados. En las **tablas 27, 28 y 29** se muestran los costos de materia prima e insumos requeridos para el proceso en una proyección a 5 años, haciendo el cálculo en base a los siguientes precios; Arena=\$6.85, Agua=\$0.93, Vidrio=\$41.21 y Hidróxido de sodio (NaOH) =\$50.68 por tonelada.

- Vidrio

Tabla 27 Costo anual de vidrio

Año	Toneladas	Costo
2024	2100	\$86,538.46
2025	2127	\$87,663.46
2026	2155	\$88,803.09
2027	2183	\$89,957.53
2028	2211	\$91,126.97

-

- Hidróxido de Sodio (NaOH)

Tabla 28. costo anual del NaOH

Año	Ton/NaOH	Costo materia
		prima
2024	504	\$25,545.21
2025	511	\$25,877.29
2026	517	\$26,213.70
2027	524	\$26,554.48
2028	531	\$26,899.68

- Arena

Tabla 29. Costo anual de arena

Año	Ton/Arena	Costo
2024	10500	\$71,917.81
2025	10637	\$72,852.74
2026	10775	\$73,799.83
2027	10915	\$74,759.22
2028	11057	\$75,731.09

- Costos del Suministro de Agua

En la empresa se debe de garantizar el suministro de agua para el proceso y para el consumo general de la planta, por consiguiente, de acuerdo a la OMS, una persona llega a consumir 100 litros/día de agua, tomando en cuenta esto cada trabajador debe de contar con la disponibilidad lo antes mencionado. En las **tablas 30 y 31** se detallan el costo que se generarían en un periodo de 5 años.

Tabla 30 Costo de agua para la planta

Año	M³/Agua	Costo
2024	1,372.56	\$ 1,278.55
2025	1,372.56	\$ 1,278.55
2026	1,372.56	\$ 1,278.55
2027	1,372.56	\$ 1,278.55
2028	1,372.56	\$ 1,278.55

Tabla 31 Costos de agua para el proceso

Año	Ton/Agua	Costo
2024	1050	\$978.08
2025	1064	\$990.80
2026	1077	\$1,003.68
2027	1091	\$1,016.73
2028	1106	\$1,029.94

- Costos del Suministro de Energía

Se tiene que aportar energía a los equipos que lo requieren para que la planta esté en funcionamiento. Los cálculos de costeo energético son una base fundamental para poder estimar de manera precisa el coste total de producción. En la **tabla 32** se muestran los costos del consumo eléctrico diario y por año.

Tabla 32 Costos de consumo eléctrico diario y anual por equipo

Equipos	Consumo energético kw. Hr	Consumo energético kw.Año	Costo energético kw. Día	Costo energético kw.Año
Banda transportadora	5	12,600	\$ 0.92	\$ 280.48
Trituradora de martillo	221	537,600	\$ 39.37	\$ 11,967.12
Imán o separador magnético	1	2,310	\$ 0.17	\$ 51.42
Criba	10	25,200	\$ 1.85	\$ 560.96
Máquina en seco	35	84,000	\$ 6.15	\$ 1,869.86
Molino de bolas	225	546,000	\$ 39.98	\$ 12,154.11
Máquina de mezclado	447	1,087,027	\$ 79.60	\$ 24,197.52
Moldeadora	21	50,436	\$ 3.69	\$ 1,122.73
Tanque mezclador NaOH	3	6,838	\$ 0.50	\$ 152.21
Tornillo sin fin	25	61,530	\$ 4.51	\$ 1,369.67
Total	992	2,413,541	\$ 176.73	\$ 53,726.08

7.1.2 Costos de mano de obra

Los costos de recursos humanos se especifican salario bruto y anual de cada uno de los empleados de la planta, donde también se incluyen el 22% INSS, 2% de Inatec y el 13^{avo}

mes. En la **tabla 33** y **tabla 34** se muestran los detalles divididos en mano de obra directa e indirecta.

