

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
LICENCIATURA EN DISEÑO INDUSTRIAL

Diseño de un sistema modular para el almacenamiento y dosificación de químicos industriales.

PROYECTO DE GRADO

**MÓNICA WALESKA SANDOVAL MEJÍA**  
CARNET 10831-09

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, MAYO DE 2015  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
LICENCIATURA EN DISEÑO INDUSTRIAL

Diseño de un sistema modular para el almacenamiento y dosificación de químicos industriales.

PROYECTO DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
ARQUITECTURA Y DISEÑO

POR  
**MÓNICA WALESKA SANDOVAL MEJÍA**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE DISEÑADORA INDUSTRIAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, MAYO DE 2015  
CAMPUS CENTRAL

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLEGER, S. J.  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO**

DECANO: MGTR. HERNÁN OVIDIO MORALES CALDERÓN  
VICEDECANO: ARQ. ÓSCAR REINALDO ECHEVERRÍA CAÑAS  
SECRETARIA: MGTR. ALICE MARÍA BECKER ÁVILA  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JUAN PABLO SZARATA

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

LIC. DOUGLAS OMAR RAMIREZ GOMEZ

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. FERNANDO ANTONIO ESCALANTE AREVALO

MGTR. JUAN PABLO SZARATA

LIC. MÓNICA DENISE PAGURUT BERTHET



Guatemala, 17 de Abril de 2015

Señores  
Miembros del Consejo de Facultad  
Facultad de Arquitectura y Diseño  
Universidad Rafael Landívar

Estimados Señores:

Me dirijo a ustedes para informarles que el Proyecto de Diseño titulado "**Diseño de un sistema modular para el almacenamiento y dosificación de químicos industriales**", elaborado por la estudiante Mónica Waleska Sandoval Mejía con número de carnet **1083109**, ha sido concluido satisfactoriamente y puede ser considerado para la PRESENTACION DEL PROYECTO DE DISEÑO.

Atentamente,

Lic. Douglas Ramírez  
Asesor



### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Proyecto de Grado de la estudiante MÓNICA WALESKA SANDOVAL MEJÍA, Carnet 10831-09 en la carrera LICENCIATURA EN DISEÑO INDUSTRIAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 0344-2015 de fecha 19 de mayo de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

Diseño de un sistema modular para el almacenamiento y dosificación de químicos industriales.

Previo a conferírsele el título de DISEÑADORA INDUSTRIAL en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 21 días del mes de mayo del año 2015.



MGTR. ALICE MARÍA BECKER ÁVILA, SECRETARIA  
ARQUITECTURA Y DISEÑO  
Universidad Rafael Landívar

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por hacer esto posible y por todas las bendiciones durante la carrera.

A mis papás Erik y Nancy, por ser siempre mi mayor apoyo y ejemplo a seguir. Gracias por vivir conmigo cada experiencia y emoción durante la carrera, alentándome a seguir aunque por momentos parecía imposible.

A mis hermanos, gracias por apoyarme y tener tanta paciencia con mis momentos de estrés.

A mis abuelitas, familia, amigos y personas especiales que Dios puso en mi camino, y que marcaron mi vida. Gracias por esos momentos y enseñanzas.

A mis catedráticos, por transmitirme conocimientos no solo de la carrera sino sobre la vida, gracias por enseñarme y ayudarme a superar tantos retos.

A Surtiquímica Internacional, por abrirme las puertas y confiar en mí.

A William Tubac y todas las personas que de una u otra manera hicieron que este proyecto fuera posible.

## ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. DELIMITACIÓN GRÁFICA.....	3
III. CONTEXTO.....	4
A. Las PyMes en la industria de Guatemala .....	5
B. La Industria química .....	6
C. Productos para tratamiento de agua para calderas.....	7
A. Métodos y procesos para la transformación de productos químicos .....	8
1. Dosificación de polvos .....	9
2. Llenado y trasiego de líquidos.....	11
B. Características de los químicos del caso de estudio 12	
IV. BRIEF .....	13
A. Cliente .....	14
1. Misión y visión .....	14
2. Capacidad instalada.....	15
3. Productos y presentaciones.....	15
4. Perfil demográfico y psicográfico de la empresa.....	16
1. FODA.....	17
5. Cadena de valor segmentada.....	17

B. Descripción del proceso productivo .....	20
C. Necesidad.....	26
D. Usuario .....	27
E. Análisis retrospectivo.....	28
F. Análisis de alternativas .....	29
G. Análisis prospectivo .....	31
1. Escenario Positivo.....	31
2. Escenario Negativo .....	31
V. DISEÑO INDUSTRIAL.....	32
A. Producción en serie .....	33
1. Control de calidad.....	33
2. Medición del trabajo y productividad .....	36
B. Diseño Centrado en el usuario .....	41
C. Ergonomía en los puestos de trabajo .....	45
1. Elección del tipo de trabajo y consideraciones.....	45
2. Controles.....	46
3. Medidas y espacios recomendados .....	47
4. Ángulos y alcances de confort.....	48
5. Evaluación del puesto de trabajo.....	49
D. ANTROPOMETRÍA .....	53

E.	Normas nacionales e Internacionales de Seguridad Industrial para el manejo de productos químicos .....	55	C.	Bocetaje rápido.....	84
1.	Instalaciones.....	55	D.	Matriz morfológica y evaluación de propuestas ...	87
2.	Almacenamiento .....	56	E.	Desarrollo y evaluación de la propuesta final .....	91
3.	Diseño de procesos.....	57	VII.	MATERIALIZACIÓN.....	97
4.	Protección personal.....	58	A.	Modelo de solución.....	98
5.	Clasificación de productos químicos .....	59	B.	Manual de usuario .....	103
F.	Materiales utilizados en la construcción de utensilios y maquinaria para procesos químicos .....	63	C.	Planos.....	106
1.	Hierro.....	63	D.	Proceso de producción .....	137
2.	Acero inoxidable .....	64	E.	Manual de ensamble .....	141
3.	Procesos de transformación .....	66	F.	COSTOS.....	150
4.	Recubrimiento anticorrosivo.....	68	G.	VALIDACIÓN .....	153
G.	Mecanismos.....	70	H.	CONCLUSIONES .....	165
1.	Almacenamiento de químicos granulados o pulverizados .....	70	I.	RECOMENDACIONES.....	166
2.	Mecanismos de alimentación para sólidos.....	73	VIII.	ANEXOS.....	167
3.	Mecanismos para trasiego de líquidos.....	75	A.	Cédula ergonómica.....	168
H.	CONCLUSIONES GENERALES DE ANÁLISIS ..	76	B.	Encuesta a clientes.....	169
VI.	CONCEPTUALIZACIÓN .....	78	IX.	Bibliografía.....	172
A.	Planteamiento del Problema.....	79			
B.	Moodboard.....	83			

## RESUMEN EJECUTIVO

Este documento describe detalladamente el proceso que se llevó a cabo para el análisis, diseño y desarrollo de un dispositivo de almacenamiento y dosificación para químicos industriales. Está dirigido a pequeñas empresas de la industria química, cuyas necesidades no pueden ser cubiertas satisfactoriamente con las alternativas existentes en el mercado. Estas son empresas que cuentan con una capacidad productiva pequeña y procesos empíricos y manuales. Sin embargo, se busca el crecimiento de las mismas, implementando las normas internacionales de seguridad industrial y control de calidad.

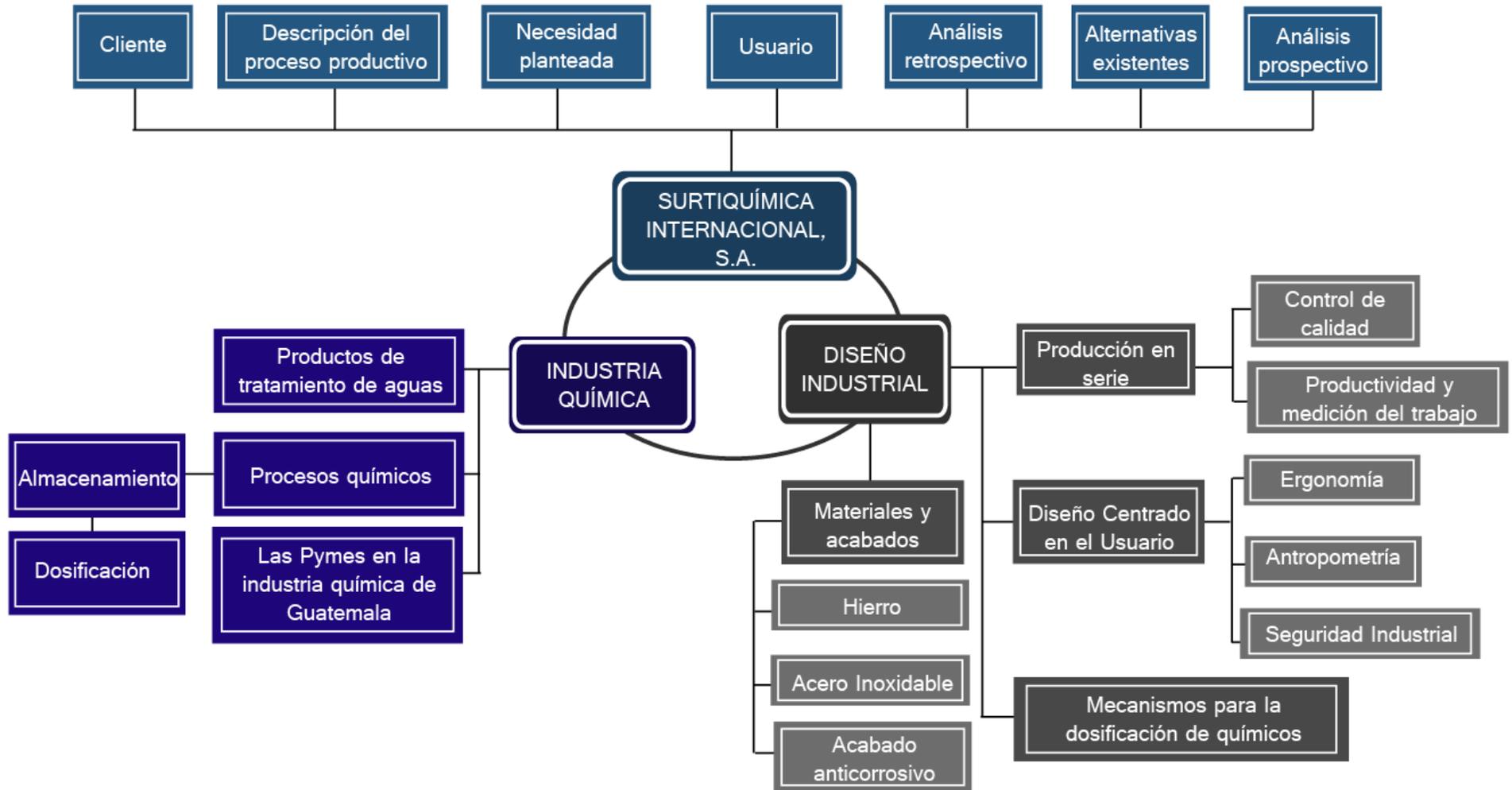
Utilizando herramientas propias del diseño industrial se propone un modelo de solución que adapta la tecnología existente a las necesidades de producción, seguridad industrial, control de calidad y económicas de estas empresas. De manera que ofrece una solución para mejorar los procesos productivos de una forma integrada, cumpliendo con requisitos tanto técnicos como estéticos.

## I. INTRODUCCIÓN

La competitividad de las empresas en la industria depende en gran parte de su productividad. Las grandes empresas poseen métodos de producción en serie, estandarizados, con maquinaria de alta tecnología que cubre la capacidad productiva que necesitan. En Guatemala, existen pequeñas y medianas empresas que buscan su crecimiento en la industria química. Como primer recurso, utilizan métodos empíricos de producción. Sin embargo, cuando comienzan su etapa de crecimiento esos métodos impiden la estandarización de la calidad y un ambiente laboral seguro y apto para el personal. Estas empresas se ven entonces en la necesidad de implementar nueva tecnología. No obstante, la maquinaria existente de uso industrial sobrepasa la capacidad requerida por dichas empresas.

La incorporación del Diseño Industrial implica la adecuación de la tecnología existente a las necesidades específicas de cada empresa; se auxilia de investigación y otras herramientas de diseño para identificar y satisfacer las necesidades de la empresa. Logrando como resultado a través de la innovación una solución acorde a la capacidad de la empresa.

