

**Escuela Agrícola Panamericana Zamorano,  
Departamento de Agroindustria Alimentaria  
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria**



Proyecto Especial de Graduación

**Diseño conceptual de una planta procesadora de tilapia (*Oreochromis niloticus*) para la unidad de Acuacultura Daniel E. Meyer en Zamorano.**

Estudiante

Fernando Alexander Cruz Cruz

Asesores

Edward Moncada, M. Sc.

Patricio Enrique Paz Castillo, Ph. D.

Honduras, noviembre 2023

**Autoridades**

**SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO**

Rector

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ADELA M. ACOSTA MARCHETTI**

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Cuadros .....	5
Índice de Figuras .....	6
Índice de Anexos .....	7
Resumen .....	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos .....	13
Localización de Estudio .....	13
Metodología.....	13
Etapa 1 .....	13
Etapa 2 .....	13
Etapa 3 .....	13
Etapa 1 .....	13
Recolección de Datos .....	13
Etapa 2 .....	14
Capacidad de Planta.....	14
Etapa 3 .....	14
Evaluación de la Ubicación del Proyecto .....	14
Dimensionamiento de las Áreas de Proceso.....	14
Diseño de la Planta .....	14
Diseño conceptual de la Planta.....	14
Resultados y Discusión.....	15
Etapa 1 .....	15
Identificación de Demanda Interna .....	15
Etapa 2 .....	18

Capacidad de Planta.....	18
Etapa 3 .....	18
Ubicación del Terreno.....	18
Disponibilidad de Materia Prima .....	19
Disponibilidad de Agua .....	19
Acceso a Energía Eléctrica.....	20
Diseño Conceptual de la Planta Procesadora de Tilapia.....	20
Área de Aturdido.....	22
Áreas de la Planta de Procesamiento .....	25
Ordenamiento de las Áreas en la Planta.....	25
Manejo de Aguas Residuales .....	34
Tipo de Mangueras para el Manejo del Agua .....	34
Manejo de Desechos Sólidos .....	34
Manejo de Desechos Líquidos .....	34
Tratamiento Primario.....	34
Conclusiones .....	37
Recomendaciones.....	38
Referencias.....	39

### Índice de Cuadros

Cuadro 1 Kilogramos demandados mensualmente por el comedor Doris Stone.....	16
Cuadro 2 Kilogramos demandados mensualmente por el puesto de ventas Zamorano. ....	17
Cuadro 3 Demanda interna total mensual en Kilogramos.....	17
Cuadro 4 Nomenclatura e interpretación de valores de variables de cercanía.....	26
Cuadro 5 Orden de importancia según sumatoria de valores de interacción.....	28
Cuadro 6 Descripción de los valores de cercanía por cada área de la planta.....	29
Cuadro 7 Descripción del cumplimiento de los valores del Triángulo de Muther.....	30
Cuadro 8 Descripción de la superficie para cada una de las áreas de la planta en metros cuadrados. .....	31
Cuadro 9 Límite máximo permitido de parámetros de calidad de aguas tratadas para la descarga a cuerpos de agua y alcantarillado sanitario. ....	35

### Índice de Figuras

Figura 1 Área del terreno.....	19
Figura 2 Flujo de proceso para procesamiento de tilapia.....	21
Figura 3 Triángulo Muther. ....	27
Figura 4 Flujo del personal de trabajo. ....	32
Figura 5 Flujo de materia prima.....	33
Figura 6 Diseño dimensionado de la planta procesadora de Tilapia. ....	33
Figura 7 Esquematización del orden lógico del sistema de tratamiento de aguas residuales. ....	35
Figura 8 Flujo de desechos sólidos.....	36

## Índice de Anexos

Anexo A Manual de especificaciones de materiales de construcción. ....	42
Anexo B Representación de pasillo revestido con pintura epóxica. ....	47
Anexo C Representación de baldosa blanca. ....	48
Anexo D Representación de material para techos. ....	49
Anexo E Representación de panel de poliuretano par cuarto frio. ....	50
Anexo F Representación de paredes de cemento refinado. ....	51
Anexo G Especificaciones de equipo y utensilios requeridos en la planta de procesamiento. ....	52
Anexo H Modelo tridimensional de la planta. ....	54

## Resumen

El presente estudio se enfoca en el diseño conceptual de una planta procesadora de tilapia en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Los objetivos fueron cumplir con el diseño conceptual de una planta para el procesamiento de tilapia, así como, cumplir con el ordenamiento y diseño adecuado de las áreas de procesamiento correspondientes a cada etapa del proceso de transformación de materia prima, dimensionar y optimizar la producción de la planta mediante la realización de cálculos de producción considerando la capacidad actual y una futura expansión, así como la elaboración y establecimiento de flujos de proceso. Se detalla el flujo de proceso desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado. Las áreas principales son: recepción y acondicionamiento de tilapia, aturdimiento, descamado y eviscerado, lavado y desinfección, pesado y empaque, y almacenamiento. El diseño conceptual considera aspectos como: Ubicación estratégica aprovechando la infraestructura existente de la unidad de acuicultura. Dimensionamiento de áreas con base en requerimientos de equipos, producción y personal, distribución de áreas aplicando la metodología SLP y el “triángulo de Muther” para optimizar flujos, manejo de aguas residuales mediante tratamiento primario y tecnologías como sedimentación, filtración y desinfección. Cumplimiento de regulaciones nacionales de inocuidad, la planta tendría una capacidad inicial de 827 kg/mes, abasteciendo la demanda interna de Zamorano. En conclusión, Se desarrolló el diseño conceptual para una planta procesadora de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en Zamorano que cumplió satisfactoriamente las regulaciones del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA).

*Palabra clave:* capacidad, demanda, diseño, interacción, Muther.

### **Abstract**

This study focuses on the conceptual design of a tilapia processing plant at the Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. The objectives were to comply with the conceptual design of a tilapia processing plant, as well as to comply with the order and adequate design of the processing areas corresponding to each stage of the raw material transformation process, to size and optimize the plant's production by making production calculations considering the current capacity and future expansion, as well as the elaboration and establishment of process flows. The process flow is detailed from receipt of raw material to storage of the finished product. The main areas are reception and conditioning of tilapia, stunning, scalding and evisceration, washing and disinfection, weighing and packaging, and storage. The conceptual design considers aspects such as: Strategic location taking advantage of the existing infrastructure of the aquaculture unit. Sizing of areas based on equipment, production and personnel requirements, distribution of areas using the SLP methodology and Muther triangle to optimize flows, wastewater management through primary treatment and technologies such as sedimentation, filtration and disinfection. Complying with national safety standards, the plant would have an initial capacity of 827 kg/month, supplying Zamorano's internal demand. In conclusion, a conceptual design was developed for a tilapia (*Oreochromis niloticus*) processing plant in Zamorano that satisfactorily complied with the regulations of the Central American Technical Regulations (RTCA).

*Keyword:* capacity, demand, design, interaction, Muther.

## Introducción

El consumo de tilapia o pescado en general ha sido de mucha importancia a nivel mundial por ser una fuente de proteínas de origen animal por excelencia. Además de su valor proteico, la tilapia ha demostrado ser una fuente de nutrientes esenciales, minerales y cuatro de los nueve aminoácidos esenciales para el organismo humano, Islam et al. (2021). Por ejemplo, este pescado aporta vitaminas como la vitamina D, esencial para la absorción de calcio y el desarrollo óseo, así como vitamina B12, necesaria para el funcionamiento adecuado del sistema nervioso. En cuanto a los minerales, como lo menciona United States Department of Agriculture (USDA) (2019). El contenido de potasio en la carne de tilapia cruda es aproximadamente de 309 mg por cada 100 gramos. Por lo tanto, la tilapia es excelente fuente de potasio, fundamental para la función muscular y la regulación de la presión arterial.

La ingesta mundial de la carne de tilapia en los últimos años ha seguido una tendencia creciente, la producción acuícola ha crecido notablemente, contribuyendo de forma significativa a la seguridad alimentaria a nivel mundial, como lo afirma Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2022) Para el año 2018 se considera que la producción total acuícola fue de 82.1 millones de toneladas en peso vivo. “La contribución del pescado a la dieta mundial ha alcanzado un récord de casi 17 kg por persona de media, suministrando a más de 3000 millones de personas al menos el 15% de su ingesta media de proteínas de origen animal” FAO (2011).

Por otra parte, para el país de Honduras, la industria de tilapia ha experimentado un notable crecimiento en términos de generación de divisas por medio de las exportaciones. Según datos confirmados por el Sistema para la Integración Centroamericana (SICA) (2020). Asimismo, para el año 2018 la industria generó un estimado de 50.2 millones de dólares en concepto de ingresos por exportación. Estos resultados resaltan la importancia económica que la producción y exportación de tilapia ha adquirido para el país, y su relevancia en relación con la industria pecuaria. Los principales mercados de destino de la tilapia hondureña son Estados Unidos, Asia y la Unión Europea. Estos mercados ofrecen importantes oportunidades para la comercialización y venta de la tilapia hondureña

a nivel internacional. La demanda en Estados Unidos ha sido especialmente significativa, ya que los consumidores valoran la calidad y el sabor de la tilapia producida en Honduras. Debido a su gran importancia en la industria alimentaria, nacional y a nivel internacional, es que se debe optar por el establecimiento de una planta procesadora de tilapia en Zamorano.