Tabla 33. Costo de mano de obra directa

Cargo/ Área	Personal Requerido	Salario Bruto	INSS 22%	Inatec 2%	13avo mes	Costo anual
Asistente de Bodega	1	\$ 400.00	\$ 88.00	\$ 8.00	\$ 33.33	\$ 6,352.00
Operarios	14	\$ 220.00	\$ 48.40	\$ 4.40	\$ 18.33	\$ 3,493.60
Total	15	\$ 620.00	\$ 136.40	\$ 12.40	\$ 51.67	\$ 9,845.60

Tabla 34 Costos de mano de obra indirecta

Cargo/ Área	Personal Requerido	Salario Bruto	INSS 22%	Inatec 2%	13avo mes	Costo anual
Gerente General	1	\$2,000.00	\$ 440.00	\$ 40.00	\$ 166.67	\$ 31,760.00
Gerente Financiero	1	\$1,400.00	\$ 308.00	\$ 28.00	\$ 116.67	\$ 22,232.00
Asistente de Gerencia	1	\$ 500.00	\$ 110.00	\$ 10.00	\$ 41.67	\$ 7,940.00
Contador	1	\$ 700.00	\$ 154.00	\$ 14.00	\$ 58.33	\$ 11,116.00
Jefe de Producción	1	\$ 800.00	\$ 176.00	\$ 16.00	\$ 66.67	\$ 12,704.00
Jefe de Bodega	1	\$ 600.00	\$ 132.00	\$ 12.00	\$ 50.00	\$ 9,528.00
Jefe de compra y venta	1	\$ 550.00	\$ 121.00	\$ 11.00	\$ 45.83	\$ 8,734.00
Área de Calidad	1	\$ 350.00	\$ 77.00	\$ 7.00	\$ 29.17	\$ 5,558.00
Área de Mantenimiento	3	\$ 370.00	\$ 81.40	\$ 7.40	\$ 30.83	\$ 5,875.60
Recursos Humanos	1	\$ 400.00	\$ 88.00	\$ 8.00	\$ 33.33	\$ 6,352.00
Choferes	2	\$ 440.00	\$ 96.80	\$ 8.80	\$ 36.67	\$ 6,987.20
Guardas de Seguridad	3	\$ 220.00	\$ 48.40	\$ 4.40	\$ 18.33	\$ 3,493.60
Recepcionista	1	\$ 250.00	\$ 55.00	\$ 5.00	\$ 20.83	\$ 3,970.00
Personal de Aseo	2	\$ 220.00	\$ 48.40	\$ 4.40	\$ 18.33	\$ 3,493.60
Total	20	\$8,800.00	\$1,936.00	\$ 176.00	\$ 733.33	\$ 139,744.00

7.2 Inversión inicial en Activo fijo y diferido

- **Inversión en activos fijo**

Todo inicio de una empresa debe de tener una inversión donde se divide la inversión monetaria en activos fijos y diferidos que corresponde a los bienes necesarios para operar la empresa desde los puntos de vista de producción, administración y venta.

- **Costos administrativos**

A como se definió en el estudio técnico en las **tablas 35,36,37 y 38** se muestran las cantidades, costos de los materiales y equipos de oficina, costos del área de comedor y costos de los equipos auxiliares de la empresa.

Tabla 35 Costos de equipos de oficina

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	COSTO TOTAL (US\$)
SILLAS PARA EJECUTIVOS	10	\$ 112.50	\$ 1,125.00
SILLAS METÁLICAS	14	\$ 62.13	\$ 869.82
PAPELERAS	11	\$ 3.99	\$ 43.89
ESCRITORIOS	10	\$ 100.00	\$ 1,000.00
COMPUTADORAS	10	\$ 412.85	\$ 4,128.50
IMPRESORA MULTIFUNCIONAL	10	\$ 213.00	\$ 2,130.00
AIRE ACONDICIONADO	10	\$ 500.00	\$ 5,000.00
ARCHIVADORES	5	\$ 98.50	\$ 492.50
TELÉFONOS	10	\$ 32.60	\$ 326.03
LÁMPARAS	18	\$ 22.99	\$ 413.82
ORGANIZADOR DE ESCRITORIO	10	\$ 5.22	\$ 52.20
CAFETERA	2	\$ 19.98	\$ 39.96
CALCULADORAS	10	\$ 3.48	\$ 34.80
FOTOCOPIADORAS	2	\$ 516.35	\$ 1,032.70
Total			\$ 16,689.22