## II. DELIMITACIÓN GRÁFICA



### III. CONTEXTO

#### A. Las PyMes en la industria de Guatemala

Las pequeñas y medianas empresas son una parte importante de la economía de Guatemala. Éstas representan un 40% del PIB y un 85% del empleo generado. (Laura Frigenti, 2010). Por ello se debe prestar especial atención para que logren posicionarse mejor en el mercado al que pertenecen. Esto no solo incluye la mejora en los aspectos legales y económicos, sino también en sus sistemas y procesos productivos. En Guatemala se encuentran las siguientes ramas de la industria:

- Industria alimentaria
- Industria Textil
- Cementera
- Maderera
- Azucarera
- Petroquímica
- Industria química

La industria química tiene aplicación en cada una de las otras ramas de la industria, como la base para el

mantenimiento de la maquinaria y equipo que se utiliza. También forma una parte fundamental de los procesos para la transformación de la materia prima. Por ello, es importante prestar especial atención a su desarrollo. Según la Unidad de Finanzas y Desarrollo del Sector Privado del Banco Mundial, las Pymes guatemaltecas en la industria química enfrentan “una serie de insuficiencias que amenazan su supervivencia” (2010) y que deben sobreponer para unirse al grupo que impulsa el crecimiento económico del país. Algunas veces los procesos productivos de estas empresas son informales y empíricos, lo que limita su capacidad productiva y la calidad de los productos que pueden ofrecer a sus clientes. La mejor forma de aumentar la calidad es implementando tecnología existente. No obstante, muchas veces esta tecnología requiere grandes inversiones o no se adapta a la capacidad productiva de dichas empresas. Por lo que se puede optar a la innovación en la implementación de tecnología más simple y un sistema de control que se adecúe a sus procesos productivos. Por ello se deben conocer las

características, organización y procesos que se manejan en la industria para identificar las mejores soluciones que se puedan adaptar a sus procesos y capacidad productiva. Así mismo, es indispensable conocer a fondo la empresa con la que se trabaje esta implementación, de manera que se logre satisfacer completamente sus necesidades específicas.

## **B. La Industria química**

La industria química se dedica al proceso de obtención y transformación de materiales y químicos de origen natural o sintético (Iquímicas 2012). La primera parte de dicho proceso la realiza la industria química de base. Ésta extrae y transforma los químicos de orígenes naturales y los convierte en materia prima.

La industria de transformación o secundaria, utiliza la materia prima para la producción de sustancias para el consumo final. En ésta se aplica la química industrial o ingeniería química, que se dedica a la producción de sustancias en masa para su uso general en la industria. Estas sustancias pueden variar mucho según su función;

por ejemplo, pueden ser desde desinfectantes o pinturas, hasta productos para el mantenimiento de maquinaria industrial especializada.

Se podría decir entonces que el consumo final se divide en dos categorías. La primera, compuesta por personas individuales que los utilizan en su vida diaria (jabones, cosméticos, etc.), y la segunda por empresas que utilizan productos especiales para su industria. En la segunda categoría se encuentran los productos para tratamiento de agua para calderas industriales.

### **C. Productos para tratamiento de agua para calderas**

Las calderas son dispositivos utilizados ampliamente en la industria en general por sus aplicaciones en esterilización, calefacción, generación de energía, etc. Por ejemplo, en una fábrica textil se usa como fuente de energía, así como parte del proceso para el teñido de hilos. El correcto mantenimiento de las mismas se puede obtener mediante un tratamiento interno, que consiste en la aplicación de químicos que aseguran la calidad del agua desde su alimentación hasta su expulsión de la caldera.

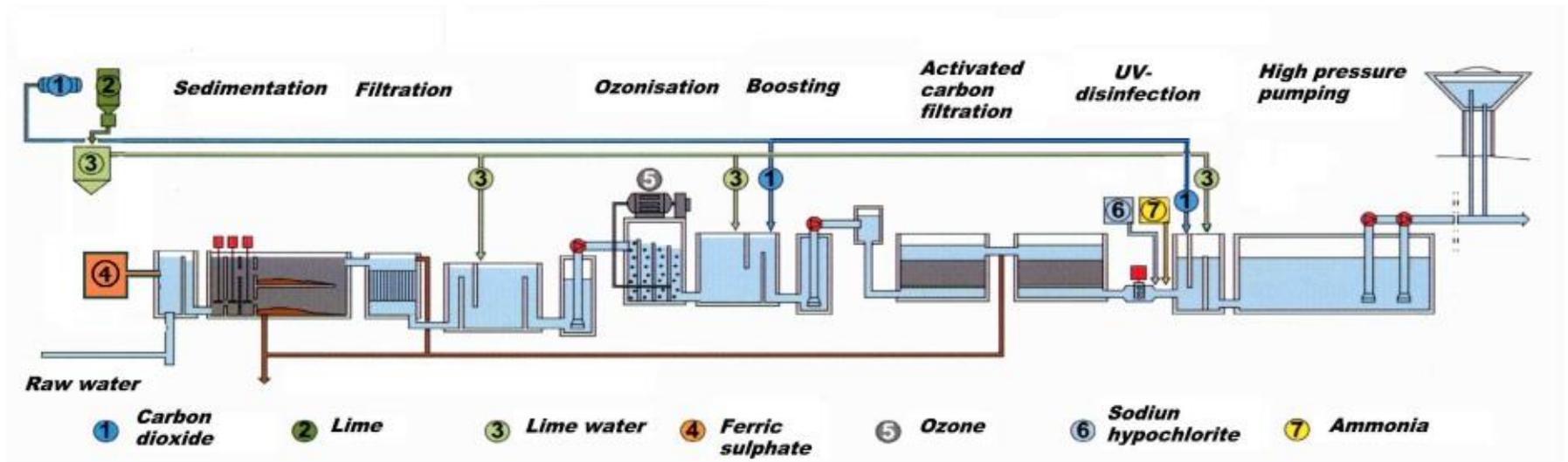
Los químicos aplicados evitan corrosiones, incrustaciones y otros problemas que se pueden generar durante el funcionamiento de la caldera. Antes de aplicar el tratamiento se hace un análisis de las características del agua, como el pH, oxígeno, dureza, alcalinidad, entre otras (Behn) . En base a este análisis, las empresas que se dedican a realizar este tratamiento, preparan una combinación o mezcla de químicos que nivelan y contrarrestan las características del agua.

La mezcla puede ser dosificada por cargas que requieren un proceso de dosificación, agitación y envasado del producto a aplicar. Los procesos y maquinaria necesarios para la producción de estas sustancias dependen directamente de las características de los químicos utilizados. En este caso, la materia prima que se usa incluye ácidos, alcalinos fuertes y otros químicos que pueden ser nocivos para la salud si no se manejan adecuadamente.

### A. Métodos y procesos para la transformación de productos químicos

En la industria química existen procedimientos preestablecidos para el procesamiento de las sustancias. Estos han sido utilizados a través de la historia y comprobados como métodos adecuados. En el esquema 1 se puede ver el proceso que lleva por ejemplo una planta de tratamiento de aguas a gran escala para la potabilización de la misma.

A continuación se describen las características generales de los químicos utilizados. Así mismo se explican las formas de almacenamiento y dosificación que podrían servir como base para el diseño del equipo para este proceso.



Esquema 1. Proceso de tratamiento de aguas para potabilización. Fuente. [http://www.elaguapotable.com/tratamiento\\_del\\_agua.htm](http://www.elaguapotable.com/tratamiento_del_agua.htm)

## 1. Dosificación de polvos

Los procesos de dosificación de polvos se utilizan en la industria en general, desde pellets para la fabricación de plásticos, hasta productos alimenticios. El método que se elige depende directamente de las características del producto. Entre estas se encuentran el tamaño, forma, densidad, compresibilidad, adherencia, humedad, su capacidad de compactación y absorción de agua.

La forma y método de funcionamiento dependen de los resultados que se desean y las características descritas anteriormente. Entre estos se pueden mencionar, vibratorios, de tornillo, de banda, etc. Algunos de proporciones muy grandes y otros con precisión milimétrica, como los que se usan en la química farmacéutica. Los dosificadores pueden adecuarse para su uso manual o automático.



Imagen 1 Dosificador automático de polvos y granulados. Fuente <http://www.ktron.es/process-equipment/feeders/technology/feeding-technology.cfm> Dosificador de polvos.

En la tabla 1 se detalla el tipo de producto, cantidades y tiempo aproximados que se pueden aplicar con cada tipo de dosificador.

Tipo	Clasificación	Uso	Capacidad pies <sup>3</sup> /hora	Variación
Volumétrico	Plato	Cualquier material granular o en polvo	0.01-35	1-40
	Garganta vibratoria	Cualquier material, en cualquier diámetro de partícula	0.02-100	1-40
	Disco rotatorio	Mayoría de materiales en forma granular o en polvo	0.01-1.0	1-20
	Cilindro rotatorio	Cualquier material granular o en polvo	7-300 8-2000	1-100 1-10
	Tornillo	Material muy seco en forma granular o en polvo	0.05-18	1-20
	Cinta	Material seco en forma granular o en polvo con tamaño máximo de 1 ½	0.1-3000	1-10 1-100
Gravimétricos	Cinta y balanza	Material seco o húmedo en forma granular o en polvo (debe utilizarse agitadores para mantener una densidad constante)	0.02-2	1-100
	Pérdida de peso	Mayoría de materiales en forma granular o en polvo	0.02-80	1-100

Tabla 1. Propiedades de dosificadores en seco (Pérez Carrión & Cánepa de Vargas, 1992)

## 2. Llenado y trasiego de líquidos

El llenado de líquidos al igual que la dosificación de polvos depende de las características de la sustancia que se está manejando. En este caso se debe tomar en cuenta de la viscosidad del químico, así la compatibilidad con otros materiales. En el mercado existen máquinas llenadoras o envasadoras de líquidos que al igual que las dosificadoras de sólidos pueden funcionar de forma automática, semi-automática o manual. Si se clasifican según la capacidad pueden ser de baja capacidad, lineales o rotativas y se pueden adaptar a los distintos sistemas de llenado. Cabe destacar que estas máquinas pueden estar integradas en un sistema completo de envasado, incluyendo

enroscado y etiquetado.

En la tabla se muestran algunos sistemas de llenado de líquidos y ejemplos de los productos con los que se usan comúnmente.



Imagen 2. Llenadora lineal.

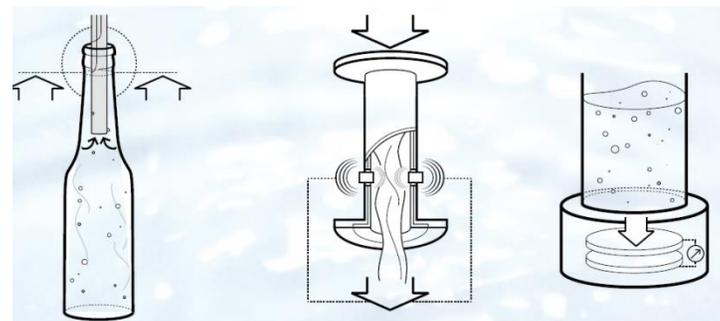


Imagen 3. Funcionamiento de llenadoras. <http://www.ocme.com/website/default.aspx>

SISTEMA	FUNCIONAMIENTO	USOS
Volumétrico	Un pistón succiona una cantidad predeterminada de producto.	Jarabes, aceites, cremas, etc. De viscosidad baja, media o alta
Gravimétrico	A la vez que se llena el envase, se pesa para determinar la cantidad de producto deseado. Se combina con otros, como el llenado por gravedad o por bombeo.	Líquidos de baja, media y alta viscosidad, dependiendo de la forma de llenado.
Por nivel	Un sensor determina el nivel del líquido que se desea llenar	Agua, jugos, tintas, etc. de baja viscosidad.
Caudalímetro	Utiliza medidores electromagnéticos o de masa para controlar la cantidad de líquido que pasa.	Sistemas de alta capacidad productiva
Por gravedad	Permite que el producto fluya naturalmente	Líquidos de alta viscosidad y

Tabla 1. Elaboración propia. Fuente

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2407/14/UPS-GT000134.pdf>

## B. Características de los químicos del caso de estudio

Al momento de elegir el equipo a utilizar para este tipo de producción, como se mencionó anteriormente, se deben considerar las características específicas de cada químico a utilizar. Entre estas están su compatibilidad con los materiales, si son corrosivos, consistencia, etc. En este trabajo se evalúan dichos aspectos para una empresa específica. En la tabla 2 se encuentran las características a tomar en cuenta para el manejo y almacenamiento adecuado para los químicos del caso de estudio. Más adelante se ampliará la información de estos químicos según los estudios necesarios.