Ahora bien, es de considerar que, en una planta de cosecha y procesamiento de tilapia, sean aplicados los sistemas de inocuidad alimentaria que garantizan la calidad y seguridad. Cada proceso de inocuidad es específico para cada área de procesamiento, así se garantiza que el producto terminado sea inocuo y seguro, es decir, que no represente un peligro para la salud del consumidor final. Por lo tanto, se requiere que cada uno de los eslabones de la cadena haya controlado los riesgos potenciales mediante inspecciones de entidades sanitarias competentes de cada país que tienen el certificado y los protocolos de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP), al menos una o más veces cada año, como lo menciona Alceste (2016). Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son pautas y procedimientos establecidos para garantizar que los alimentos se produzcan, manipulen y almacenen en condiciones sanitarias adecuadas. Estas prácticas incluyen aspectos como la higiene personal, limpieza y desinfección de equipos, además del control de plagas y manejo adecuado de los productos. En cambio, el sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) es un enfoque preventivo que identifica y controla los peligros significativos para la seguridad alimentaria, es por ello, que el sistema se basa en la identificación de puntos críticos de control en el proceso de producción, donde se pueden aplicar medidas preventivas, eliminar o reducir los riesgos a niveles aceptables.

El establecimiento de la planta de procesamiento de tilapia tendría como finalidad la incorporación de valor agregado mediante la transformación a productos mínimamente procesados, que puedan suplir principalmente la demanda interna en Zamorano, así como ofertar estos productos al mercado externo que ejerza una demanda. Los objetivos plasmados para el diseño de una planta de procesamiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en Zamorano fueron:

Realizar el diseño conceptual de una planta para el procesamiento de tilapia en Zamorano que cumpla con las regulaciones del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA).

Cumplir con el ordenamiento y diseño adecuado de las áreas de procesamiento, correspondientes a cada etapa del proceso de transformación de la materia prima.

Dimensionar y optimizar la producción de la planta mediante la realización de cálculos de producción considerando la capacidad actual y una futura expansión, así como la elaboración y establecimiento de flujos de procesos.

## **Materiales y Métodos**

### **Localización de Estudio**

El diseño conceptual fue realizado, a fin de que la planta se sitúe en la unidad de acuacultura “Daniel E. Meyer”, correspondiente al Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, la cual está ubicada en el Valle del Río de Yeguaré, a 30 km al Sur Este de Tegucigalpa en la carretera CA-6, Honduras.

### **Metodología**

#### ***Etapa 1***

Recolección de datos (demanda interna por consumidor y distribuidor, producción y venta).

Identificación de demanda interna.

#### ***Etapa 2***

Definición de la capacidad de planta.

#### ***Etapa 3***

Evaluación de la ubicación del proyecto: herramienta Google Earth.

Dimensionamiento de las áreas de procesos: Triángulo de Muther y Reglamento Técnico Centroamericano (2006a) 67.01.33:06.

Diseño conceptual de la planta: Programa informático Sketchup.

#### ***Etapa 1***

##### ***Recolección de Datos***

Se hizo una visita al módulo de acuacultura Daniel E. Meyer, en donde se brindó un historial de datos de producción anual de los periodos 2021, 2022 y hasta agosto del 2023. Posteriormente, se visitó a cada uno de los clientes internos con los que cuenta la unidad de acuacultura.

Se recolectaron datos de demanda interna, brindados por el puesto de venta Zamorano y comedor Doris Stone, comprendidos en el periodo 2021, 2022 y hasta agosto del 2023

## **Etapa 2**

### ***Capacidad de Planta***

La proyección para la capacidad máxima de la planta se basó en la identificación de la demanda interna y la producción máxima para los próximos 15 años en la unidad Daniel E. Meyer

## **Etapa 3**

### ***Evaluación de la Ubicación del Proyecto***

Se definió el espacio preestablecido en la unidad de acuicultura, debido a que ya existe una infraestructura designando para el procesamiento, considerando los factores:

Disponibilidad de agua.

Disponibilidad de energía eléctrica.

Disponibilidad de Materias primas.

### ***Dimensionamiento de las Áreas de Proceso***

Se evaluaron las interacciones de cercanía para las áreas de interés. Considerando aspectos como: sumatorias de valores de interacción mediante Triángulo de Muther, en donde se procedió a llevar a cabo una evaluación jerárquica en el proceso de diseño de la planta, este proceso se llevó a cabo mediante la sumatoria de los valores de cercanía de las áreas detalladas, (Cuadro 4), así como la capacidad de producción estimada.

### ***Diseño de la Planta***

Se establecieron las áreas de mayor interés con relación al orden de importancia y sumatoria de valores, Cabe resaltar que, Estos no incluyen áreas administrativas, oficinas, comedor y laboratorio de análisis de alimentos. Además, se consideró un análisis para el manejo de desechos sólidos y aguas residuales.

### ***Diseño conceptual de la Planta***

Se elaboró un plano conceptual por medio del software Sketchup donde se establecieron dimensiones de las áreas considerando normativas del Reglamento Técnico Centroamericano (RCTA) 67.01.33:06.

## Resultados y Discusión

### Etapa 1

#### *Identificación de Demanda Interna*

##### **Demanda Interna.**

En el Cuadro 1, se aprecia una representación de la demanda de tilapia por parte del comedor Doris Stone en un lapso de 3 años. Es importante destacar que se han observado ciertos eventos y tendencias que han impactado en el comportamiento de la demanda. Durante el periodo de enero a mayo correspondiente al año de 2021, se registró una disminución significativa en el consumo de tilapia, atribuible a las secuelas del Covid-19, que afectaron la actividad del comedor, por lo que presentaron un consumo nulo. Los efectos del Covid-19 tuvieron un impacto en la industria acuícola a nivel global, tal como menciona Herrera (2023), es por ello, que entre las consecuencias notables se incluyen, la demora en las actividades de cosecha acuícola a consecuencia de la disminución de la disponibilidad de mano de obra. Sin embargo, en los años subsiguientes 2022 y 2023, se recuperó gradualmente el consumo de tilapia en el comedor Doris Stone. Destacando que, en los meses de marzo a julio del año 2023, se observó un declive en la demanda, por consiguiente, no se obtuvo ningún pedido registrado, estos meses específicos podrían haber estado influenciados por factores no usuales. Adicionalmente, se identificó una tendencia peculiar en la demanda, en el mes de mayo y diciembre del año 2021 y 2022, mostrando un patrón de consumo nulo, esto se debe a la estacionalidad y a la dinámica propia del comedor Doris Stone, que es atribuible al periodo de vacaciones de la comunidad estudiantil. Por otro lado, el mes de julio del año 2023 se destaca como el periodo con mayor consumo de tilapia en el comedor Doris Stone, esto se atribuyó a un patrón de consumo temporal debido a celebraciones de independencia de diversos países representados en el campus estudiantil.

Se debe comprender que los patrones de la demanda interna de tilapia son esenciales para la gestión y la planificación de la producción y suministro de este producto. Garantizando que la oferta de tilapia se ajuste a la demanda, incluso en condiciones inusuales como las secuelas de una pandemia.

**Cuadro 1**

*Kilogramos demandados mensualmente por el comedor Doris Stone.*

Mes	Año		
	2021	2022	2023
Enero	0	0	520
Febrero	0	354	311
Marzo	0	388	0
Abril	0	125	0
Mayo	0	0	0
Junio	3	314	0
Julio	597	927	0
Agosto	226	426	363
Septiembre	278	231	-
Octubre	172	407	-
Noviembre	319	296	-
Diciembre	0	0	-
Total	1595	3468	1194

En el Cuadro 2, se revela que el puesto de venta Zamorano, ha experimentado un patrón de ventas nulas en el mes de diciembre a lo largo de periodo de tres años (2021, 2022 y 2023). Este fenómeno se asocia la preferencia de platos tradicionales de las fiestas navideñas, como los nacatamales, que suelen desplazar la demanda de pescado en dicho mes. Por consiguiente, para los meses de enero y febrero del 2021, se registró un consumo nulo atribuible a la baja demanda que existió por causa de la pandemia, ya que los consumidores preferían el consumo de productos enlatados no perecederos tal como menciona Herrera (2023). En cuanto al mes de marzo del año 2021 se puede apreciar una entrega de 96 kilogramos de tilapia, a pesar de la disponibilidad escasa de producto, como secuela del Covid-19. No obstante, resulta relevante destacar que, a pesar de los desafíos mencionados, el mes de marzo 2023 se distingue por lograr una demanda superior al 2021, logrando obtener mensualmente una demanda de 462 kilogramos, debido a que en dicho periodo el puesto de venta se abasteció de mayor producto para poder suplir la demanda del mes entrante en donde el evento de semana santa sería el determinante del alza de demanda.

**Cuadro 2**

*Kilogramos demandados mensualmente por el puesto de ventas Zamorano.*

Mes	Año		
	2021	2022	2023
Enero	0	0	112
Febrero	0	188	253
Marzo	96	0	462
Abril	0	48	0
Mayo	0	0	166
Junio	0	159	88
Julio	0	0	161
Agosto	26	177	0
Septiembre	45	166	0
Octubre	50	115	0
Noviembre	83	298	-
Diciembre	0	0	-
Total	301	1150	1241

En el Cuadro 3 se observan la cantidad de demanda interna mensual, donde el mes de diciembre a lo largo de los años no muestra ninguna demanda. Los datos en torno a la demanda del año 2021, 2022 y 2023 oscilan desde los 3 a 927 kg, con una media de 407 kg mensuales, en donde no se consideró el mes de junio 2021, debido a que el valor representa uno de los extremos de los datos que no son significativos por lo que consecuentemente esto podría alterar los resultados de la demanda promedio. Considerando que la demanda interna total en kilogramos fue en el año 2022 con 4619 kg, en donde el 75% de esto va dirigido para el comedor Doris Stone, y solo el 25% es para el puesto de venta.