Tabla 36 Costos de materiales de oficina

Descripción	Cantidad	Precio unitario (US\$)	Costo total (US\$)
ENGRAPADORAS	10	\$6.36	\$ 63.60
PERFORADORAS	10	\$6.11	\$ 61.10
SACAPUNTAS	10	\$0.72	\$7.20
SELLOS	6	\$7.04	\$42.24
ALMOHADILLA DE TINTA PARA SELLOS	6	\$ 3.21	\$ 19.26
PLANILLAS	105	\$ 5.00	\$ 525.00
CALENDARIOS	12	\$ 1.00	\$ 12.00
SOBRES DE CARTA	15	\$ 0.18	\$ 2.70
Total			\$ 733.10

Tabla 37. Costos del área de comedor

Descripción	Cantidad	Precio unitario (US\$)	Costo total (US\$)
Sillas	36	\$ 62.13	\$ 2,236.68
Microondas	2	\$ 177.92	\$ 355.84
Refrigerador	2	\$ 581.27	\$ 1,162.54
Total			\$ 3,755.06

Tabla 38. Costos de equipos auxiliares

Equipos	Cantidad	Precio unitario (US\$)	Costo total (US\$)
Servicios sanitarios para mujeres	3	\$ 129.88	\$ 389.64
Servicios sanitarios para hombres	3	\$ 290.99	\$ 872.97
Lava manos	6	\$ 72.50	\$ 435.00
Cesto de basura	8	\$ 5.99	\$ 47.92
Total			\$ 1,745.53

- Costos de equipos de producción

Los costos de los equipos necesarios para el proceso se detallan en la **tabla 39** donde se incluyen equipos mayores y equipos menores, también en la tabla se detalla los costos de los equipos a utilizar en el laboratorio de control de calidad.

Tabla 39 Costos de equipos mayores y menores

Equipos	Cantidad	Precio unitario (US\$)	Precio subtotal (US\$)	Fletes 5% (US\$)	IVA 15% (US\$)	Costo total (US\$)
Básculas de plataformas Novo	2	\$ 1,000	\$ 2,000	\$ 100	\$ 300	\$ 2,400
Banda transportadora	15	\$ 770	\$ 11,550	\$ 578	\$ 1,733	\$ 13,860
Pala mecánica	1	\$ 55,000	\$ 55,000	\$ 2,750	\$ 8,250	\$ 66,000
Tolva de abastecimiento	5	\$ 500	\$ 2,500	\$ 125	\$ 375	\$ 3,000
Trituradora de martillo	2	\$ 2,600	\$ 5,200	\$ 260	\$ 780	\$ 6,240
Imán o separador magnético	1	\$ 2,500	\$ 2,500	\$ 125	\$ 375	\$ 3,000
Criba	2	\$ 28,000	\$ 56,000	\$ 2,800	\$ 8,400	\$ 67,200
Máquina de lavado y secado	1	\$ 214,034	\$ 214,034	\$ 10,702	\$ 32,105	\$ 256,841
Molino de bolas	1	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 500	\$ 1,500	\$ 12,000
Moldeadora	1	\$ 49,500	\$ 49,500	\$ 2,475	\$ 7,425	\$ 59,400
Tanque de almacenamiento	1	\$ 3,568	\$ 3,568	\$ 178	\$ 535	\$ 4,282
Tornillo sin fin	6	\$ 1,600	\$ 9,600	\$ 480	\$ 1,440	\$ 11,520
Tanque de mezclado de (NaOH)	1	\$ 1,950	\$ 1,950	\$ 98	\$ 293	\$ 2,340
Montacargas Industrial	1	\$ 26,300	\$ 26,300	\$ 1,315	\$ 3,945	\$ 31,560
Bomba de agua	3	\$ 500	\$ 1,500	\$ -	\$ -	\$ 1,500
Tanque de agua 10,000 lts	1	\$ 2,450	\$ 2,450	\$ -	\$ -	\$ 2,450
Tanque de agua 5,000 lts	1	\$ 1,160	\$ 1,160	\$ -	\$ -	\$ 1,160
Indicador de peso CISGO X10	1	\$ 250	\$ 500			\$ 500
Total						\$ 545,253

- Costo del terreno

La localización de la planta será en el municipio de managua en Carretera Nueva a León km 10.5. El terreno cuenta con un área de 6,288.8 m² (8,984 vrs²) con un costo de \$ 224,600.