	DESCRIPCIÓN	ALMACENAMIENTO			
COMPONENTE A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polvo blanco, cristalino e inodoro</li> <li>- Soluble en agua, con desprendimiento de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenar en un lugar fresco, seco y ventilado.</li> <li>- Lejos de fuentes de polvo, calor o humedad.</li> </ul>	COMPONENTE C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polvo blanco o gránulos</li> <li>- Soluble en agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenar en un lugar fresco, seco y ventilado.</li> <li>- Lejos de fuentes de polvo, calor o humedad.</li> <li>- Contenedores altamente sellados.</li> <li>- Incompatible con aluminio.</li> <li>- Lejos de ácidos por riesgo de reacción.</li> </ul>
COMPONENTE B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polvo o cristales blancos</li> <li>- Soluble en agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenar separado de oxidantes fuertes y ácidos.</li> <li>- Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.</li> </ul>	COMPONENTE D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polvo cristalino incoloro</li> <li>- Soluble en agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenar separado de oxidantes fuertes y bases fuertes.</li> </ul>
			COMPONENTE E	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solido blanco</li> <li>- Soluble en agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Separado de alimentos, ácidos fuertes y metales.</li> <li>- Almacenar en el recipiente original.</li> <li>- Mantener en lugar seco. Bien cerrado.</li> <li>- Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.</li> </ul>
			COMPONENTE F	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polvo marrón diluido en agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No exponer directamente a la luz del sol</li> <li>- Almacenar en un lugar seco y fresco.</li> <li>- No almacenar por más de 6 meses.</li> </ul>

Tabla 2. Características de los químicos del caso de estudio- Elaboración propia

## IV. BRIEF

## A. Cliente



Es una empresa guatemalteca, que provee productos y servicios a distintas áreas de la industria. Se dedica a la producción de sustancias químicas industriales que incluyen líneas de productos para tratamiento de calderas, tratamiento de aguas para sistemas de enfriamiento y productos de mantenimiento industrial, entre otros. Además provee servicios como el análisis de aguas, mantenimiento de maquinaria, entrega y aplicación del producto.

### 1. Misión y visión

“Ofrecer productos de excelente calidad y el mejor servicio, satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes al convertirnos en aliados estratégicos mediante la incorporación de innovaciones químicas.”

“Posicionarnos como una empresa líder en suministros químicos para el tratamiento de aguas, mantenimiento industrial, y suministro de combustibles alternativos que generen excelentes beneficios a nuestros clientes.”

En base a la misión y visión de la empresa, el diseño industrial deberá aportar a la mejora de la calidad de sus productos y procesos para que puedan cumplir con mayor eficiencia su política de servicio. Al hacer esto se podrá contribuir a que la empresa se logre posicionar mejor en el sector de la industria al que pertenece.

## 2. Capacidad instalada

- Espacio exterior de 4mts.x4mts



Imagen 4. Espacio y mobiliario disponible. Fotografía propia

## 3. Productos y presentaciones

La empresa maneja las siguientes líneas de productos:

- Línea de mantenimiento industrial
- Línea de limpieza y mantenimiento automotriz
- Productos de sanitización
- Productos especializados para la industria de alimentos
- Productos para tratamiento de aguas de enfriamiento
- Productos para tratamiento de calderas

Los productos se venden en las siguientes presentaciones:

- Garrafa de 5 galones
- Envase de 5 libras



Imagen 5. Envase utilizado. Fotografía propia

#### 4. Perfil de la empresa

Surtiquímica Internacional, S.A. es una empresa pequeña que opera en la industria química de Guatemala. Se enfoca en la calidad de sus servicios y productos. Busca siempre estar a la vanguardia con sus productos para brindarles a sus clientes lo que necesitan a los mejores precios. Constantemente buscan mejorar la calidad de sus productos y procesos.

#### PERFIL DEMOGRÁFICO

Tipo: Pequeña empresa

Ubicación: Ciudad de Guatemala

Contexto: Industria química, área de mantenimiento

Actividades: Productos y servicios de mantenimiento industrial

Grupo objetivo: Medianas y grandes empresas

#### PERFIL PSICOGRÁFICO

Intereses	Posicionarse mejor en el mercado
	Mejora continua de sus procesos y servicios
Estrategias	Alta calidad y servicio
	Atención personalizada
	Respuesta rápida
	Estrategia Just in Time
Valores	Trabajo en equipo
	Buena comunicación entre las partes involucradas



Tabla 3. Perfil de la empresa. Elaboración propia

## 1. FODA

Se realizó un análisis FODA de la empresa en base a las características de la empresa. Comparando la misión y visión y la situación actual de la misma. Además, se presenta una cadena de valor segmentada para identificar las necesidades en cada nivel.

<b>FORTALEZAS</b> Servicio personalizado Entrega inmediata Bajo costo de sus productos	<b>OPORTUNIDADES</b> Existen clientes con mayor demanda Mudanza reciente a un espacio más amplio.
<b>DEBILIDADES</b> Proceso productivo manual No cuenta con el equipo adecuado Poco control de calidad	<b>AMENAZAS</b> Reclamos recientes por descontentos con los tiempos de entrega y por variaciones en la calidad de los productos.

Tabla 4. FODA. Elaboración propia

## 5. Cadena de valor segmentada

A continuación se encuentra un análisis de los niveles en los que se dividen las operaciones de la empresa para la venta de sus productos de tratamiento de agua y calderas. En cada nivel se identifican las fases, etapas, y oportunidades de diseño. En base a esto se podrá identificar el punto principal donde se podrá aportar por medio del diseño industrial. Los niveles del proceso son los siguientes:

- NIVEL 1: Análisis de calderas y venta de producto
- NIVEL 2: Organización de pedidos y rutas
- NIVEL 3: Proceso productivo
- NIVEL 4: Entrega y aplicación de producto

La actividad principal de la empresa en esta rama es un servicio de mantenimiento y venta de producto mensual. El procedimiento se basa en realizar un análisis químico y en base a los resultados recomendar uno o varios de los productos y servicios de la empresa. Después de la primera aplicación de producto se realiza una visita y análisis mensual, donde comienza nuevamente el ciclo de trabajo.

## FASES Y ETAPAS

## OPORTUNIDADES DE DISEÑO

Fase	Fases y Etapas	Oportunidades de Diseño
Venta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llamada al cliente</li> <li>- Visita y análisis químico</li> <li>- Recomendación y venta de producto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de control de pedidos</li> <li>- Fichas de análisis</li> <li>- Herramientas para análisis químico</li> <li>- Diseño de catálogo de productos y servicios</li> </ul>
Pedido y organización	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informar sobre los pedidos de los clientes</li> <li>- Compra de materia prima</li> <li>- Organizar rutas de entrega</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de organización de pedidos y rutas</li> <li>- Diseño de área de almacenamiento para materia prima</li> </ul>
Producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparar el cronograma y área de trabajo</li> <li>- Realizar producción</li> <li>- Cargar a vehículo repartidor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño de equipo de seguridad</li> <li>- Rediseño de planta</li> <li>- Diseño de dosificadora de materia prima</li> <li>- Diseño de mezcladora de producto</li> <li>- Diseño de envasadora</li> </ul>
Entrega	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visita a cliente</li> <li>- Entrega y aplicación de producto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llenadora</li> <li>- Dispositivo para transporte de garrafas y toneles</li> <li>- Herramientas para trasvase de productos químicos</li> </ul>

Tabla 5. Cadena de valor. Elaboración propia

## CONCLUSIONES

La cadena de valor segmentada destaca diversas oportunidades de diseño en todos los niveles del proceso de venta y servicio de la empresa. El nivel en el que existen más oportunidades es el de producción. El análisis FODA también revela que el área de producción es el que presenta las principales debilidades internas en este caso. Pero también se puede ver que existe una oportunidad para realizar cambios en esta área, pues la empresa acaba de trasladar sus instalaciones a un espacio más adecuado.

Los cambios realizados en esta área podrían afectar significativamente los otros niveles. Por ejemplo, si se logran reducir tiempos de producción se podría lograr mayor eficiencia en la entrega. Así mismo se puede lograr un aumento en la capacidad productiva para ofrecer los servicios de la empresa a clientes con mayor demanda.

## B. Descripción del proceso productivo

La producción principal de la empresa es la línea para tratamiento de agua y calderas. Se produce químico con la misma materia prima pero con fórmulas diferentes para 2 a 4 clientes por día. Cada producción varía de 5 a 20 galones de producto con un tiempo aproximado de 25 a 30 minutos para los pedidos grandes.

Las fórmulas para estos químicos utilizan siempre la misma materia prima. A pesar de esto, la empresa no puede mantener un stock de producto pues las proporciones que utilizan de cada materia prima varían según el resultado del análisis que se realiza al cliente. Algunos pedidos necesitan 5 componentes, mientras que otros solo 2 o 3. Cinco de estos componentes son en polvo, uno en escamas y dos son líquidos y deben mantenerlos en sus envases originales. El proceso productivo se divide en cuatro fases principales:

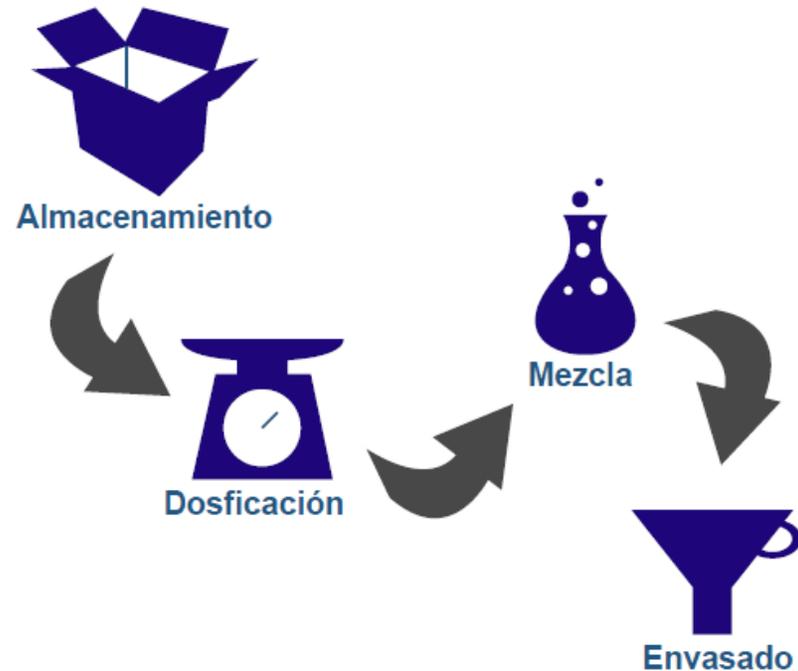


Diagrama 1. Descripción gráfica del proceso productivo. Elaboración propia

### 1. Químicos utilizados

La empresa tiene una política de confidencialidad respecto a sus fórmulas, por lo que los componentes se catalogarán de la siguiente manera:

- Componente A: Polvo blanco, cristalino e inodoro. Soluble en agua, con desprendimiento de calor
- Componente B: Polvo blanco o cristales solubles en agua.
- Componente C: Polvo o gránulos blancos solubles en agua.
- Componente D: Polvo cristalino incoloro soluble en agua.
- Componente E: Escamas blancas disueltas en agua. Este es un producto corrosivo.
- Componente F: Polvo marrón disuelto en agua al 50%.

Todos los componentes son alcalinos no corrosivos, excepto el componente E (Véase anexos pág. 160). Las cantidades que se utilizan de cada químico varían desde 0.5 libras hasta 6 libras. Para los químicos que han sido

disueltos previamente en agua se utilizan de 0.5 litros a 2 litros por producción.

### 1. Preparación del área de trabajo

El primer paso para producir es preparar el área de trabajo. El operario lava el equipo para eliminar los residuos del producto preparado anteriormente. Prepara el equipo que va a usar. Después, llena el tonel con el agua que va a necesitar según la cantidad de producto que se va a producir. Para medir esto, el operario se guía con las líneas que tiene el tonel. Éstas indican que se ha lledado 10 galones cada una, aunque no son exactas.



Imagen 6. Preparación del área. Fotografía propia

## 2. Almacenamiento



La materia prima no debe estar expuesta a la humedad pues se deteriora.