**Cuadro 3**

*Demanda interna total mensual en Kilogramos.*

Mes	Año		
	2021	2022	2023
Enero	0	0	632
Febrero	0	542	564
Marzo	96	388	462
Abril	0	173	0
Mayo	0	0	166
Junio	3	474	88
Julio	597	927	161
Agosto	252	602	363
Septiembre	323	397	0
Octubre	222	522	0
Noviembre	402	593	-

Mes	Año		
	2021	2022	2023
Diciembre	0	0	-
Demanda interna total (Kg)	1896	4619	2436
Comedor Doris Stone (%)	84	75	49
Puesto de Ventas (%)	16	25	51

## **Etapa 2**

### ***Capacidad de Planta***

Oyuela (2023) estableció que la capacidad máxima para los próximos 15 años de producción de la unidad de Acuicultura es de 9,100 kg/anuales, con una producción promedio mensual de 827.27 Kg, este se calculó sin tomar en cuenta el mes de diciembre ya que es un mes sin demanda, por no encontrarse los estudiantes en el Campus y el consumo en esas fechas son de otros productos. La capacidad instalada de la planta del proyecto es igual a la producción máxima de la unidad de Acuicultura, puesto que es totalmente dependiente de la producción. Se observó que el promedio mensual de la planta será de 827.27 kg, dato que se encuentra por debajo de la demanda mayor encontrada en los tres años analizados, cabe destacar que la capacidad será tomando en cuenta un solo turno de ocho horas, por ende, al tener situaciones que requieran mayor concentración se optará por incrementar las horas de trabajo al día para lograr alcanzar la cantidad demandada o bien hacer un incremento de personal. En donde el incremento de un turno estará sujeto al crecimiento exponencial de la demanda de la planta, como menciona Bocangel y Rosas (2021)

## **Etapa 3**

### ***Ubicación del Terreno***

Dentro de la instalación de acuicultura, se dispone de un terreno específico que ya alberga una infraestructura preexistente (Figura 1), la cual engloba diversos elementos de importancia que satisfacen los requisitos esenciales para el óptimo desempeño operativo de la instalación. Entre estos elementos, cabe destacar: la accesibilidad a la red eléctrica, el acceso a una fuente confiable de agua potable, disponibilidad de materias prima, la implementación de un sistema eficiente para la gestión de aguas residuales, su ubicación estratégica desde un punto geográfico, que conlleva una facilidad

de tránsito para el transporte de cargas, Además, destaca su cercanía inmediata a los principales centros de demanda de producto.

### Figura 1

*Área del terreno.*



*Nota.* Tomada con Google Earth Pro-2023.

### **Disponibilidad de Materia Prima**

La relevancia de este aspecto radica en la necesidad de mantener una producción constante y eficiente. La existencia de centros de abastecimiento resulta crucial para asegurar un flujo ininterrumpido en la unidad de acuicultura. Dicha unidad se encarga de generar su propia materia prima, en este caso, produciendo tilapia de engorde destinada a la venta. Este proceso de producción implica la combinación de métodos de cultivo, selección genética, manejo ambiental y control de salud, estableciendo un ciclo completo de producción y consumo. La interconexión de estos elementos es esencial para lograr una operación fluida y óptima.

### **Disponibilidad de Agua**

El suministro de agua potable en la comunidad Zamorano proviene de tres vertientes ubicadas en la Reserva Biológica de Uyuca. El sistema primario de captación de agua de Zamorano consta de

aproximadamente 11 estructuras colectoras en las fuentes de agua, que conducen el agua hacia dos tanques de almacenamiento con una capacidad total de 1,022 m<sup>3</sup>/h. Estos tanques distribuyen el agua al campus de la EAP a través de tres válvulas de control y medición, según Martínez Baker et al. (2013). De esta manera, se asegura que el suministro de agua empleado en los procedimientos internos de la instalación cumple con los estándares de potabilidad, mitigando así el riesgo de potencial contaminación en la planta.

### ***Acceso a Energía Eléctrica***

La Escuela Agrícola Panamericana Zamorano se encuentra conectada directamente a la red eléctrica nacional, la cual se refuerza mediante el suministro adicional de energía proveniente de su propio parque solar interno. Este parque solar está compuesto por un total de 2,940 paneles fotovoltaicos, que contribuyen a la generación de energía eléctrica en las instalaciones de la institución Ortiz (2020). Mediante esta estrategia, se establece una fuente de abastecimiento de energía eléctrica altamente confiable que cumple con la crucial función de garantizar el funcionamiento continuo y seguro de equipos necesarios en el proceso. Esta medida contribuye a minimizar cualquier interrupción potencial en las operaciones y a mantener la productividad y la eficiencia en todo momento.

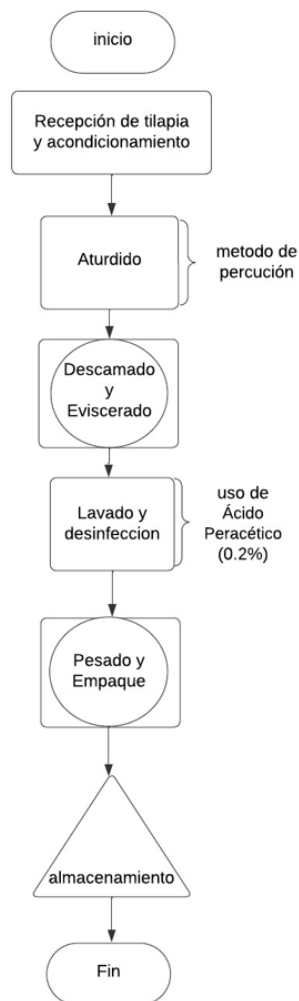
### ***Diseño Conceptual de la Planta Procesadora de Tilapia***

#### **Flujo de Proceso.**

A continuación, en la Figura 2 se detalla el diagrama de flujo que se implementara en la planta procesadora de tilapia, describiendo cada una de las actividades a realizar en cada una de las áreas correspondientes.

**Figura 2**

*Flujo de proceso para procesamiento de tilapia.*



### **Área de Desinfección del Personal.**

Con el fin de prevenir la contaminación de los productos en el área de procesamiento debido a la interacción que el personal mantiene con los alimentos y, al mismo tiempo, garantizar la inocuidad de los productos, resulta en importancia la implementación de un punto de desinfección. El punto de desinfección cumple una función crucial, permitiendo que el personal realice actividades de lavado y desinfección de manos y calzado antes de poder ingresar a las áreas de procesamiento. Por lo tanto, la ubicación del punto de sanitización debe ser estratégico, de modo que los colaboradores estén obligados a pasar por este punto antes de acceder a sus puestos de trabajo. Por lo cual, lo ideal es colocar este punto de desinfección en la entrada principal del área de trabajo. El área de desinfección

deberá de contar con instalaciones adecuadas para el lavado de manos, que incluya lavado de manos automático, dispensador de jabón, desinfectante, toallas de papel o secadores de aire para un secado higiénico Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA). (2006b) código 67.04.54:10.

### **Recepción y Acondicionamiento de Tilapia.**

En el área de recepción y acondicionamiento de tilapia, se implementaron elementos y protocolos específicos diseñados para cumplir con los requisitos técnicos y prácticas que aseguren la integridad y calidad de los peces vivos antes de ser sometidos al proceso de aturdimiento y procesamientos subsiguientes. Uno de los aspectos cruciales de esta etapa es la disponibilidad de contenedores o estanques de plásticos para almacenar agua en donde la tilapia se mantenga en acondicionamiento previo al aturdimiento, esto permitirá mantener un ambiente que minimice el estrés desde el punto de partida del procesamiento, debió a que el factor como el estrés puede tener un impacto negativo en la calidad y textura de la carne de la tilapia como lo menciona Souza et al. (2019), ocasionado que el músculo se contrae rápidamente permitiendo efecto de rigidez consecuentemente provocando una textura menos suave de la carne.

### **Área de Aturdido**

El método de aturdimiento por golpe en la cabeza se considera una práctica común y humanitaria en la industria de procesamiento de tilapia, diseñado con el objetivo de reducir o eliminar el sufrimiento del pescado antes de su sacrificio, como lo menciona Estrada et al. (2023). Este enfoque se basa en principios éticos y de bienestar animal, buscando minimizar cualquier dolor o estrés innecesario en el proceso de sacrificio, para llevar a cabo el proceso el aturdimiento por golpe en la cabeza de manera efectiva es fundamental que se realice con precisión, lo cual implica un golpe certero en la parte posterior de la cabeza de la tilapia específicamente atrás de los ojos, donde se localiza el cerebro. Por otra parte, el área de recepción y acondicionamiento desempeña un papel crucial en el proceso de producción, asegurando que los peces vivos se mantengan en condiciones óptimas antes de su posterior al aturdimiento, sin olvidar que un manejo técnico en esta etapa contribuye al bienestar de los peces, así también, a la calidad y seguridad de los productos finales.

### **Área de Descamado y Eviscerado.**

El área de descamado se concibe como un espacio fundamental en la planta de procesamiento, donde se deben de cumplir ciertas condiciones técnicas de buenas prácticas de manufactura, la amplitud de esta área es esencial para implementar equipos y personal de manera eficiente. Es crucial mantener una higiene y una temperatura relativamente fresca o controlada para así poder iniciar la cadena de frío para preservar la frescura de la tilapia desde el momento en que se inicia el proceso de descamado, por consiguiente, la limpieza y orden en el área son importantes para llevar a cabo las actividades de manera eficiente, Esto implica mantener el área limpia y despejada de cualquier obstáculo que las limite las actividades. Por esta razón, se implementa el uso de mesas de acero inoxidable que facilitan la manipulación de los peces, además, este material es resistente y fácil de desinfectar, lo que contribuye a mantener los estándares de inocuidad. En cuanto a las herramientas y equipos necesarios para la actividad de descamado, se utiliza un cuchillo de filo fino de acero inoxidable, diseñado específicamente para esta tarea, este tipo de cuchillos permite un raspado preciso y eficiente de las escamas de la tilapia. Posteriormente, es esencial realizar un enjuague minucioso con agua para eliminar cualquier residuo y garantizar que el pescado esté limpio y listo para la siguiente etapa del proceso. Por otro lado, el proceso de eviscerado es un punto crítico en el procesamiento de la tilapia, y debe llevarse a cabo con una técnica precisa. Consiste en realizar una incisión desde el ano de la tilapia hasta la aleta pélvica o hasta la altura de la aleta pectoral. Esta incisión debe efectuarse cuidadosamente para evitar perforar los órganos internos, lo que podría comprometer la calidad del producto. Además, según Galarza y Zamora (2022) indican que es fundamental retirar los órganos de manera meticulosa, teniendo un cuidado especial para no romper la vesícula biliar ni ningún otro órgano, que su ruptura podría contaminar la carne de la tilapia.