- Obras civiles

La obra civil comprende la construcción de la planta con una extensión de 2520 m² y un costo por m² de \$ 300. En la tabla 40 se detalla los costos totales de cada área de la empresa.

Tabla 40. Costo de obras civiles

Descripción de obras civiles	Área m²	Costo Total
Recepción de Materia prima	20	\$ 6,000.00
Almacén de Materia prima	160	\$ 48,000.00
Producción	2000	\$ 600,000.00
Mantenimiento	30	\$ 9,000.00
Oficinas	100	\$ 30,000.00
Control de calidad	50	\$ 15,000.00
Comedor	100	\$ 30,000.00
Sanitarios	30	\$ 9,000.00
Despacho (producto terminado)	20	\$ 6,000.00
caseta de guarda de seguridad	10	\$ 3,000.00
Total	2520	\$ 756,000.00

- Inversión en activo diferido

De acuerdo con Baca (G. B. Urbina) activo diferido comprende todos los activos intangibles de la empresa que están perfectamente definidos en las leyes impositivas y hacendarias. Para la empresa y en la etapa inicial, los activos diferidos relevantes son: planeación e integración del proyecto, el cual se calcula como el 3% de la inversión total

(sin incluir activo diferido): la ingeniería del proyecto, que comprende la instalación y puesta en funcionamiento de todos los equipos el cual se calcula como el 3.5% de la inversión en activos de producción; la supervisión del proyecto, que comprende la verificación de precios de equipo, compra de equipo y materiales verificación de traslado a planta verificación de la instalación de servicios contratados, etc. y se calcula como el 1.5% de la inversión total, sin incluir activo diferido; y la administración del proyecto, la cual incluye desde la construcción y control de obra civil e instalaciones, hasta la puesta en funcionamiento de la empresa y se calcula como el 0.5% de la inversión total. El cálculo de estos conceptos se muestra en la **tabla 41**.

Tabla 41 Costos de Activos Diferidos

Activo diferido			
Planeación e integración	3%	\$	45,775.58
Ingeniería de Proyecto	3.50%	\$	53,404.84
Supervisión	1.50%	\$	22,887.79
Administración del proyecto	0.05%	\$	762.93
Total		\$	122,831.14

7.3 Inversión Total

Como una medida de protección para el inversionista siempre se utiliza el 5% o hasta el 10% de imprevistos. En realidad, la cifra que deberá utilizarse para la evaluación económica es el subtotal, que en este caso es de \$1,714,512.89. Sin embargo, el cálculo de los imprevistos significa que la inversión debe estar preparado con un crédito que esté disponible por \$1,800,238.54, lo cual no significa que

necesariamente se utilizará. En la **tabla 42** se detalla la inversión total en activo fijo y diferido

Tabla 42 Inversión Total

Inversión total en activo fijo y diferido		
Equipos de producción	\$	545,252.64
Materiales y Equipos de oficina	\$	17,422.32
Terreno y obras civiles	\$	980,600.00
Equipos de control de calidad	\$	48,406.80
Activo diferido	\$	122,831.14
Subtotal	\$	1,714,512.89
5% imprevisto	\$	85,725.64
Total	\$	1,800,238.54

Finalmente, la **tabla 43** nos detalla el costo de producción por bloque y su porcentaje de ganancia considerando el 25% como margen de ganancia

Tabla 43 Costo por bloque y precio de venta

Total, costos materia prima	\$239,984.19
Bloques producidos(U)	1,011,000
Costo unitario en (\$)	\$ 0.24
Costo unitario en (C\$)	C\$ 8.66
Precio de Venta en:	\$ 0.30
Precio de Venta en:	C\$ 10.83

VIII. CONCLUSIONES

En el presente estudio se evaluó la factibilidad técnica y económica para la instalación de una planta procesadora de bloques prefabricados a partir de desechos vítreos generados en Managua. Se tomaron como referencia y punto de partida, estudios previos de investigación y pruebas donde se implementa el vidrio como material ligante para la fabricación de morteros y bloques. La resistencia a la compresión alcanzada con la formulación propuesta es de unos 10 MPa a 28 días de curado, cumpliendo con la NTON 12 008-09: Fabricación de bloques de concreto que establece los requisitos físicos y mecánicos de los bloques de concreto que se utilizan en las construcciones civiles.