Materia prima expuesta a la humedad del ambiente

Guardado en sacos de 25 kg.

Cubiertos con una lona en el exterior



Separado del área de mezcla y envasado

El operario debe hacer recorridos repetidamente de aproximadamente 5 a 6 metros durante la producción



- a) Factores involucrados
- Sacos de materia prima
  - Envase de materia prima disuelta
  - Espacio disponible
  - Toneles pequeños
- b) Puntos críticos
- Exposición a humedad
  - Espacio limitado
  - Existe la posibilidad de que se disperse el polvo
  - Recorridos innecesarios
- c) Oportunidades de diseño
- Diseño de armario para almacenar sacos
  - Diseño de contenedores para producto químico

Diagrama 2. Descripción gráfica de almacenamiento. Elaboración propia

### 3. Dosificación



Para dosificar se usa un vaso y una báscula

Se debe pesar un producto a la vez



Se debe introducir la mano en los sacos repetidas veces

Los químicos utilizados pueden ser irritantes para la piel con su uso prolongado

El polvo dosificado se dispersa y puede afectar las vías respiratorias.



El operario adquiere posturas inadecuadas



#### a) Factores involucrados

- Sacos de materia prima en polvo
- Toneles con materia prima disuelta
- Balanza
- Vaso para medir
- Pichel
- Operario

#### b) Puntos críticos

- Seguridad industrial
- Exactitud de la dosis
- Posturas inadecuadas

#### c) Oportunidades de diseño

- Diseño de dispensadores de químico
- Diseño de dosificadora de químicos
- Diseño de dispositivo para transporte de dosis pequeñas de materia prima
- Diseño de herramientas para el manejo de materia prima
- Diseño de equipo de seguridad

Diagrama 3. Descripción gráfica de la fase de dosificación. Elaboración propia

#### 4. Mezcla



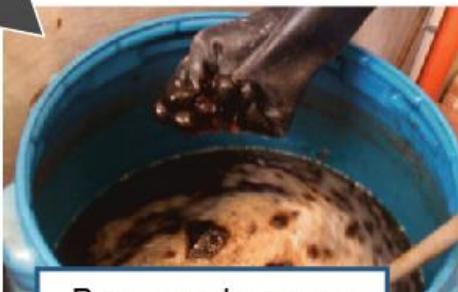
Se necesita una fuente de agua.



Después de pesar el primer producto se traslada al área donde se encuentra el tonel con agua, añade el polvo y mezcla.



Repite esta acción entre tres y seis veces según la cantidad de componentes que requiere la mezcla.



Para mezclar se usa un bolillo plástico

El componente F tarda mucho tiempo en disolverse

Si no se mezcla bien, el operario utiliza su mano para deshacer el químico precipitado

Una alternativa que se usa en ocasiones es disolver el químico previamente

- a) Factores involucrados
  - Tonel para y bolillo plástico
  - Recipiente de Balanza
- b) Puntos críticos
  - No se pueden mezclar todos los componentes a la vez
  - Se requiere más tiempo para mezclar con el método manual que con el automático
  - Descontrol en la formulación del producto.
- c) Oportunidades de diseño
  - Diseño de agitador
  - Diseño de herramienta para agitar y filtrar

Diagrama 4. Descripción gráfica de la fase de mezcla. Elaboración propia

## 5. Envasado



Se cuela para evitar impurezas y solidos precipitados

Se llenan los envases con un pichel y embudo

El operario adquiere posturas inadecuadas



Es la fase que requiere más tiempo de la producción



- Tonel= 4 litros por galón
- Garrafa= 3.8 litros por galón
- 0.2 litros de desperdicio por galón

### a) Factores involucrados

- Mezcla química
- Colador
- Pichel
- Envase
- Embudo

### b) Puntos críticos

- No existe control de calidad
- Existe un desperdicio de 0.2 litros por galón envasado.

### c) Oportunidades de diseño

- Diseño de llenadora
- Diseño de herramientas para llenar garrafas

Diagrama 5. Descripción gráfica de la fase de envasado. Elaboración propia

### C. Necesidad

Actualmente la empresa desea vender sus productos a clientes con mayor demanda, sin embargo esto no ha sido posible porque utilizan un método empírico de producción y no logran cubrir la demanda. Por este motivo desean mejorar su control de calidad, así como el tiempo de entrega de sus productos. Además, esta producción debe beneficiar al operario con la aplicación de medidas de seguridad industrial.

Según el análisis de la situación actual de la empresa se determinó que se necesita el diseño de equipo para mejorar el almacenamiento, dosificación, mezcla y envasado. De manera que se logre unificar el proceso de producción de la empresa. Con la finalidad de reducir tiempos y recorridos. Además de eliminar o reducir los desperdicios de material y se aumente la seguridad del operario durante el proceso.

## D. Usuario

Jóvenes guatemaltecos egresados de carreras técnicas. Han trabajado desde muy jóvenes y han estudiado para tener mejores oportunidades laborales. Están dispuestos a colaborar con distintos tipos de trabajo, según sea necesario y buscan crecer dentro de la empresa. Sus prioridades son el trabajo, familia y en ocasiones estudios. Prefieren recibir instrucciones claras y realizar tareas específicas dentro de la empresa, lo que les facilita trabajar en orden y sin presión.

### PERFIL SOCIO- DEMOGRÁFICO

Sexo: Masculino

Edad: Entre 20 y 30 años

Ocupación: Trabajador/ operario

Nivel de escolaridad: Diversificado/ técnico

Ingresos: Salario mínimo Q.2,500.00 mensuales

### PERFIL PSICOGRÁFICO

Intereses	Familia	Superación personal
	Estabilidad laboral	
Actividades	Trabajo	
	Estudios técnicos	
Cualidades	Están dispuestos a colaborar con diferentes tareas	
	Están interesados en aprender y permanecer dentro de la empresa	
Opiniones	Prefieren recibir instrucciones claras en el trabajo y realizar tareas específicas	
	No les gusta trabajar bajo presión	



Nacionalidad: Guatemalteca

Contexto: Urbano

Tabla 6. Perfil de usuario. Elaboración propia

## E. Análisis retrospectivo

La industria ha evolucionado grandemente desde la revolución industrial, tanto en relación a la productividad, como a los métodos y las condiciones laborales. Se comenzó con una mayor producción y división de trabajo, lo que llevó a la especialización. Durante esa época la calidad no era tan importante como la producción masiva, aunque sí se llegó a necesitar posteriormente una separación entre operarios y supervisores. En base a esto, en el contexto de la primera guerra mundial surgió la necesidad de estudios estadísticos y otras herramientas para mejorar tanto la productividad como la calidad del ambiente laboral.

Sin embargo, no fue hasta las décadas de 1940 a 1960 que se reconoció la importancia del control de calidad. En este periodo se llegó a mejorar competitividad de las empresas y la situación laboral. Finalmente en 1990 se fundó la Organización Internacional de la Estandarización, que rige en gran medida los estándares de calidad en la industria. (Baca, y otros, 2007) Además, en la actualidad existen normas nacionales e internacionales que velan por la seguridad laboral. En el diagrama 6 se muestra la evolución de estos factores en la industria a través del tiempo.

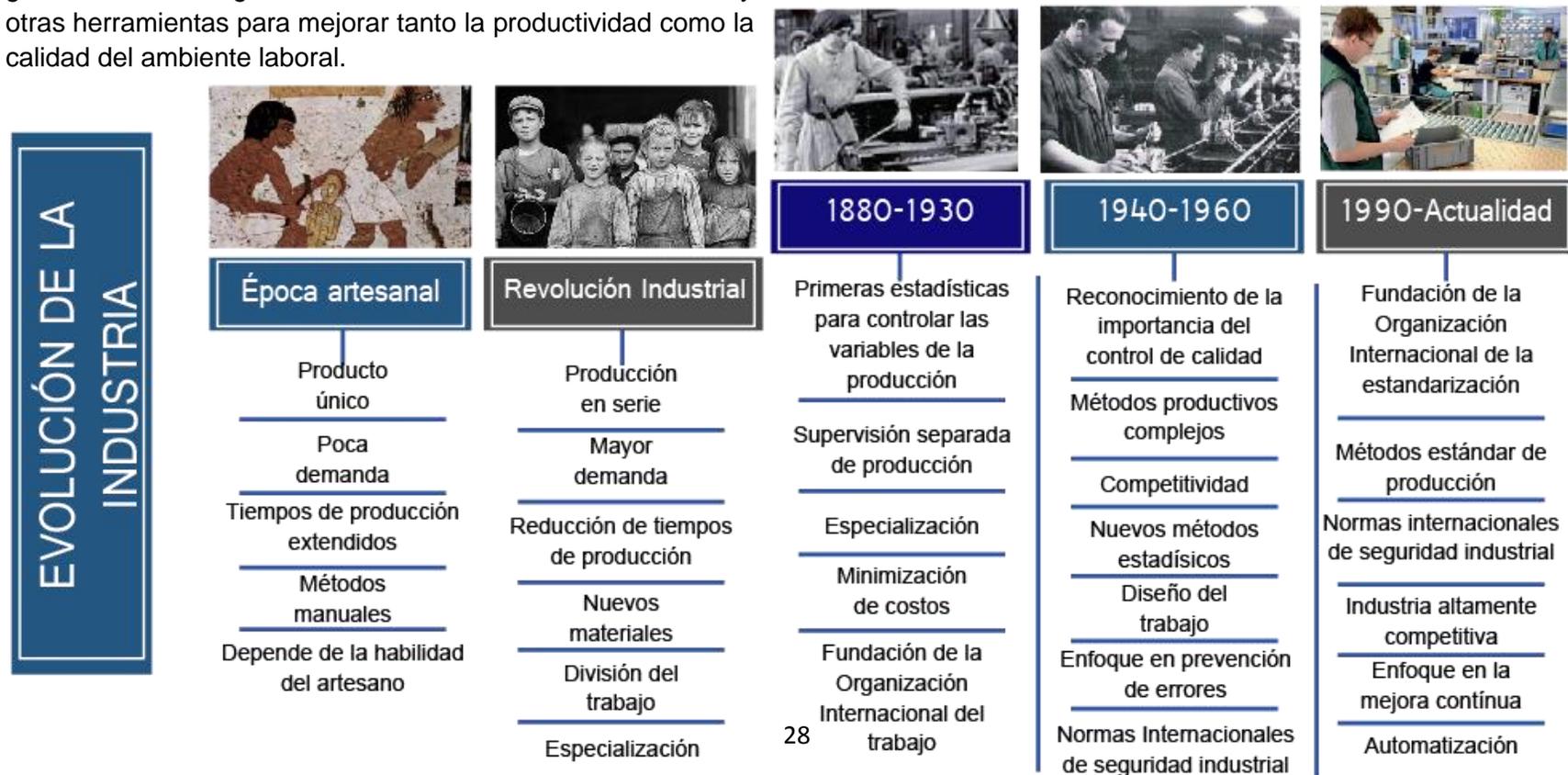


Diagrama 6. Evolución de la industria. Elaboración propia

## **F. Análisis de alternativas**

En la industria existe maquinaria estándar para la producción de químicos. Estas máquinas pueden ser automáticas o semi- automáticas, dependiendo de la cantidad de producto requerido y el tipo de proceso que quiera tener la empresa.

Las máquinas dosificadoras y envasadoras industriales son más exactas y eficientes. Las alternativas más completas forman parte de un proceso automatizado, lo que aumenta su costo, Esto no representa un obstáculo si se utiliza en una producción masiva porque se recupera la inversión rápidamente. La empresa necesita dosificar para producciones pequeñas y procesos discontinuos, por lo que usar estas máquinas equivaldría a un desperdicio de la capacidad productiva. Además requeriría un período más largo de tiempo para recuperar la inversión. Los materiales que utilizan, como el acero inoxidable, hacen a estas propuestas más aptas para su utilización con productos químicos.

Las mezcladoras o batidoras industriales para cocina son mejores para un proceso manual. Los mecanismos que utilizan son más simples y económicos. Además, se adaptan mejor al espacio en el que se colocará. Estas son alternativas más estéticas, portátiles y ergonómicas, aunque los materiales no son adecuados para los productos químicos y no pueden contener las cantidades de materia prima que utiliza la empresa. La tabla 7 describe los aspectos positivos, negativos e interesantes de las alternativas existentes en el mercado con características que se podrían adaptar a las necesidades de la empresa.