### **Lavado y Desinfección.**

El área de lavado y desinfección es de vital importancia en la planta, ya que en esta se desempeña un papel fundamental en términos de inocuidad y calidad del producto. Por medio de la desinfección se eliminan contaminantes y microorganismos en la tilapia procesada. La secuencia de

operaciones en el área de lavado y desinfección comienzan con un lavado previo utilizando agua limpia, este paso tiene como objetivo principal eliminar los residuos y las impurezas superficiales que puedan estar presente el pescado después de las etapas anteriores del proceso. Por otro lado, la desinfección representa punto importante para considerar, esto debido a que representa un punto crítico de control, por la implementación de desinfectantes, como el cloro a una concentración de 50 ppm, o también, se puede optar por implementación de ácido peracético a una concentración de un 0.2% como menciona Ortiz (2020). Los dos agentes mencionados son eficaces en la eliminación de bacterias y microorganismos que podrían estar presentes en la superficie de los peces. La elección del agente desinfectante y su concentración deben de establecerse con base a los estándares de la industria y las regulaciones aplicables para garantizar la inocuidad alimentaria.

#### **Pesado y Empaque.**

El área de pesado y empaque está diseñada para garantizar que el producto cumpla con los estándares de calidad e inocuidad de los productos, y que estén listos para la distribución. En este punto, es necesario tener control y monitorear constantemente el pesado y etiquetado, revisando que este sea adecuado, considerando la clasificación por peso de la tilapia, además se debe de tener en cuenta el empaque a utilizar, en donde se puede utilizar envases fabricados de materiales polímeros envasados en atmósferas modificadas, una de las opciones es usar envases tipo “Almohada” o tipo “sobre”, en donde está permitiría el ingreso de oxígeno, sirviendo como una barrera de difusión del dióxido de carbono al exterior del empaque, sin olvidar que esto asegura la frescura del producto como menciona Beltrán (2018). Para garantizar la calidad del producto se seguirán las buenas prácticas de Manufactura (BPM) y los Procedimientos Operacionales Estandarizados de saneamiento (POES).

#### **Almacenamiento.**

El área de almacenamiento es considerada un espacio fundamental para la conservación del producto terminado, como es el caso de la tilapia. Es esencial contar con un espacio diseñado especialmente para un cuarto frío o equipos que cumplan la misma función. Con el objetivo de

preservar la tilapia a una temperatura de refrigeración constante de aproximadamente 4 °C. La refrigeración es uno de los métodos que permite conservar la frescura y calidad por un tiempo corto. Por otro lado, en situaciones en las que se planea almacenar producto por periodos más prolongados, es necesario implementar un equipo más tecnificado que permitan alcanzar temperaturas más bajas, como menciona Chávez Solís (2020) estas temperaturas generalmente rondan alrededor de los -18 °C, por lo tanto, se implementaran congeladores que mantengan esas temperaturas minimizando el riesgo de crecimiento bacteriano.

### ***Áreas de la Planta de Procesamiento***

Se identificaron y delimitaron un total de nueve zonas específicas dentro de las instalaciones de la planta de procesamiento de tilapia en zamorano. El proceso de esta meticulosa identificación tiene como objetivo principal garantizar la disponibilidad de espacios adecuados para desarrollar las actividades de manera secuencial y ordenada, garantizando así una eficacia operativa. Estas áreas definidas son las siguientes: área de duchas y vestidores, baños, área de desinfección de los colaboradores, área de recepción de tilapias y aturdido, área de descamado, eviscerado y lavado, área de pesado y empaque, área de desinfección, área de almacenamiento.

### ***Ordenamiento de las Áreas en la Planta***

La distribución de las áreas de la planta se llevó a cabo utilizando la metodología de planificación Sistemática del diseño en planta (SLP) ampliamente reconocida como el “triángulo de Muther”. Este enfoque implica una distribución sistemática de las áreas o espacios de producción que interactúan de manera crucial con los procesos y logística de la planta, como menciona. Tapia Esquivias et al. (2009), es una forma organizada para llevar a cabo la planeación de una distribución con una serie de procedimientos y simbología convencional, para evaluar y visualizar los elementos que intervienen en la producción.

El enfoque metodológico se basó en la identificación exhaustiva de todas las áreas presentes en la planta. Utilizando la técnica del “triángulo Muther”, se logró visualizar de manera clara todas las interacciones, entre estas están áreas en relación con diversas variables de proximidad, entre las

cuales se mencionan: flujo de materiales, flujo de personal, requisitos de inocuidad, interdependencia de procesos. Posteriormente, se asignaron valores numéricos a cada una de estas variables de proximidad. Estos valores numéricos se determinaron en función del grado de influencias que cada área ejercía sobre cada variable de proximidad identificada.

Con base a estos valores numéricos, se procedió hacer un análisis detallado que permitió establecer un ordenamiento lógico de las áreas en el plano de la planta, por consiguiente, las áreas con los valores numéricos más altos se colocaron en primer lugar en el espacio disponible. Por tanto, se dispusieron las áreas con los valores numéricos más bajos, es decir, aquellas que presentaban una menor influencia en las variantes de proximidad, se situaron en áreas más alejadas de las zonas centrales o principales de la planta. Este proceso de ordenamiento se llevó a cabo con el propósito de optimizar la distribución de las áreas dentro de la planta, garantizando una disposición que promueva la eficiencia operativa y minimice las distancias entre las áreas de mayor interacción. En el cuadro 4 se aprecia la nomenclatura establecida según el Triángulo de Muther.

El Cuadro 4 proporciona una representación de valores y su correspondiente cercanía basados en el Triángulo de Muther. Las variables A, E, I, O, indican la importancia de proximidad en grados crecientes, mientras que la variable X destaca la importancia de mantener distancias lejanas entre áreas de interés. La variable U, por otro lado, no tiene un impacto significativo en la decisión de proximidad o distanciamiento dentro del diseño de la planta.

#### **Cuadro 4**

*Nomenclatura e interpretación de valores de variables de cercanía.*

Valor	Cercanía	Valor Numérico
A	Absolutamente necesario	10,000
E	Especialmente Importante	1,000
I	Importante	100
O	Distancia ordinaria	10
X	No recomendable	-10,000
U	No importante	0

*Nota.* Adoptado de Muther (1961), A: absolutamente necesario, E: Especialmente importante, I: Importante, O: Distancia ordinaria, X: No recomendable, U: No importante.

Una vez se completó la construcción del triángulo de Muther con relación a las áreas, se procedió a llevar a cabo la evaluación jerárquica fundamental para el diseño óptimo de la planta. Este proceso se efectúa con base a la ponderación de cercanía entre las distintas áreas de instalación, clasificando los valores de acuerdo con intervalos de evaluación específicos. Estos intervalos se establecieron como; A (10,000), E (1,000), I (100), O (10), U (0), X (-10,000), como se detalla en la (Figura 3). Posteriormente, se procedió a la sumatoria de los valores de cercanía asignados a cada área identificada. Estos valores se dispusieron en orden de importancia de acuerdo con su contribución a la disposición general de la planta.

**Figura 3**

*Triángulo Muther.*



*Nota.* A: absolutamente necesario, E: Especialmente importante, I: Importante, O: Distancia ordinaria, X: No recomendable, U: No importante.

En el Cuadro 5 se muestra la jerarquía de importancia de las áreas en función de la sumatoria de los valores de interés. Estos valores se asignaron a cada área en el Triángulo de Muther, para representar la proximidad relativa entre ellas. El área de descamado y eviscerado, tienen un valor de proximidad más alto, lo que indica que está en una posición de alta importancia y deberá estar ubicada estratégicamente cerca de otras áreas de interés. Recepción de tilapia y aturdido, si bien su valor es alto, es inferior al de descamado y eviscerado, esto indica una importancia considerable pero no tan alta como la primera. Área de desinfección de personal, esta área, si bien representa un valor por debajo de las tres principales áreas, debe de tener una relación de cercanía con las áreas centrales de proceso por razones específicas de inocuidad como menciona Castillo (2022). Por otra parte, las áreas de cuarto de almacenamiento y sala de despacho deberán de tener una relación de cercanía de especial importancia debido a la eficiencia de salida de producto terminado. En cambio, el área de bodega de insumos de limpieza representa un valor de cien en relación de cercanía con las áreas centrales de proceso, lo cual indica una cercanía de bajo interés con relación a las áreas de mayor valor. En cambio, la bodega de material de empaque representa una relación de cercanía especialmente importante con el área de pesado y empaque, garantizando así la eficiencia del proceso de empaque de producto terminado.