La presente investigación ha demostrado de manera concluyente la viabilidad técnica de establecer una planta productora de bloques a partir de desechos vítreos adquiridos de acopiadores. Mediante un exhaustivo análisis, se ha determinado que esta iniciativa no solo contribuirá al desarrollo de un proceso productivo eficiente, sino que también generará beneficios significativos tanto para la economía como para el medio ambiente. En primer lugar, se ha evaluado detalladamente la inversión total requerida, que asciende a un monto de \$1,800,238.54. Además, se han tenido en cuenta los costos operativos necesarios para la instalación de la planta, ubicada estratégicamente en la carretera vieja a León, en plena concordancia con los requisitos técnicos establecidos. Estas estimaciones han permitido calcular el capital necesario para llevar a cabo este proyecto de manera precisa y fundamentada.

Uno de los aspectos más destacables de esta propuesta es el precio de venta al consumidor estimado, el cual se ha fijado en C\$10.83 por unidad. Es importante destacar que este precio es un 50% inferior al de un bloque fabricado con cemento Portland, lo cual brinda una ventaja competitiva significativa. Además, cabe resaltar que los bloques producidos a partir de vidrio constituyen un material sustentable y amigable con el ambiente, promoviendo así la adopción de prácticas de reciclaje y el aprovechamiento de recursos en nuestro país.

Por último, otro aspecto relevante que se ha abordado en este estudio es el impacto ambiental de la planta propuesta. Al eliminar la necesidad de utilizar procesos térmicos, como el clinker de cemento Portland, se reduce considerablemente la contaminación generada. Esto evidencia el compromiso de la iniciativa con la protección del medio ambiente y la promoción de prácticas industriales más sostenibles.

En conclusión, este estudio técnico-económico ha demostrado que la implementación de una planta productora de bloques a partir de vidrio es una propuesta viable y beneficiosa en múltiples aspectos. Desde una perspectiva técnica, se ha evaluado con rigurosidad la inversión requerida y los costos operativos, garantizando así la factibilidad del proyecto. En términos económicos, se ha establecido un precio de venta atractivo que permite competir con los bloques convencionales, al mismo tiempo que se promueve la sustentabilidad y el cuidado del medio ambiente. En definitiva, esta investigación sienta las bases para el desarrollo de un proyecto que combina eficiencia productiva, rentabilidad económica y responsabilidad ambiental.

IX. RECOMENDACIONES

Posterior a la realización de este estudio, se recomienda tomar en cuenta para futuras investigaciones o evaluaciones:

- Realizar estudios para evaluar los efectos que pueden tener otros activadores alcalinos sobre las propiedades fisicoquímicas y mecánicas de morteros tales como el silicato de potasio, sulfato de calcio, entre otros, que puedan mejorar la resistencia y durabilidad de los bloques a partir de desechos vitreos.
- Realizar un estudio sobre los efectos ambientales que puede producir el proceso de producción de prefabricados a partir de desechos vítreos.
- Establecer los proveedores o centros de acopio para obtener la materia prima y tener al menos 3 proveedores fijos.
- Considerar la compra de desechos vítreos previamente tratados y triturados en recicladoras dentro de Nicaragua. Esta medida tiene como objetivo principal garantizar la calidad y la disponibilidad de los materiales necesarios para el proceso productivo de bloques a partir de vidrio. La compra de desechos vítreos tratados en recicladoras locales presenta diversas ventajas. En primer lugar, se reduce considerablemente la huella ambiental al minimizar los costos y la energía asociados al transporte de estos materiales desde lugares más distantes. Además, al adquirir los desechos vítreos en el país, se fomenta la economía local y se apoya a las empresas dedicadas al reciclaje en Nicaragua.
- Realizar una campaña de sensibilización, esta campaña deberá ser diseñada de manera estratégica, utilizando diversos medios de comunicación y plataformas

digitales para alcanzar a un público amplio y diverso. Se sugiere la creación de materiales informativos, como folletos, videos y publicaciones en redes sociales, que destaquen los beneficios de utilizar bloques fabricados a partir de vidrio reciclado en la construcción.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Ana Carvajal, Alejandro Rísquez, Luis Echezuría, Mariano Fernández, Julio Castro, Lisbeth Aurentis. *Recomendaciones sobre el consumo de agua*. junio de 2019.
- Asamblea Nacional de Nicaragua. *Ley de Higiene y Seguridad del Trabajo*. Managua: La Gaceta, 2007.
- Asamblea, Nacional de Nicaragua. *Norma Tecnica Obligatoria Nicaraguense. Fabricacion de bloques de concreto*. Managua: La Gaceta, 2010.
- <[http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/28D56471B97E5E66062578460056D77B?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/28D56471B97E5E66062578460056D77B?OpenDocument)>.
- Benavides, Gloria Cardona. s.f. 2023 de 03 de 02. <<https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2018/05/CEMENTO.pdf>>.
- C.Et.Alkali, Shi. «Activated cements and concretes.» 1999.