- Tabla de alternativas existentes

		POSITIVO	NEGATIVO	INTERESANTE
DOSIFICADORA VOLUMÉTRICA		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se puede variar la cantidad que dosifica con facilidad.</li> <li>- Tiene una gran precisión.</li> <li>- El operario no tiene contacto con la materia prima.</li> <li>- La puede manejar un solo operario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solo se puede dosificar un producto.</li> <li>- El operario debe sostener el contenedor y manejar la máquina manualmente.</li> <li>- Precio entre Q. 15,000.00 y Q. 55,000.00</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliza un método de pérdida de peso para una dosificación exacta.</li> <li>- El producto se puede almacenar en la tolva.</li> </ul>
ENVASADORA DE TORNILLO SIN FIN		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ocupa menos espacio.</li> <li>- Precio moderado entre Q. 6,000.00 y Q. 15,000.00</li> <li>- Se puede regular manualmente la cantidad deseada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispensa producto continuamente.</li> <li>- No se puede medir la dosis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El producto se puede almacenar en la tolva.</li> <li>- El mecanismo de movimiento puede ser manual o eléctrico.</li> </ul>
DOSIFICADORA Y MEZCLADORA		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dosifica y mezcla en un solo lugar.</li> <li>- Funciona automáticamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solo funciona para dosificación y mezcla de productos en polvo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se optimiza el espacio de trabajo</li> </ul>
DISPENSADOR DE ALIMENTOS		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se puede dispensar el producto manualmente.</li> <li>- Se instala en la pared o con una base.</li> <li>- Se pueden dispensar varios productos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los materiales no son adecuados para todos los químicos.</li> <li>- Se debe medir el producto después de dispensarlo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se ve el producto que hay adentro.</li> <li>- Es una solución más simple y estética.</li> </ul>

Tabla 7. Alternativas existentes productos en polvo. Elaboración propia

## **G. Análisis prospectivo**

### **1. Escenario Positivo**

La empresa cuenta con un dispositivo que resuelve las necesidades de su proceso productivo con los siguientes resultados:

- Seguridad Industrial

El operario puede realizar sus labores de una forma segura de acuerdo a las normas nacionales e internacionales para la manipulación de productos químicos. No tiene contacto directo con los químicos durante la etapa de mezcla y envasado.

- Control de calidad:

La mezcla es continua, por lo que se ha reducido el tiempo en esta etapa. Esto permite a la empresa cubrir la demanda de más clientes, y recuperar la inversión realizada. Ya no existen desperdicios en esta área, por lo que la empresa tiene un ahorro en compra de materia prima. Además la cantidad de producto envasado es siempre exacta, por lo que ya no hay descontentos por parte de los clientes.

Las mejoras que ha implementado la empresa en su proceso productivo han tenido como resultado un aumento en su productividad por medio de la optimización de tiempo y recursos. Esto les permite

cumplir con su misión de brindar productos de la mejor calidad a la vez que pueden cubrir la demanda de clientes más grandes. Continuando con esta política de innovación la empresa podrá mejorar su nivel en el mercado.

### **2. Escenario Negativo**

En el caso que el dispositivo no logre cumplir con los requerimientos planteados se deberá encontrar soluciones a corto plazo para cada falla encontrada:

Si no es práctico ni cómodo para el usuario, se deberá revisar las medidas utilizadas y adaptar las piezas para que se acomoden correctamente al usuario. Si existe un contacto directo del químico con la piel y vías respiratorias del operador, se podrá recurrir a otras medidas, como equipo de protección personal.

En caso de que los tiempos no se reduzcan ni permanezcan sino que aumenten se deberá considerar una redistribución de la planta. Si además existen desperdicios similares o mayores se deberán replantear las unidades de medida y métodos de medición implementados. De igual manera, se deberán medir los cambios para identificar si no representan una inversión innecesaria para la empresa. De esta forma se logrará evitar un gasto mayor de la inversión realizada en la optimización del proceso productivo de la empresa.

## V. DISEÑO INDUSTRIAL

El diseño industrial es el conjunto de disciplinas que se dedica a la concepción de objetos producidos en serie, tomando en cuenta su funcionalidad y estética en un contexto específico. Involucra la utilización de técnicas y análisis para que la producción de los mismos beneficie no solo al consumidor y usuario sino a la empresa que lo fabrica. Los beneficios de esta última se miden en términos de productividad.

#### A. Producción en serie

El objetivo de aumentar la productividad es que la empresa sea más rentable y como consecuencia más competitiva en el mercado. En este sentido, el diseño industrial no solo se enfoca en los objetos sino en el diseño de un proceso para la producción en serie, optimizando los recursos y tomando siempre al ser humano como el objetivo central. Este tipo de producción, más que a la cantidad de objetos producidos se refiere al método. Eso significa que, aunque se produzcan pocas unidades, existe una posibilidad de repetir el mismo producto con las mismas características y bajo las mismas condiciones. (Gay & Samar, 2004)

#### 1. Control de calidad

A lo largo de la historia se han desarrollado técnicas para controlar que las características de los productos cumplan con ciertos estándares que garantizan que el consumidor/ usuario estará satisfecho. A esto se le llama calidad, por lo que en cuanto más cumpla con las características, mejor calidad se puede decir que tiene un producto. Estas características las define la empresa en base a los requisitos de los clientes. (Gutiérrez Pulido, 2010) Para identificar la percepción de los clientes se realizó una encuesta (Anexo C) en la que se encontraron los siguientes resultados:

- **Tiempo de entrega:** Aunque el tiempo de entrega se califica como adecuado en la encuesta, el operario indicó en una entrevista que no tiene suficiente tiempo para producir pues se acumulan los pedidos. Lo que tiene como consecuencia que no pueda prestar mucha atención a la calidad del producto.

- **Color:** Como consecuencia del punto anterior, los productos no tienen siempre el mismo color. Esto es otro punto que comentaron los clientes como falta de calidad.
- **Cantidad de producto envasado:** Los clientes perciben que los envases no tienen siempre la misma cantidad.

Los problemas durante el proceso productivo pueden tener más de una causa. Para identificar las causas raíces se propone utilizar el diagrama desarrollado por el Dr. Kaoru Ishikawa, conocido también como diagrama de causa y efecto. Se muestra gráficamente la relación entre los factores involucrados en torno a un problema específico. (Baca, y otros, 2007)

En el diagrama 7 se analiza el problema de calidad en los productos de la empresa, tomando como base las variables de mano de obra, método, equipo y espacio. A partir de estas se muestran efectos menores a la izquierda y sus causas directas a la derecha.

Se puede observar que casi todas las variables o causas menores son consecuencia de un equipo inadecuado o la inexistencia del mismo.

Diagrama De Ishikawa

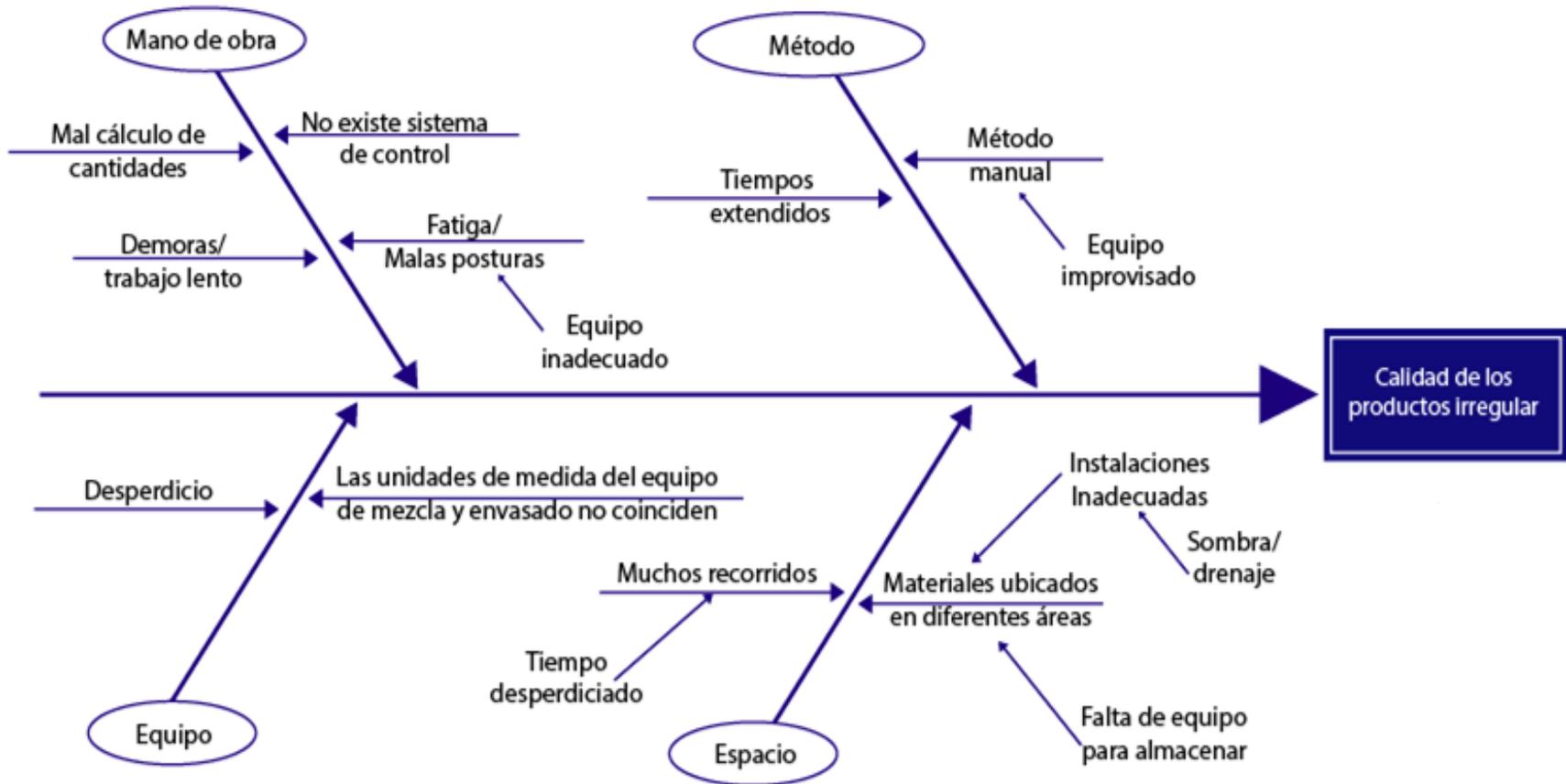


Diagrama 7. Diagrama de Ishikawa aplicado a la empresa. Elaboración propia

## 2. Medición del trabajo y productividad

El estudio de las causas es entonces un indicador del problema que se debe analizar más a fondo. Para esto se puede llevar a cabo un estudio de métodos. El cual determina cómo se realiza un trabajo, tiempos específicos, y si se necesita uno o más operarios. Se llevan registros detallados de los procesos, que se pueden representar en diagramas de operación y de recorridos.

Los diagramas 8 y 9 representan gráficamente los pasos y tiempos del proceso productivo actual. El primero muestra el orden general de producción y el segundo la secuencia de operaciones. Los datos han sido tomados en base a un video tomado de una producción de 40 galones (4 unidades), utilizando cuatro componentes de materia prima:

- 4 libras Componente A
- 3 libras Componente B
- 2 litros Componente E
- 1 litro Componente F

Ambos diagramas siguen la secuencia de la siguiente lista de operaciones:

1. Preparar área
    - 1.1. Colocar equipo de protección y revisar fórmula (0:55)
    - 1.2. Lavar un tonel con agua y jabón (2:30)
    - 1.3. Llenar con agua hasta el nivel deseado (3:36)
    - 1.4. Demora 0:36
  2. Componente A
    - 2.1. Pesar (0:56)
    - 2.2 Transportar (0:57)
    - 2.3 Incorporar a la mezcla (0:36)
  3. Componente B
    - 3.1. Pesar (0:22)
    - 3.2. Transportar (0:30)
    - 3.3 Revisar fórmula (0:05)
    - 3.4. Incorporar a la mezcla (1:03)
  4. Componente C
    - 4.1. Pesar (0:58)
    - 4.2. Transportar (0:30)
    - 4.3 Incorporar a la mezcla (1:40)
  5. Componente D
    - 5.1. Pesar (0:20)
    - 5.2. Transportar (0:15)
    - 5.3 Incorporar a la mezcla (6:00)
  6. Envasado
    - 6.1. Colocar el colador y embudo (0:20)
    - 6.2. Llenado 4 garrafas (4:32)
    - 6.3. Demora por cambio (0:32)
  7. Sellar 4 garrafas (0.55)
  8. Producto terminado
- TOTAL 23.47 minutos

## Diagrama de Flujo del Proceso Productivo

Empresa: Surtiquímica Internacional, S.A.