### **Cuadro 5**

*Orden de importancia según sumatoria de valores de interacción.*

Área	Calificación
Descamado, eviscerado	20,120
Recepción de tilapia y aturdido	10,400
Lavado, desinfección, pesado y empaque	3,200
Área de desinfección de personal	2,100
Sala de despacho	1,130
Bodega de material de empaque	1,000
Duchas y vestidores	110
Bodega de material de limpieza	100
Cuarto de almacenamiento	-9,780
Baños	-19,890

## Cuadro 6

*Descripción de los valores de cercanía por cada área de la planta.*

Áreas de la planta	A	E	I	O	X	U	Total
Recepción de tilapia y aturdido	1	0	2	4	0	2	9
Descamado, eviscerado	2	0	1	2	0	4	9
Lavado, desinfección, pesado y empaque	1	3	2	0	1	2	9
Área de desinfección de personal	0	2	2	1	0	4	9
Sala de despacho	0	1	1	3	0	4	9
Cuarto de almacenamiento	0	0	2	2	1	4	9
Bodega de material de empaque	0	1	0	0	0	8	9
Bodega de material de limpieza	0	0	1	0	0	8	9
Duchas y vestidores	0	0	1	1	0	7	9
Baños	0	1	0	1	2	5	9
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>48</b>	<b>90</b>

*Nota.* A: absolutamente necesario, E: Especialmente importante, I: Importante, O: Distancia ordinaria, X: No recomendable, U: No importante.

En el Cuadro 6 se muestra el total en cada fila representa la sumatoria de las variables de cercanía para cada una de las áreas. Los valores reflejan la relación de proximidad entre las áreas de la planta en términos de ubicación, intercambio y flujo de personal. Estas interacciones son importantes para la planificación y diseño de la planta. Como se puede apreciar el área de recepción de tilapia y aturdido presenta dos interacciones de proximidad con el área de descamado y eviscerado, lo que significa que estas deberán estar próximas entre ellas. Por otra parte, también se demuestra una interacción de distancia ordinaria (O) con el área de almacenamiento, lo cual significa que podrían estar próximas o pudiendo también estar alejadas entre sí o bien deberán estar en lados opuestos. En cuanto al área de descamado y eviscerado, en relación con las áreas de pesado, empaque, lavado y desinfección, reflejan una interacción de absolutamente necesario, lo que implica un flujo de personal o materiales entre ellas. Consecuentemente, el área de desinfección de personal presenta una proximidad de interés con las áreas de recepción y aturdido, descamado y eviscerado. No obstante, el área de desinfección de personal muestra una interacción de especialmente importante con el área de baños, considerando que el área de desinfección de personal es indispensable para poder realizar el ingreso a la planta.

**Cuadro 7**

*Descripción del cumplimiento de los valores del Triángulo de Muther.*

Valor	% de incidencia calculada	% de incidencia ideal	estatus
A	4.4	<5%	cumple
E	8.9	<10%	cumple
I	13.3	<15%	cumple
O	15.6	<20%	cumple
X	4.4	<5%	cumple
U	53.3	-	-

*Nota.* A: absolutamente necesario, E: Especialmente importante, I: Importante, O: Distancia ordinaria, X: No recomendable, U: No importante.

En EL Cuadro 7 se muestra la descripción del cumplimiento de valores del Triángulo de Muther el cual se utilizó para realizar un análisis de cada área existente en la planta, se cuantificaron las interacciones existentes, asegurando 9 interacciones por cada una de las áreas, como resultado un total de 90 interacciones distintas entre las áreas, distribuidas de la siguiente manera para cada variable: A con cuatro interacciones, con un valor calculado de un 4.4%. Comparándolo con el porcentaje ideal, que es menor al 5%. En este caso, el valor de interacciones demuestra que el área cumple con el criterio establecido para la variable A, lo que significa que la distancia mínima a otras áreas es adecuada y esencial para el funcionamiento eficiente. La variable E con ocho interacciones, el valor calculado de un 8.9%, que comparado con el porcentaje ideal de un 10%, indica que el área también cumple con el criterio establecido y a su vez, que indica que, la proximidad y relación de esta área con otras áreas importantes se gestiona adecuadamente. Variable I con doce interacciones y un valor calculado de un 13.3%, en comparación con un 15%, en este contexto, el área satisface el criterio establecido para la variable, lo que significa que su ubicación y relación con otras áreas importantes se consideró de manera adecuada. Variable O con catorce interacciones y un porcentaje de incidencia de un 15.6%, en comparación con porcentaje recomendado del 20%, demuestra que cumple con el criterio establecido. Variable X con un valor cuatro interacciones y un porcentaje de incidencia de un 4.4%, que se compara con el porcentaje ideal que es menor al 5%, esto indica que el área cumple con el criterio establecido para la variable X, lo que implica que la distancia y relación con otras áreas no recomendables se gestionó adecuadamente. Variable U con un valor de 48 interacciones, en el cuadro

no se proporciona un valor de incidencia calculado para la variable U, lo que impide determinar su cumplimiento o no cumplimiento en este análisis. Consecuentemente, la variable U generalmente se refiere a áreas que no son críticas para las operaciones de procesamiento.

El Cuadro 8 proporciona una descripción detallada de las dimensiones de áreas específicas dentro de la planta. Este análisis es esencial para conocer las dimensiones de espacios e infraestructura. Las dimensiones resaltadas en el (Cuadro 8) incluyen el área total de cada sección, y en conjunto suman un total de 273.51 m<sup>2</sup>. Sin embargo, es importante destacar que la huella de sombra para la planta es ligeramente mayor, abarcando un área de 322.92 m<sup>2</sup>. esta huella de sombra es el espacio real necesario en el terreno designado para el desarrollo del proyecto en su totalidad, espacio destinado en el terreno consiste en un ancho de 12.42 metros u un largo de 26.0 metros. La diferencia entre el área total de las secciones individuales y la huella de sombra destaca la importancia de considerar factores como los pasillos, los espacios de circulación y los márgenes de seguridad al diseñar el plano conceptual, asegurando que los espacios estén bien distribuidos y se utilice de manera eficiente.

### **Cuadro 8**

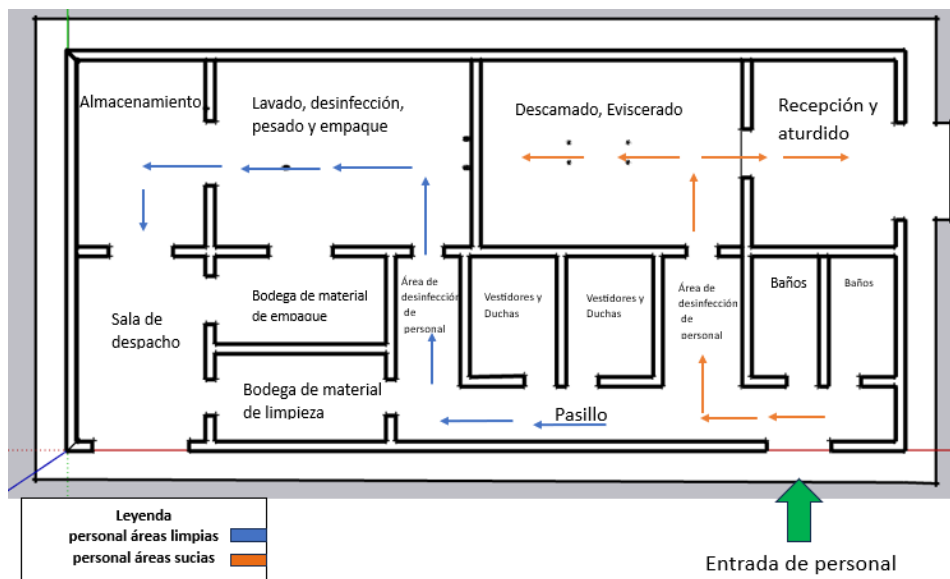
*Descripción de la superficie para cada una de las áreas de la planta en metros cuadrados.*

Área de la planta	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Recepción de tilapia y aturdido	5.78	5.19	30.00
Descamado, eviscerado	7.37	5.78	42.59
Lavado, desinfección, pesado y empaque	7.95	5.78	45.95
Área de desinfección de personal 1	4.04	2	8.08
Área de desinfección de personal 2	4.04	2.46	9.94
Sala de despacho	5.74	4	22.96
Cuarto de almacenamiento	5.78	4	23.12
Bodega de material de empaque	5.3	2.72	14.42
Bodega de material de limpieza	5.3	2.72	14.42
Duchas y vestidores 1	3.74	2.69	10.06
Duchas y vestidores 2	3.74	2.69	10.06
Baños 1	3.74	2.08	7.78
Baño 2	3.74	2.08	7.78
Pasillo	15.5	1.7	26.35
<b>Total</b>			<b>273.51</b>

La Figura 4 muestra cómo debe de ser el flujo de personal por el área de la planta, el flujo se divide en dos categorías, una como personal de áreas limpias y la otra como personal de áreas sucias, resaltando que no existe un cruce de personal de un área a la otra, asegurando así que no exista el riesgo de una contaminación cruzada por parte del personal.