- Castro, David Andrés Vargas. «Repositorio TEC.» Enero de 2016.
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3362/vidrio%20plano_cemento%20concreto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- CEMEX. CEMEX. 2001. <<https://www.cemexnicaragua.com/cemex-nicaragua>>.
- Espinoza, Lester J y Ivan Escalante García. «Morteros a base de vidrio de desecho/escoria de alto horno; activación mecanoquímica del vidrio en soluciones alcalinas.» *Nexo* (2011).
- Fernande-Navarro. *El vidrio*. CSIC, 1985.
- Gonzalez, Brayan. *Academia premium*. s.f.
<https://www.academia.edu/27910040/Generalidades_del_cemento>.
- J.C Restrepo, O.J Restrepo & J.I Tobón. «Efectos de la adición metacaolín en el cemento portland.» *Scielo* (2006): 132.
- José Iván Escalante. «Materiales alternativos al cemento portland.» s.f.
- Junta de Gobierno de Reconstrucción Nacional. *Días feriados*. Managua: La Gaceta, 1980.
- L.Escalante. «Estudio de los parámetros de procesamiento de espumado de desechos vitreos.» Instituto tecnológico de Zacatecas , 2009.
- M, Mmanuel Alejandro Giraldo y Jorge Ivan Tobon. «EVOLUCIÓN MINERALÓGICA DEL CEMENTO PORTLAND DURANTE EL PROCESO DE HIDRATACIÓN.» *Scielo* (2005). <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532006000100007>.

- Mejia, Xochilt y Carlos Blanco. *Estudio Comparativo de las propiedades fisico Mecanicas de morteros utilizando vidrio de desecho como reemplazo parcial y total del cemento portland*. Universidad Nacional de Ingenieria. Managua, 2012.
- Paul, A. «Chemistry of glasses, Chapman & Hall, Second edition, printed in Great Britain.» 1990.
- Paul, A. *Chemistry of glasses*. chapman & Hall, 1990.
- Poveda R, Granja V y Ávila C. Hidalgo D. «Análisis de la influencia del vidrio molido sobre la resistencia al desgaste en adoquines de hormigón tipo APoveda.» *Revista Politecnica* (2015): 1-10.
- Rojas Lujan, Jose Frank. «Estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de F'C= 210 kg/cm² adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico.» *ConcyTec* (2016).
- Salgado-Pineda. *ficha de mercado de la industria del cemento*. Managua, 2010.
- <<https://docplayer.es/94567548-Ficha-de-mercado-para-la-industria-cemex-en-nicaragua-marzo-2010.html>>.
- . *Ficha de Mercado-industria del cemento*. 03 de 2010.
- Shi, C y K Sheng. «Resources Conservation and Recycling.» 2005.
- Urbina, Gabriel Baca. *Evaluación de Proyectos*. México: Mc Graw Hill Education, 2016.
- Urbina, Gabriel Baxa. *Evaluacion de Proyectos*. Mexico: Mc Graww Hill, 2016.

XI. ANEXOS

Figura 5 Bascula de plataforma Novo



Figura 6 Indicador de peso CISGO X10



Figura 7 Banda transportadora



Figura 8 Pala mecánica



Figura 9 Tolva de abastecimiento



Figura 10 Trituradora de martillo



Figura 11 Imán o separador Magnético



Figura 12 Criba densimétrica



Figura 13. Máquina de Lavado en seco



Figura 14 Molino de bolas



Figura 15 Maquina de Mezclado



Figura 16 Maquina moldeadora



Figura 17 Tornillo sin fin



Figura 18 Tanque Homogenizador



Figura 19. Montacarga Industrial



Figura 20 Tanque de agua