Fecha: 20/02/2014

Descripción: Proceso productivo para químicos de tratamiento de agua y calderas

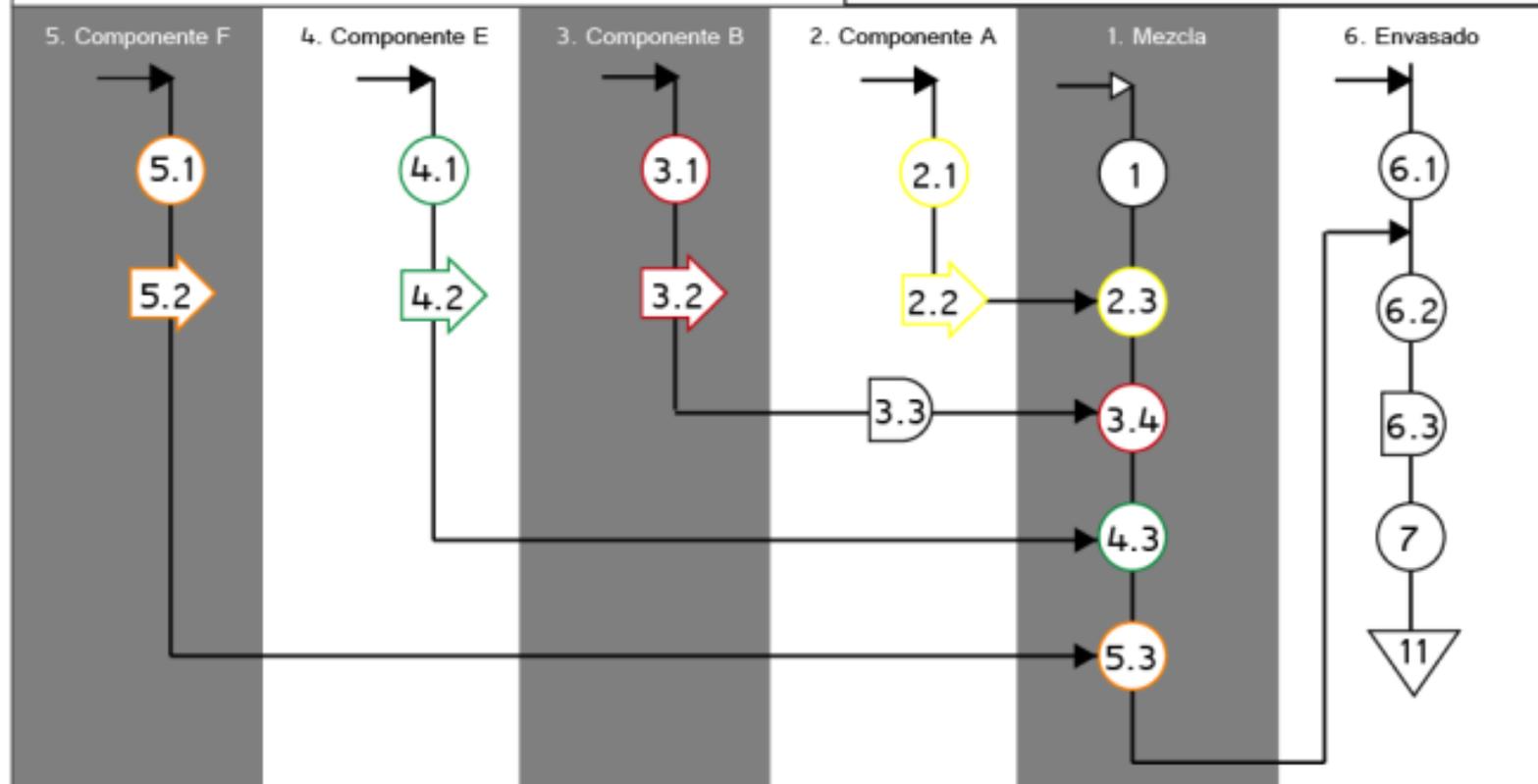
Tipo de Proceso: Actual

Elaborado por: Mónica Waleska Sandoval Mejía

Departamento: Producción

Clave de colores

● Componente A   
 ● Componente B   
 ● Componente C   
 ● Componente D



Símbolos:

○ Operación, 
 D Demora, 
 □ Inspección, 
 ➔ Transporte, 
 ▽ Almacenar

Diagrama 8. Diagrama del proceso general. Elaboración propia

Diagrama de Flujo analítico del Proceso Productivo					Resumen					
Empresa: Surtiquímica Internacional, S.A. Descripción: Proceso productivo para químicos de tratamiento de agua y calderas Tipo de Proceso: Actual Elaborado por: Mónica Waleska Sandoval Mejía Departamento: Producción Fecha: 04/09/2014					Operación: 20.47 mins. Transporte: 2.13 mins. Demoras: 0.47 mins. Inspecciones: Almacenajes Tiempo total: 23.47 mins. Distancia: 24 metros					
Descripción	Cantidad	Distancia metros	Tiempo mins.	Símbolo					Observaciones	
				○	➡	D	□	▽		
1.1. Operación			0:55							
1.2. Operación			2:30							
1.3. Operación			3:36							
1.4. Demora			0:36							
2.1. Operación			0:56							
2.2 Transporte		6 metros	0:57							
2.3 Operación			0:36							
3.1. Operación			0:22							
3.2. Transporte		6 metros	0:30							
3.3 Inspección			0:05							
3.4. Operación			1:03							
4.1. Operación			0:58							
4.2. Transporte		6 metros	0:30							
4.3 Operación			1:40							
5.1. Operación			0:20							
5.2. Transporte		6 metros	0:15							
5.3 Operación			6:00							
6.1. Operación			0:20							
6.2. Operación			4:32							
6.3. Demora			0:32							
7. Operación			0:55							
8. Almacenamiento			0:00							

Diagrama 9. Descripción detallada del proceso. Elaboración propia

En el diagrama 10 se muestra gráficamente el recorrido que realiza el operario actualmente durante todo el proceso de producción. Este recorrido se repite entre tres y seis veces durante todo el proceso. La división se realizó anteriormente de esta manera para que el área de mezcla y envasado esté cerca de una fuente de agua.

Se muestra también que al trasladar el área de mezcla y envasado al otro lado de la planta, se puede reducir el recorrido, aprovechando una fuente de agua externa que se indica en el plano. Actualmente no se cuenta con el equipo necesario para realizar ese cambio, pues en el área propuesta no hay sombra y se exponen los materiales a los cambios climáticos.

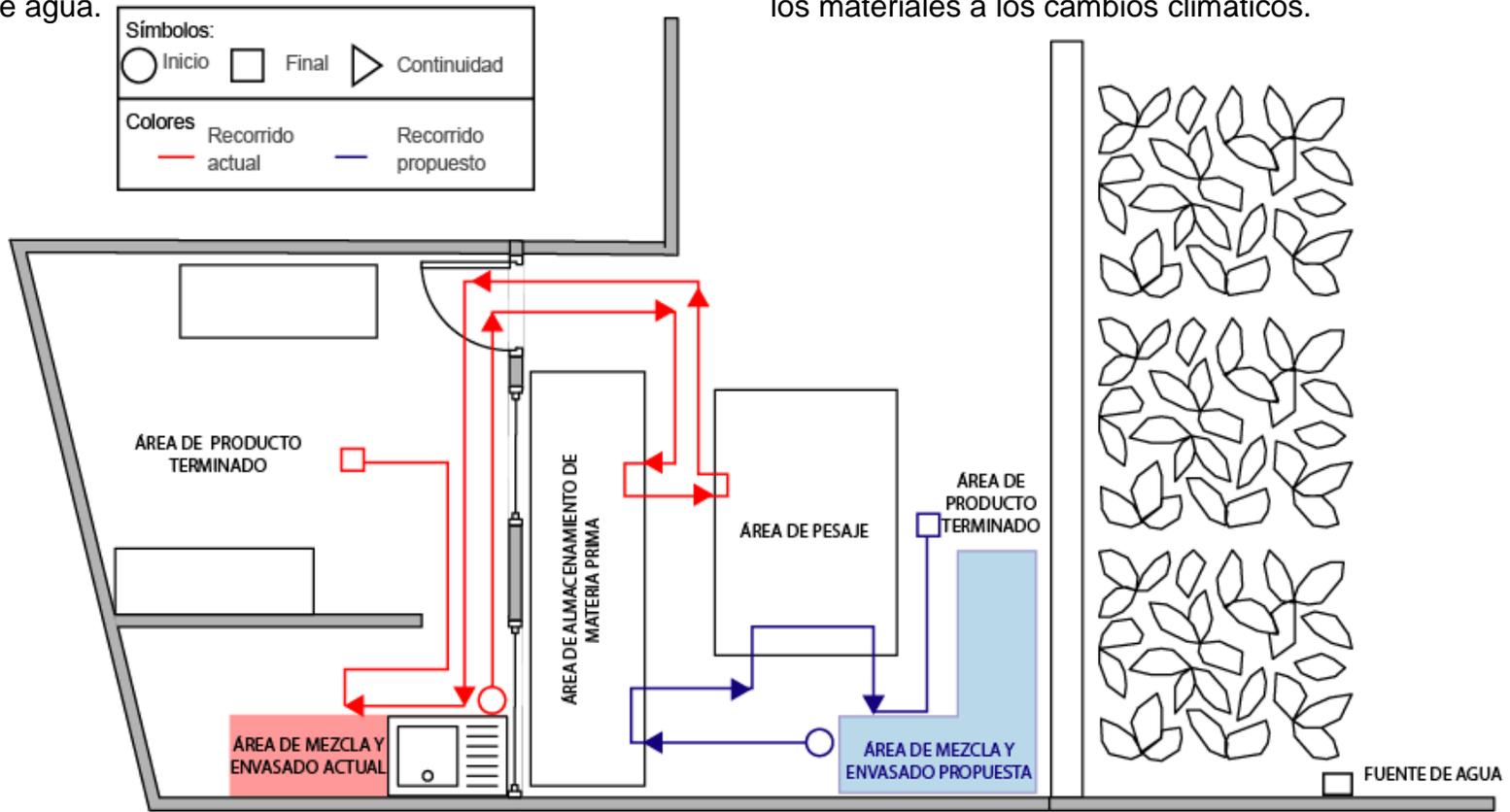


Diagrama 10. Análisis de recorridos sobre plano de la planta. Elaboración propia

En base a los diagramas presentados anteriormente se puede concluir lo siguiente:

- La distribución de la planta puede tener un efecto significativo sobre la cantidad de recorridos y tiempos durante el proceso.
- Esta distribución depende directamente del equipo que se usa para la producción, el cual no es adecuado actualmente.
- Los tiempos y recorridos repetitivos, así la utilización del equipo inapropiado puede tener como consecuencia una falta de productividad

La productividad de una empresa se puede medir en cuanto a eficiencia y eficacia. La primera es la relación entre los productos terminados y los recursos utilizados. Se logra optimizando los recursos y reduciendo los desperdicios. Por otro lado, la eficacia es el grado en que se alcanzan los objetivos planeados y se miden los recursos utilizados para lograr los objetivos. (Gutiérrez Pulido, 2010)

A continuación se analiza la eficiencia del proceso productivo en base al efecto económico de los desperdicios de producto terminado y las horas hombre empleadas.

<b>CÁLCULO DE DESPERDICIOS</b>
<b>Unidades producidas por mes</b> 115 unidades
<b>Desperdicio generado por unidad</b> 0.05 unidades
<b>Costo aproximado por unidad</b> Q. 180.00
<b>Costo de desperdicio por unidad</b> $Q.180 \times 0.05 = Q.9.00$
<b>Costo total de desperdicio mensual</b> $115 \times Q.9.00 = Q. 1,035.00$
<b>CÁLCULO DE TIEMPOS (HORAS/HOMBRE)</b>
<b>Unidades producidas por mes</b> 115 unidades
<b>Cantidad de horas/hombre trabajadas por mes</b> 80 horas/mes= Q. 15.63 / hora
<b>Horas/hombre promedio por unidad producida</b> $80h/115u = 0.69 h/u = Q. 10.78$

Tabla 8. Análisis de productividad. Elaboración propia

La productividad de una empresa se puede mejorar con la optimización de sus recursos físicos, económicos o materiales. Al hacerlo se puede tener como resultado un ahorro económico como el mostrado en las tablas anteriores. No obstante, no se puede optimizar completamente si el ambiente de trabajo no es adecuado para el usuario. El factor humano, además de los materiales y equipos, es un recurso indispensable para algunos procesos. El diseño industrial debe incluir entonces entre sus prioridades la adecuación de los objetos al ser humano durante el proceso y no en el sentido contrario. La teoría del diseño centrado en el usuario define las bases sobre las que se debe actuar para que el usuario tenga la mejor experiencia posible durante la utilización de un producto.