**Figura 4**

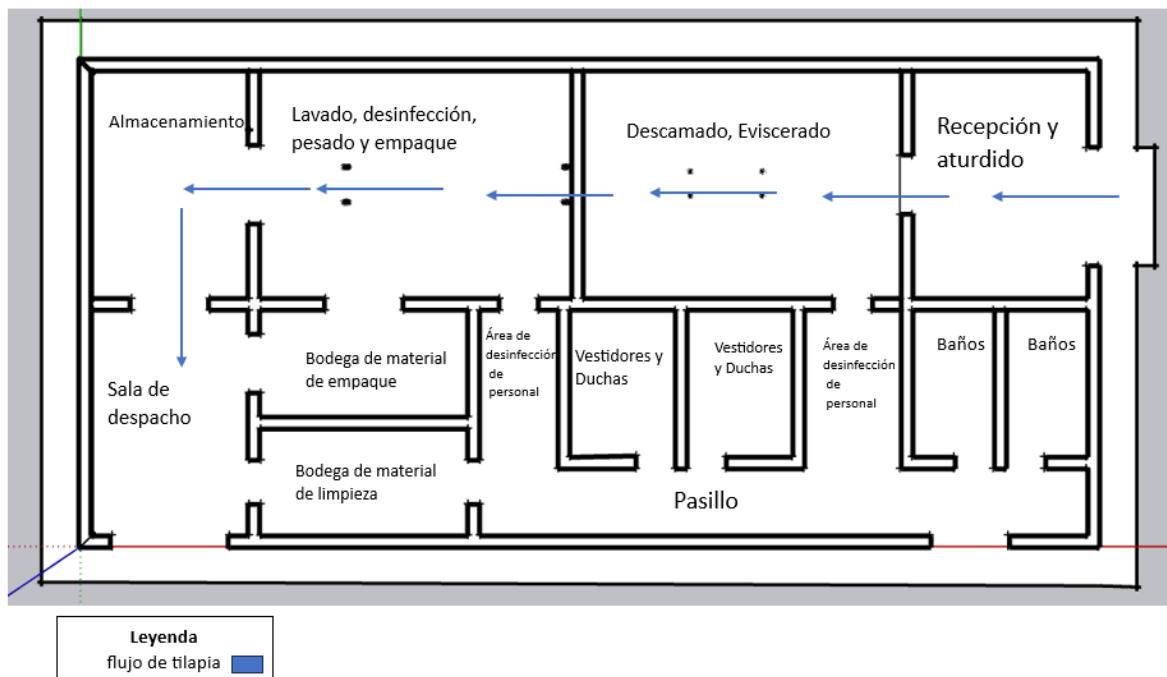
*Flujo del personal de trabajo.*



La Figura 5 muestra cómo se desarrollará el flujo de materia prima, el flujo consiste en un sistema en forma de "L", destacando así, un sistema de proceso ordenado y eficiente, donde no exista un retorno de producto, granizando de tal modo una eficiencia productiva en la línea de producción

**Figura 5**

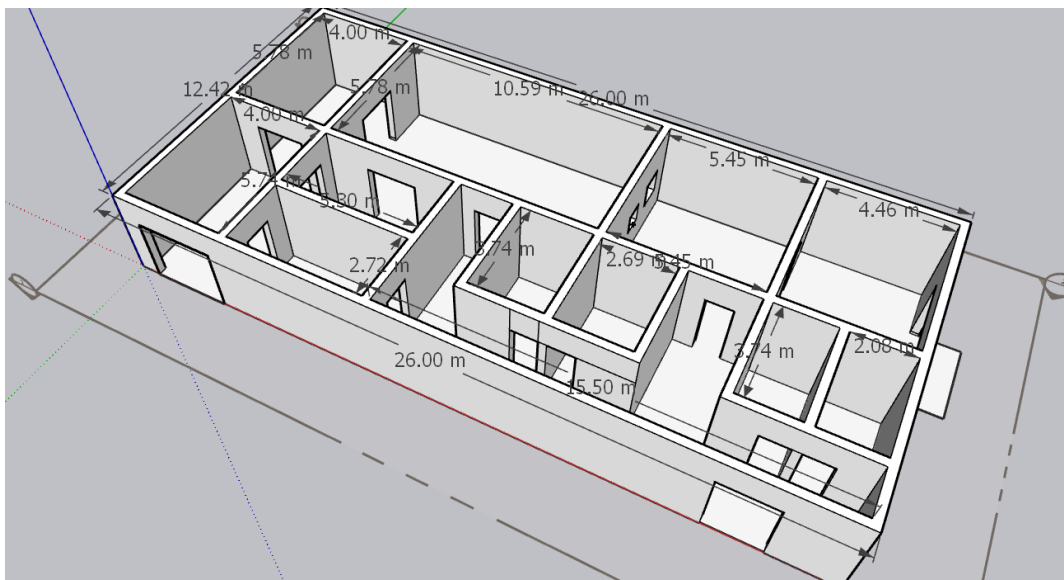
*Flujo de materia prima.*



La Figura 6 muestra el diseño dimensionado a escala 3D, el diseño detalla cada una de las áreas con medidas de ancho.

**Figura 6**

*Diseño dimensionado de la planta procesadora de Tilapia.*



## **Manejo de Aguas Residuales**

### ***Tipo de Mangueras para el Manejo del Agua***

Para el uso del recurso hídrico se usará mangueras resistentes a la abrasión, corrosión y a productos químicos utilizados en la limpieza. Las mangueras de caucho reforzadas con fibras sintéticas o metálicas, como las mangueras de PVC reforzadas con fibra, esto ayudara a tener un mejor manejo del agua en la faena y la limpieza de equipos, este tipo de manguera son las más utilizadas en la industria procesadora de marisco tal como menciona Wonda et al. (2021).

### ***Manejo de Desechos Sólidos***

La generación de desechos sólidos en una planta procesadora de tilapia suele ser una preocupación importante. Para abordar esta cuestión, es fundamental implementar sistemas de separación y gestión de residuos sólidos. Se utilizarán tamices y separadores de sólidos en los sistemas de drenaje, para recolectar y separar los desechos sólidos de las aguas residuales. Estos desechos sólidos se someterán a un proceso de compostaje como indica Muñoz (2022) en algunos casos, ser utilizados como alimento para otros animales, convirtiéndose harina de pescado como subproducto como menciona Moscol et al. (2021)

## **Manejo de Desechos Líquidos**

### ***Tratamiento Primario***

Se implementará diferentes tecnologías de tratamiento, como la sedimentación, la filtración, la oxidación química o biológica, y la desinfección.

La sedimentación: Consiste en dejar que los sólidos suspendidos se depositen en un tanque de sedimentación, lo que permite la separación de las partículas sólidas del agua. El tanque de sedimentación puede eliminar entre el 60% y el 65% de los sólidos en suspensión y entre el 30% y el 35% de la DBO de las aguas residuales, así como menciona Nath et al. (2015).

La filtración: Las tecnologías de filtración, como la filtración de arena o la membrana, pueden ayudar a eliminar partículas sólidas y microorganismos del agua residual, lo que la hace apta para la reutilización.

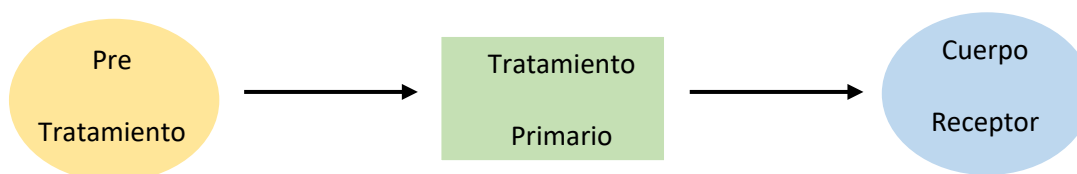
Oxidación química o biológica: Los procesos de oxidación pueden reducir la carga orgánica en el agua residual, lo que es esencial para cumplir con los estándares de calidad del agua. La oxidación biológica utiliza microorganismos para descomponer los compuestos orgánicos.

Desinfección: Para garantizar que el agua tratada sea segura, se puede aplicar un proceso de desinfección, como la cloración.

En la Figura 7 se puede apreciar la representación esquemática del flujo lógico de un sistema de tratamiento de aguas residuales en una planta de procesamiento.

**Figura 7**

*Esquematación del orden lógico del sistema de tratamiento de aguas residuales.*



En el Cuadro 9 se proporcionan los valores límite permitidos para los parámetros de calidad de las aguas residuales, los cuales deben ser considerados al momento de realizar vertidos a cuerpos de agua.

**Cuadro 9**

*Límite máximo permitido de parámetros de calidad de aguas tratadas para la descarga a cuerpos de agua y alcantarillado sanitario.*

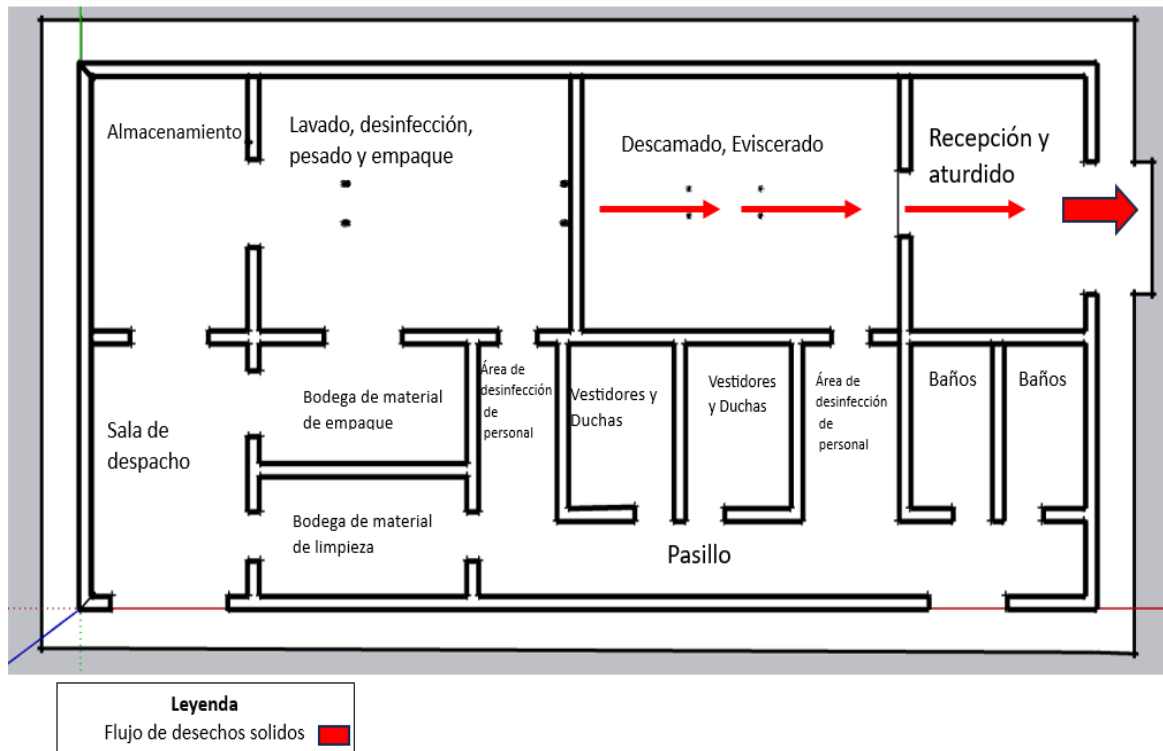
Parámetro	Valor permisible
Temperatura	<25.00 Grados Centígrados
Color	<200.00 uc
pH	6 a 9
Volumen de descarga	< 10% del caudal o volumen promedio de cuerpo de agua receptor
Sólidos sedimentables	1.00 ml/l/h
Sólidos en suspensión	100.00 mg/l
Material flotante y espuma	Ausente
DBO	50 mg/l
DQO	200.00 mg/l
Grasas y aceites	10.00 mg/l
Nitrógeno total	30.00 mg/l
Nitrógeno amoniacal	20.00 mg/l
Fósforo total	5.00 mg/l
Coliformes fecales	5000/100 ml

*Nota.* Extraído de la Norma Técnica Vigente de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y Alcantarillado Sanitario.