### **B. Diseño Centrado en el usuario**

El Diseño Centrado en el Usuario se enfoca en el estudio de las necesidades e intereses del ser humano en cuanto al uso de un producto en un momento y contexto específico. Norman (1990) explica que como resultado se obtiene un producto “utilizable y

comprensible”. De manera que no es necesario recibir instrucciones sino que se entiende por su propia naturaleza, respetando por las limitaciones del mundo y del usuario. El autor plantea siete principios para este tipo de diseño:

#### **1. Utilizar tanto el conocimiento en el mundo como el conocimiento en la cabeza:**

El funcionamiento de cada parte debe ser observable y tener coherencia. Esto significa que la imagen del objeto o sistema debe transmitir por sí mismo su función, por medio de la apariencia física, su funcionamiento, reacciones a las acciones del usuario y los manuales. De esta manera, las relaciones entre las intenciones del usuario y la acción lograda, así como el estado del sistema y las interpretaciones serán las adecuadas.

## 2. Simplificar la estructura de las tareas:

Se debe reducir la cantidad de planificación y resolución de problemas que requiere cada tarea mediante la simplificación de las mismas. Aquí entra la memoria del usuario, al que debe respaldarse con indicaciones en el lugar para evitar errores en el momento de realizar acciones. Por ejemplo, si es necesario que se recuerde más de cinco cosas, debe haber indicadores que recuerden la tarea y procedimiento a realizar. Otro factor importante es evitar las interrupciones y proveer elementos auxiliares para recuperar la información del estado actual del sistema. El autor plantea que la tecnología puede ser un factor importante para reducir la carga mental del usuario de cuatro formas:

- Utilizando auxiliares mentales sencillos como notas o rótulos
- Haciendo visible lo que de otra forma sería invisible, como el estado del motor de un vehículo

- Automatizar, sin cambiar la naturaleza de la tarea o quitar el control totalmente del usuario.
- Modificar el carácter de la tarea, eliminando acciones complejas y reemplazándolas con innovaciones más simples

## 3. Hacer que las cosas sean visibles

El usuario debe saber lo que es posible hacer, cómo hacerlo y los resultados que obtendrá. También que lo que tenga importancia en el funcionamiento se logre ver con facilidad. Como consecuencia, cualquier cosa visible al usuario debe indicar adecuadamente su uso, sin confundirlo. Los usuarios deben poder interpretar la información exactamente como el diseñador lo ha pensado, y esto se logra nuevamente por la apariencia física del objeto. Las herramientas para lograrlo son las “topografías” de los objetos.

#### **4. Realizar bien las topografías:**

Esto también se puede entender como la compatibilidad de reacción o la analogía entre los controles, acciones a tomar y la respuesta esperada. Se logra haciendo que la relación espacial y movimiento de los controles tenga compatibilidad con la acción a realizar. Además, el usuario debe obtener una retroalimentación de sus acciones para saber el resultado obtenido. Por ejemplo, al presionar un botón se enciende una luz y comienza el funcionamiento de una máquina.

#### **5. Explotar la fuerza de las limitaciones:**

En este caso se limita al usuario para que vea solo una forma posible de hacer las cosas. Las limitaciones pueden ser naturales o artificiales. Se puede usar por ejemplo la forma de los objetos para que sea difícil realizar una tarea que no cualquiera debe hacer. Como resultado, las personas no se acercarán a menos que conozcan previamente su funcionamiento.

#### **6. Diseñar dejando un margen de error:**

Se debe considerar que los usuarios pueden cometer errores. Los cuales no se deben combatir, sino dar apoyo al usuario para que pueda revertirlos. También se puede considerar hacer más difíciles las acciones que pueden ser irreversibles. De esta forma se logrará una retroalimentación y aprendizaje por parte del mismo.

#### **7. Cuando todo lo demás falla, normalizar:**

Finalmente, el autor explica que cuando las tareas no se pueden diseñar utilizando los recursos anteriores se puede normalizar. Esto significa que todo lo se haga de la misma manera. La ventaja de esto es que la tarea debe aprenderse solamente una vez. Como resultado se puede obtener una mejor eficacia en su uso. Esta normalización en algunos casos ya existe, por ejemplo las normas ISO.

Estos principios se pueden aplicar a cualquier producto o sistema. Con la finalidad de obtener los mismos resultados cuando lo use cualquier persona del grupo objetivo. Además del funcionamiento general de un

sistema se busca explorar a fondo las necesidades, gustos, intenciones, etc. de los usuarios. Un mapa de empatía como el mostrado a continuación es una herramienta útil para identificar estos aspectos.

Se han ingresado los datos de una entrevista realizada al operario que trabaja actualmente en la empresa. Se puede observar que existe una buena disposición al trabajo y a los cambios que se podrían realizar al proceso. Por otra parte, su disposición al trabajo se puede ver afectada por la presión del tiempo y el poco control que tiene sobre el producto que hace.

Además de los aspectos generales que deben existir en un sistema y los intereses del grupo objetivo, es importante considerar el aspecto físico. Esto más que la forma se refiere a las medidas, tamaños y formas que hacen que un puesto de trabajo sea más cómodo para el usuario. Permitiendo una mejor eficiencia del mismo durante las horas laborales. Los aspectos a considerar son definidos por la ergonomía.

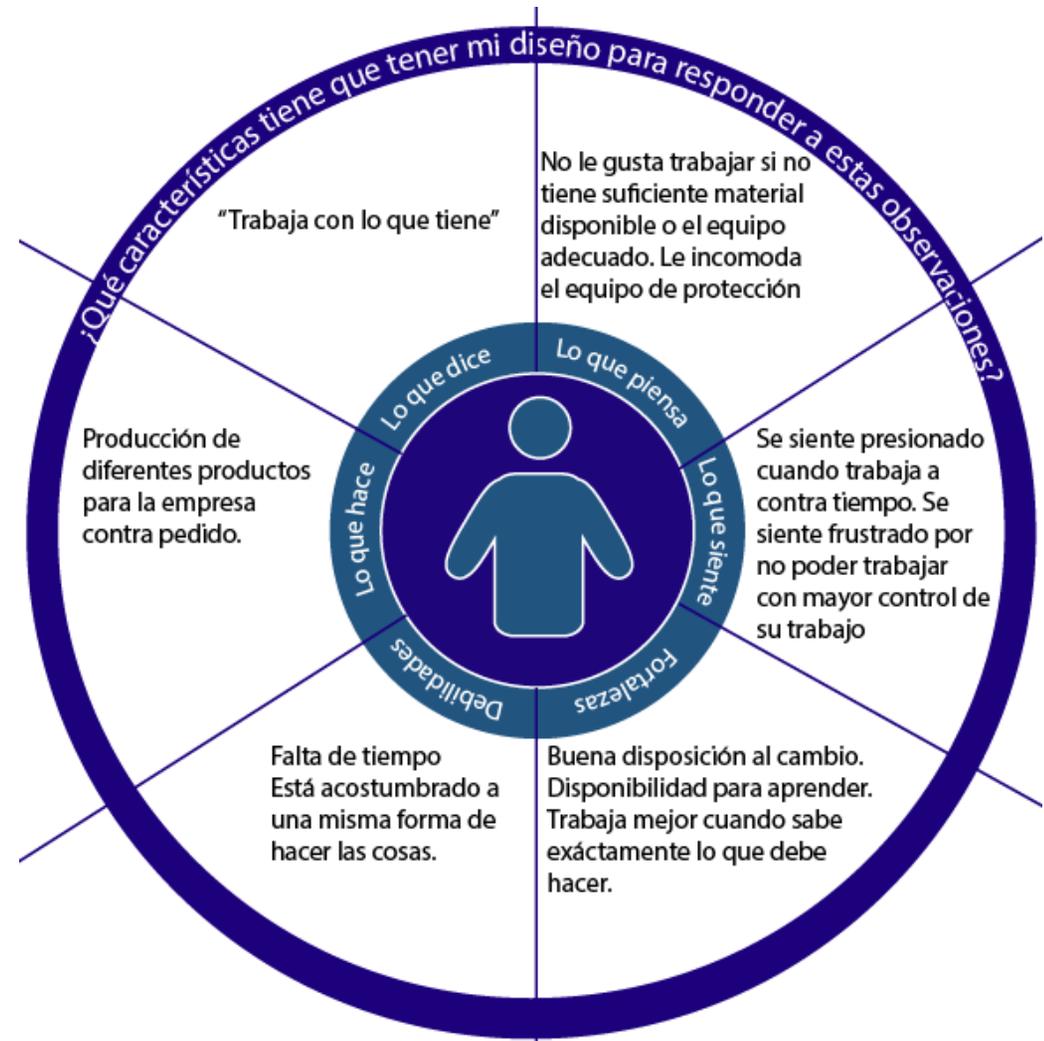


Diagrama 11. Necesidades del usuario. Elaboración propia

### **C. Ergonomía en los puestos de trabajo**

El diseño de un proceso productivo aparte de la optimización de recursos como espacio y equipo, involucra al ser humano como un elemento clave. Éste determina o controla en mayor o menor medida el funcionamiento del proceso. Por ello, es sumamente necesario tomar en cuenta esta relación como un sistema completo. Se puede describir este sistema como el resultado de la interacción entre una o más personas con una o más máquinas con “un objetivo determinado, dentro de un ambiente.” (Mondelo, Gregori, & Barrau, 1994) En este sentido, se diseña el sistema según las “limitaciones” que establece el ser humano en cuanto a percepción, respuesta, motricidad, etc.

La ergonomía plantea las bases para el estudio de estas relaciones. Mondelo cita a Wisner (1973) para definirla como “el conjunto de conocimientos científicos relativos al hombre y necesarios para concebir útiles, máquinas y dispositivos que puedan ser utilizados con la máxima eficacia, seguridad y confort”. Se puede decir entonces, que la aplicación de la ergonomía en el diseño

de un sistema hombre-máquina tiene como resultado el aumento de seguridad, productividad y calidad de vida para un operario en su ambiente laboral. Lográndolo por medio de la aplicación de medidas, rangos de movimiento y objetos como controles o visualizadores ya estudiados y definidos. A continuación se detallan los estudios y especificaciones para el diseño de un sistema hombre-máquina para una estación de trabajo como la que se plantea en este proyecto.

#### **1. Elección del tipo de trabajo y consideraciones**

El primer paso para las disposiciones de un área de trabajo es determinar la postura adecuada para el tipo de trabajo a realizar. Ésta se elige en base a las cargas que maneja, el espacio disponible, la movilidad, etc. Las posturas pueden ser de pie, sentado o una combinación de ambas, para elegir la adecuada, Mondelo recomienda el árbol de decisiones mostrado en la imagen 17.

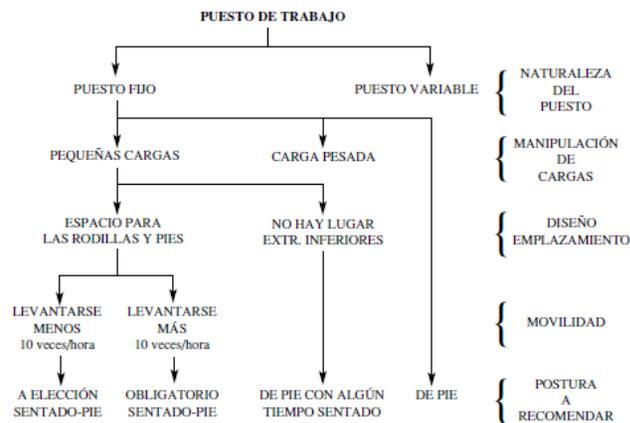


Imagen 17. Árbol de decisiones, (Mondelo, Gregori, & Barrau, 1994)

El tipo de tareas que llevará a cabo un operario también determina la distribución de la maquinaria, herramientas y controles en el puesto de trabajo. Esto es para evitar la fatiga del operario cuando trate de alcanzarlos, pues cuando aumenta la distancia también aumenta el esfuerzo muscular, el control y tiempo de operación. Además, las superficies deben tener ciertas medidas que permitan al usuario moverse libremente.