En la Figura 8 se muestra la dirección con respecto al flujo de salida de desechos sólidos resultantes de las áreas de descamado, eviscerado, recepción y aturdido dentro de la planta.

**Figura 8**

Flujo de desechos sólidos.



### **Conclusiones**

Se desarrolló el diseño conceptual para una planta procesadora de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en Zamorano que cumplió satisfactoriamente con las regulaciones del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA).

Se cumplió favorablemente con el ordenamiento y diseño adecuado de las áreas de procesamiento correspondientes a cada etapa del proceso de la materia prima.

Se dimensionó y estimó la capacidad de producción de la planta, mediante el establecimiento de flujos de procesos y la utilización de datos históricos, generando un valor aplicable a la capacidad actual y de expansión.

### **Recomendaciones**

Elaborar un estudio de factibilidad para el establecimiento y construcción de la planta procesadora de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en Zamorano.

Consolidar la elaboración de programas de requisitos previos (BPM, POE y POES), así como el análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP), a fin de establecer parámetros de calidad e inocuidad del proceso y producto final.

Implementar un sistema de trazabilidad para el seguimiento del producto a lo largo de la cadena de suministro.

## Referencias

Alceste. (2016). *Abordando la inocuidad en la cadena de suministro de tilapia de América Latina - Responsible Seafood Advocate*. <https://www.globalseafood.org/advocate/abordando-la-inocuidad-en-la-cadena-de-suministro-de-tilapia-de-america-latina/>

Beltrán, A. (2018). *“Planta de procesamiento para tilapia en Río Hondo, Zacapa”*. Universidad De San Carlos De Guatemala, Guatemala. <https://core.ac.uk/download/pdf/211029697.pdf>

Bocangel, G. y Rosas, C. (2021). Introducción al Diseño de Plantas. *UNHEVAL, 2021-10312*. Base64Pdf:1 | [nullval.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2021/09/DISENO-DE-PLANTAS.pdf](http://nullval.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2021/09/DISENO-DE-PLANTAS.pdf)

Castillo, J. (2022). *Diseño conceptual de una planta de procesamiento de camarón (Litopenaeus vannamei) en Taxisco, Santa Rosa, Guatemala* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. [bdigital.zamorano.edu](https://bdigital.zamorano.edu). <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/b648e85c-e11f-4be0-a18d-632b63b4bcf0/content>

Chávez Solís, C. E. (2020). *Evaluación microbiológica y organoléptica de filetes de tilapia tratados con tres tipos de conservantes* [Tesis de Pregrado, Universidad Estatal Amazónica]. repositorio.uea.edu.ec. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/875>

Estrada, C., Pérez, A., Sanchez, M., Matias, D. y García-Montalvo, I. (2023). *Investigación, innovación y transferencia Tecnológica para la tilapia del Nilo (Oreochromis Niloticus) en Oaxaca, México. 2594-018X: XIII*. AvaCient. [https://www.researchgate.net/profile/ivan-garcia-montalvo/publication/368922220\\_investigacion\\_innovacion\\_y\\_transferencia\\_tecnologica\\_para\\_la\\_tilapia\\_del\\_nilo\\_oreochromis\\_niloticus\\_en\\_oaxaca\\_mexico](https://www.researchgate.net/profile/ivan-garcia-montalvo/publication/368922220_investigacion_innovacion_y_transferencia_tecnologica_para_la_tilapia_del_nilo_oreochromis_niloticus_en_oaxaca_mexico)

FAO. (2011). *FAO - Noticias: El consumo de pescado alcanza niveles históricos*. FAO. <https://www.fao.org/news/story/es/item/50311/icode/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul*. FAO. [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(21\)01071-9.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(21)01071-9.pdf) <https://doi.org/10.4060/cc0461es>

Galarza, D. y Zamora, R. (2022). *Análisis del proceso de eviscerado de pescado* (14<sup>a</sup> ed., 4, p244-253. 10p). Opuntia Brava. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=2222081x&an=160446635&h=m3op%2bmer9qpsf2bflysarl74umhjkjmjtevllgpcn5xgumswvc6elwmejcsxayrj065cltd1u6rbgyqmkbuaaw%3d%3d&crl=c>

Herrera, J. (2023). *COVID-19: Impacto en el comercio mundial de pescado | INFOPECA*. INFOPECA. <https://www.infopesca.org/content/covid-19-impacto-en-el-comercio-mundial-de-pescado>

Islam, S., Bhowmik, S., Majumdar, P. R., Srzednicki, G., Rahman, M. y Hossain, M. A. (2021). Nutritional profile of wild, pond-, gher- and cage-cultured tilapia in Bangladesh. *Heliyon*, 7(5), e06968. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06968>

Martinez Baker, C., De León Beitia y Betzy Yorlenis. (2013). *Determinación de los requerimientos de potabilización para un sistema de agua en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano* [Proyecto Especial de Gradiación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c3e419a4-b7f1-45ce-8cfe-8321d841c703/content>

Moscol, I., Peltroche Saavedra, G. y Ruesta García, V. A. (2021). *Predicción de parámetros de calidad de la harina de pescado utilizando Imágenes Hiperespectrales y Redes Neuronales Artificiales* [Tesis de Pregrado, Universidad de Piura, Peru]. [pirhua.udep.edu.pe. https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5148](https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5148)

Muñoz, A. (2022). 2.- Escama de pescado como fertilizante orgánico. <https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes9no2vol3/2.-%20Escama%20de%20pescado%20como%20fertilizante%20org%C3%A1nico.pdf>

Muther, R. (1961). Systematic layout planning. *CiNii Research*. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000797470624000>

Naths, S., Chowdhury, S. y Doras, C. (2015). General overview of wastewater treatment coming from fish processing plant. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53247077/General\\_overview\\_of\\_wastewater\\_treatment\\_coming\\_from\\_fish\\_processing\\_plant-libre.pdf?1495549567=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGeneral\\_overview\\_of\\_wastewater\\_treatment.pdf&Expires=1697839317&Signature=b2Z2q4UobfulckVIQ4~a6qV0hMrlQjXjCnT7SuerleGGXmiKW6G6dxnXx5q9GSIFZPru6AogJN-vr8i3wAELhMqQbFdd9z8HcRmJHSJMcpFcomhMnQXYZpTR4E5~ndqAzL21u5C6AzsbXTGWirAN3PMUerkFrwnFROx3n1cY1AdsuTXsQPrqQjrSGb-GbnOHUeRK8JueQQsyX6Mm0WsABhBj3AokyDh5Tutt104faEl~wd3O2~DlG54H-GhglqBbO3hOOyU-59K~SSoG7S7I5mW3Xfcg7rz5PnvpVfypcrRypnRBIQ~ofWNOPAVDqF4U46ks1U9DiKywCwW0kbUiMg\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53247077/General_overview_of_wastewater_treatment_coming_from_fish_processing_plant-libre.pdf?1495549567=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGeneral_overview_of_wastewater_treatment.pdf&Expires=1697839317&Signature=b2Z2q4UobfulckVIQ4~a6qV0hMrlQjXjCnT7SuerleGGXmiKW6G6dxnXx5q9GSIFZPru6AogJN-vr8i3wAELhMqQbFdd9z8HcRmJHSJMcpFcomhMnQXYZpTR4E5~ndqAzL21u5C6AzsbXTGWirAN3PMUerkFrwnFROx3n1cY1AdsuTXsQPrqQjrSGb-GbnOHUeRK8JueQQsyX6Mm0WsABhBj3AokyDh5Tutt104faEl~wd3O2~DlG54H-GhglqBbO3hOOyU-59K~SSoG7S7I5mW3Xfcg7rz5PnvpVfypcrRypnRBIQ~ofWNOPAVDqF4U46ks1U9DiKywCwW0kbUiMg_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

Ortiz, G. B. (2020). *Evaluación Técnica-Financiera del Parque Solar de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, durante su cuarto año de operación* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/fcf2a8d4-a7fd-41cd-8019-9b5b11e757ba/content>

Oyuela, F. (2023). Entrevista de F. Cruz. Honduras.

Reglamento Técnico Centroamericano. (2006a). *Industria de alimentos y bebidas procesados. Buenas prácticas de manufactura. Principios generales*. (67.01.33:06).

Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA). (2006b). *Industria de alimentos y bebidas procesadas. Buenas prácticas de manufactura. Principios generales*. [https://www.comex.go.cr/media/3541/339\\_anexo-de-la-resolucion-no-283-rtca-aditivos-alimentarios-\\_comieco.pdf](https://www.comex.go.cr/media/3541/339_anexo-de-la-resolucion-no-283-rtca-aditivos-alimentarios-_comieco.pdf)

Sistema para la Integración Centroamericana (SICA), S. (2020). *Honduras abastece el 5% del consumo de tilapia de EEUU*. <https://www.sica.int/busqueda/Noticias.aspx?IDItem=122772&IDCat=2&IdEnt=47>

Souza, E., Marcio, D. y castro, L. (2019). *Efecto del estrés previo al sacrificio en la calidad de los filetes de tilapia - Responsible Seafood Advocate*. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/efecto-del-estres-previo-al-sacrificio-en-la-calidad-de-los-filetes-de-tilapia/>

Tapia Esquivias, M., Arroyo Rojas, L., Luna González, A., Goytia Acevedo, S. y García Alcaraz, J. (2009). *Implementación del método S.L.P. en una empresa de la región Bajío en México*. <https://www.researchgate.net/profile/jorge-garcia->

alcaraz/publication/267788216\_implementacion\_del\_metodo\_slp\_en\_una\_empresa\_de\_la\_region\_bajio\_en\_mexico

United States Department of Agriculture (USDA), U. (2019). *FoodData Central*. [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(21\)01071-9.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(21)01071-9.pdf)

Wondu, E., Lule, Z. C. y Kim, J. (2021). Improvement of dielectric properties and thermal conductivity of TPU with alumina-encapsulated rGO. *Polymer Testing*, 102, 107322. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2021.107322>

## **Anexos**

### **Anexo A**

#### *Manual de especificaciones de materiales de construcción.*

#### **Área de recepción, acondicionamiento y aturcido de tilapia**

1. Predes: paredes de piedra caliza, revestida con cemento refinado con altura de 3.65 m.
2. Pisos: piso de concreto refinado con cemento y revestido con materia epóxico convencional, impermeable, antiderrapante con pendiente de 3% en dirección a drenaje.
3. Techo: lámina galvanizada con un revestimiento al exterior de teja roja, típica Zamorano.

#### **Área de descamado y eviscerado**

1. Pisos: piso de concreto refinado con cemento y revestido con materia epóxico convencional, impermeable, antiderrapante con pendiente de 3% en dirección a drenaje.
2. Predes: paredes de piedra caliza, revestida con cemento refinado con altura de 3.65 m, con enchapado de baldosa blanca a una altura de 2m sobre el piso.
3. Techo: lámina galvanizada con un revestimiento al exterior de teja roja, típica Zamorano.
4. Cielo raso: material de PVC, considerando una altura de 2 metros sobre nivel de piso. Características, impermeable de fácil lavado.

**Área de lavado, desinfección, pesado y empaque**

1. Pisos: piso de concreto refinado con cemento y revestido con materia epóxica convencional, impermeable, antiderrapante con pendiente de 3% en dirección a drenaje.
2. Predes: paredes de piedra caliza, revestida con cemento refinado con altura de 3.65 m, con enchapado de baldosa blanca a una altura de 2m sobre el piso.
3. Techo: lámina galvanizada con un revestimiento al exterior de teja roja, típica Zamorano.
4. Cielo raso: material de PVC, considerando una altura de 2 metros sobre nivel de piso. Características, impermeable de fácil lavado.

**Área de almacenamiento**

1. Pisos: piso de concreto refinado con cemento y revestido con materia epóxica convencional, impermeable, antiderrapante con pendiente de 3% en dirección a drenaje.
2. Predes: paredes de piedra caliza, revestida con cemento refinado con altura de 3.65 m, con enchapado de baldosa blanca a una altura de 2m sobre el piso.
3. Techo: lámina galvanizada con un revestimiento al exterior de teja roja, típica Zamorano.
4. Cielo raso: material de PVC, considerando una altura de 2 metros sobre nivel de piso. Características, impermeable de fácil lavado.

**Cuarto frío en consideración a futuro.**

1. Predes: paredes de piedra caliza, revestida con cemento refinado con altura de 3.65 m.

2. Techo: lámina galvanizada con un revestimiento al exterior de teja roja, típica Zamorano.
3. Pisos: piso de concreto refinado con cemento y revestido con materia epóxica convencional, impermeable, antiderrapante con pendiente de 3% en dirección a drenajes.
4. Paredes al interior. Revestido con paneles de poliuretano.

#### **Sala de despacho**

1. Predes: paredes de piedra caliza, revestida con cemento refinado con altura de 3.65 m.
2. Pisos: piso de concreto refinado con cemento, revestido con material antiderrapante con pendiente de 3% en dirección a drenajes.
3. Techo: lámina galvanizada con un revestimiento al exterior de teja roja, típica Zamorano.

#### **Bodega de materia de empaque**

1. Predes: paredes de piedra caliza, revestida con cemento refinado con altura de 3.65 m.
2. Pisos: piso de concreto refinado con cemento y revestido con materia epóxica convencional, impermeable, antiderrapante con pendiente de 3% en dirección a drenaje.
3. Techo: lámina galvanizada con un revestimiento al exterior de teja roja, típica Zamorano.

#### **Bodega de material de limpieza**

1. Pisos: piso de concreto refinado con cemento y revestido con materia epóxica convencional, impermeable, antiderrapante con pendiente de 3% en dirección a drenaje.

2. Predes: paredes de piedra caliza, revestida con cemento refinado con altura de 3.65 m, con enchapado de baldosa blanca a una altura de 2m sobre el piso.
3. Techo: lámina galvanizada con un revestimiento al exterior de teja roja, típica Zamorano.

#### **Área de desinfección de personal**

1. Pisos: piso de concreto refinado con cemento y revestido con materia epóxica convencional, impermeable, antiderrapante con pendiente de 3% en dirección a drenaje.
2. Predes: paredes de piedra caliza, revestida con cemento refinado con altura de 3.65 m, con enchapado de baldosa blanca a una altura de 2m sobre el piso.
3. Techo: lámina galvanizada con un revestimiento al exterior de teja roja, típica Zamorano.

#### **Baños**

1. Techo: lámina galvanizada con un revestimiento al exterior de teja roja, típica Zamorano.
2. Pisos: el piso de baños debe de ser de cerámica o baldosa blanca que permita un lavado fácil.
3. Paredes: cerámica blanca impermeable. Con altura de enchape desde el piso hasta el techo.

#### **Pasillo**

1. Techo: lámina galvanizada con un revestimiento al exterior de teja roja, típica Zamorano.
2. Cielo raso: material de PVC, considerando una altura de 2 metros sobre nivel de piso.
3. Predes: paredes de piedra caliza, revestida con cemento refinado con altura de 3.65 m, y pintadas de un color claro.
4. Piso: Piso de cerámica de color claro y de fácil limpieza.

**Duchas**

1. Techo: lámina galvanizada con un revestimiento al exterior de teja roja, típica Zamorano.
2. Pisos: el piso de baños debe de ser de cerámica o baldosa blanca que permita un lavado fácil.
3. Paredes: cerámica blanca impermeable. Con altura de enchape desde el piso hasta el techo.

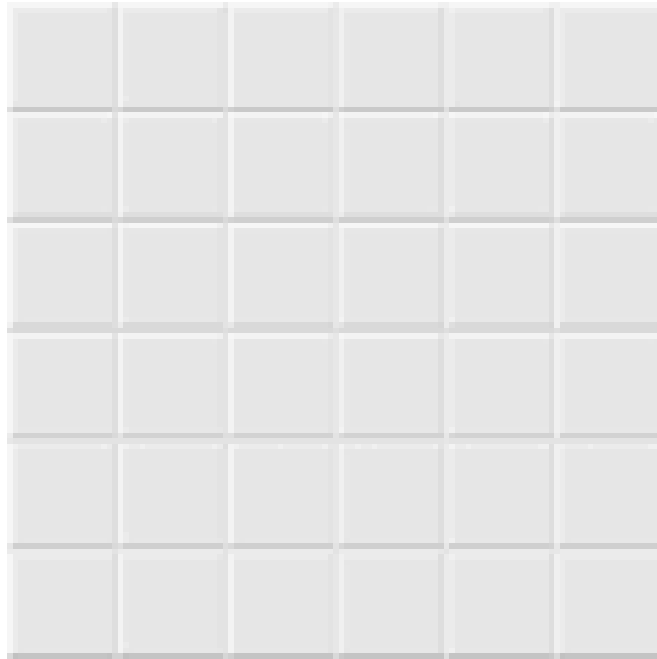
**Anexo B**

*Representación de pasillo revestido con pintura epóxica.*



**Anexo C**

*Representación de baldosa blanca.*



**Anexo D**

*Representación de material para techos.*



**Anexo E**

*Representación de panel de poliuretano par cuarto frio.*








**Anexo F**

*Representación de paredes de cemento refinado.*



## Anexo G

*Especificaciones de equipo y utensilios requeridos en la planta de procesamiento.*

Utensilio	Cuchillo de acero para descamado, eviscerado	
Dimensiones	No aplica	
cantidad	10 unidades	
utensilio	Martillo aturdidor	
Dimensiones	No aplica	
Cantidad	2 unidades	
Utensilio	Lavamanos	
Dimensiones	1.20.m× 0.50m	
cantidades	2 unidades	
Utensilio	Balanzas	
Dimensiones	0.30m × 0.30m	
Cantidad	2unidades	
Utensilio	Mesa de acero inoxidable	
Dominaciones	5.0m×1.5m	
Cantidad	1	

Utensilio	Lava botas	
Dimensiones	1.0m x 1.5m	
cantidad	2 unidades	
utensilio	Manguera flexible con rociador	
Dimensión	1m	
Cantidad	5	
Equipo	Guante anticorte metálico	
Dimensión	No aplica	
cantidad	10	
Equipo	Tanque latico de acondicionamiento	
Dimensiones	2.0m x 2.0m	
Cantidad	2	
Utensilio	Mesa de acero inoxidable (aturdido)	
Dimensiones	1.5m x 1.0m	
Cantidad	1	
Equipo	Congelador	
Dimensión	2.0m x 1.5m	
Cantidad	2	

## Anexo H

Modelo tridimensional de la planta.