## 2. Controles

Del análisis de las tareas que llevará a cabo un operario se deduce el tipo de controles más apropiados.

Es importante la forma y modo de funcionamiento de los controles, así como los dispositivos de indicación que los acompañan. Para el caso analizado se pueden destacar las siguientes características:

- En este caso se requiere precisión para una dosificación sin carga, por lo que se debe realizar con las manos.
- El indicador se ubica cerca de la altura de los ojos, como se ve en los diagramas anteriores.
- Los controles con funciones similares deben estar ordenados de manera que el usuario entienda su secuencia u operación simultánea.
- Deben ser compatibles con las expectativas típicas o habituales. Se entiende por abrir un valor un movimiento contrario a las agujas del reloj y en cerrarlo en el sentido a favor de las mismas. Encendido al presionar un botón.
- Los mangos y agarres deben tener la mayor superficie de contacto para minimizar la presión unitaria de la mano.

- Los mangos deberán contar con un mínimo de 4 pulgadas de largo y 1.5 de diámetro para agarres de fuerza.
- Manivela o volante de mano: Para parámetros precisos de 5 a 8 pulgadas de radio. Por fuerza mínimo 13 mm.
- Palanca: Lateral con una mano, 10 a 19 pulgadas hacia adelante.
- Botón: Operaciones con el dedo/ yema/ punta de los dedos.

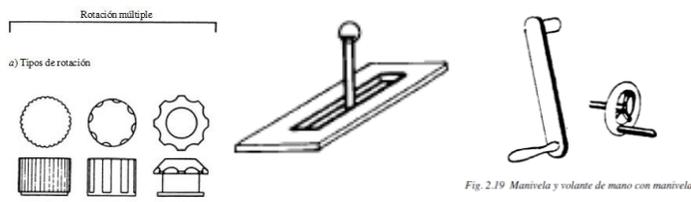


Imagen 18. Controles. (Mondelo, Gregori, & Barrau, 1994)

### 3. Medidas y espacios recomendados

Los controles aunque sean los indicados no funcionan correctamente si la superficie de trabajo no es la adecuada. La ubicación adecuada se determina en

relación a la altura de los codos con los brazos colgando de forma natural y flexionados a 90°. (Niebel & Freivalds, 2009) Idealmente las superficies deberían ser ajustables para diferentes tipos de trabajo, aunque es poco práctico y más costoso, por lo que se recomienda determinar antes del diseño las tareas a ejecutar. Para tareas más pesadas la superficie de trabajo puede estar ubicada aproximadamente 20cm más abajo para que se genere más fuerza con el brazo.

Si el usuario debe realizar tareas más detalladas, la superficie puede ubicarse 20cm por encima de la altura del codo, de manera que entre en el mejor rango visual del usuario. Si el operario trabajará de pie debe haber un espacio libre para las rodillas y pies. Además, los autores recomiendan el uso de tapetes anti-fatiga y bancos industriales, lo que reduce la fatiga del operario al estar tanto tiempo de pie. La imagen a continuación describe algunas medidas y ángulos estándar que se deben aplicar para un puesto de trabajo de pie con pequeñas cargas.

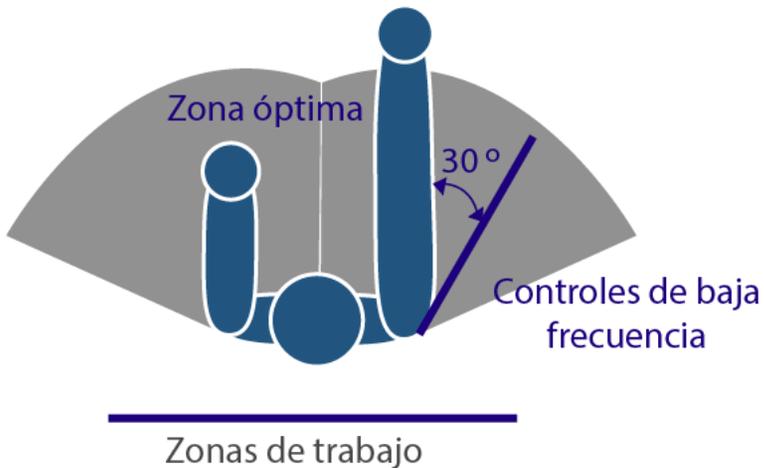
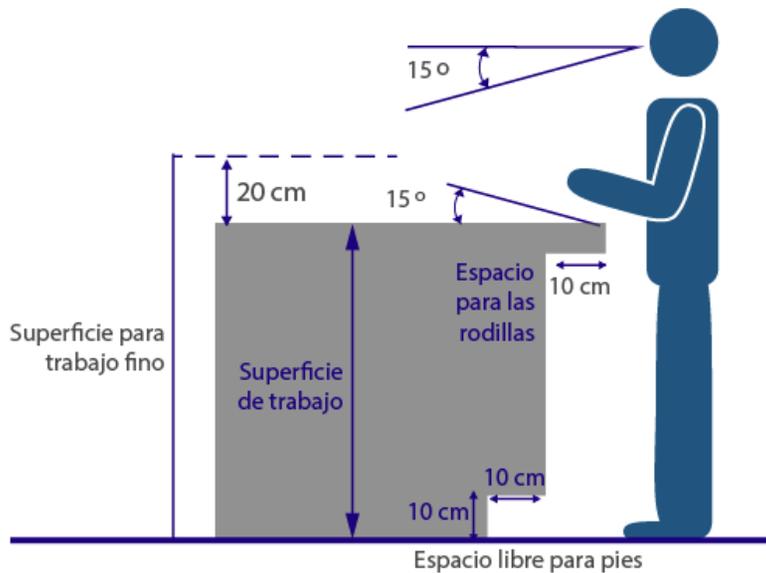


Imagen 19. Medidas y espacios recomendados. Elaboración propia en base a imagen de Niebel & Freivalds, 2009

#### 4. Ángulos y alcances de confort

Además de las medidas estándar, para el diseño se debe tomar en cuenta que los rangos de movimiento a utilizar no son lo máximos de las articulaciones. En este caso, conviene conocer los ángulos de confort dentro de los cuales el trabajo puede ser más fácil, liviano y seguro. Por ejemplo, los movimientos de torcido se hacen con los codos flexionados porque en esa posición los músculos pueden producir mayor fuerza.

También se debe considerar que la muñeca esté estirada en su posición neutral durante las operaciones, para evitar pérdida de fuerza y con el tiempo el síndrome del túnel carpiano. En este sentido, se limita la ubicación de los controles y herramientas dentro de los alcances mínimos, máximos y ángulos indicados en los siguientes diagramas.

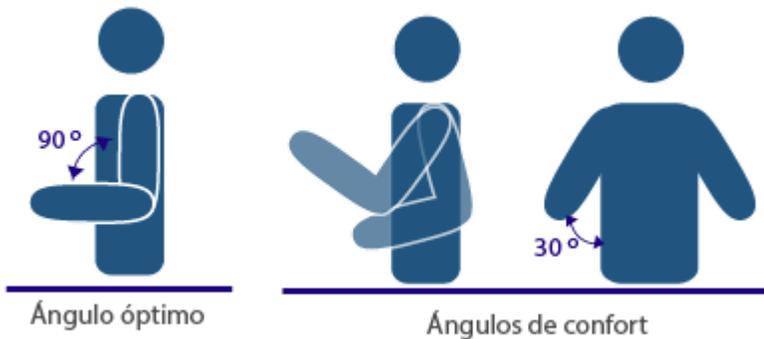


Imagen 20. Medidas y espacios recomendados. Elaboración propia en base a imagen de Niebel & Freivalds, 2009

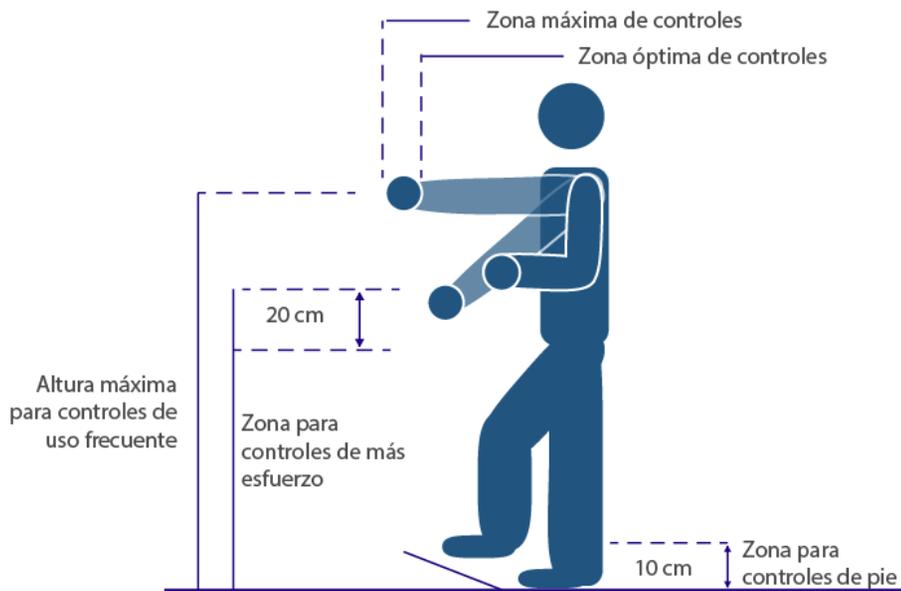


Imagen 21. Medidas y espacios recomendados. Elaboración propia en base a imagen de Niebel & Freivalds, 2009

## 5. Evaluación del puesto de trabajo

La evaluación de la ergonomía en un puesto de trabajo se puede llevar a cabo mediante la observación de las posturas del operario. Una herramienta para hacerlo es el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) creado por el Dr. Lynn McAtamney y E. Nigel Corlett en 1993 para la evaluación rápida de los esfuerzos realizados a causa de las posturas de los operarios durante sus actividades laborales. (Riesgolab) El método indica ángulos preestablecidos que representan mayor o menor esfuerzo para los operarios, calificados en una escala de 1 a 4 y se divide en tres partes, tomando los siguientes ángulos como los adecuados:

- Extremidades superiores
  - ✓ Antebrazo entre  $60^{\circ}$  y  $100^{\circ}$  de flexión
  - ✓ Muñeca en posición neutra
  - ✓ Brazo entre  $20^{\circ}$  de flexión y  $20^{\circ}$  de extensión (sin rotación ni hombro elevado)
- Extremidades inferiores

- ✓ Tronco, bien apoyado, con un ángulo tronco-caderas de  $90^{\circ}$
- ✓ Tronco no rotado ni lateralizado
- ✓ Sentado o parado con el peso distribuido entre las dos piernas
- Actividad muscular y fuerzas ejercidas
  - ✓ Actividad dinámica, ocasional o no duradera
  - ✓ Fuerza menor a 2 kg realizada intermitentemente

A continuación se presenta un análisis del puesto de trabajo del caso analizado. Tomando como base los ángulos preestablecidos por el método RULA. Se muestran los pasos en los que se observan problemas de postura, especialmente en el tronco y brazo, pues la muñeca se encuentra en posición neutra y las fuerzas se distribuyen equitativamente en las dos piernas.



Tabla 9. Evaluación ergonómica. Elaboración propia



Tabla 10. Evaluación ergonómica. Elaboración propia



<p><b>Tareas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mezcla</li> <li>- Envasado</li> </ul>	<p><b>Posición del tronco</b></p> <p>Tronco flexionado entre 21 y 60 grados</p> <p>Tronco lateralizado</p>
---	--

Tabla 11. Evaluación ergonómica. Elaboración propia

En base a las medidas estudiadas y el análisis de ángulos en el puesto de trabajo se puede concluir que se necesita una adecuación del mismo a las necesidades del usuario. Las posturas que se adquieren actualmente pueden tener efectos a futuro, por lo que se presenta una oportunidad de mejora. La etapa del proceso donde hay más repetición de posturas inadecuadas es la de dosificación. Esto porque se tiene que agachar cada vez que saca químico de los sacos. Tomando en cuenta que son seis productos en sacos y que se agacha por lo menos dos veces con cada uno, se convierte en uno de los principales puntos críticos de la producción. Por otra parte, las cargas que maneja no son muy grandes, por lo que únicamente se debe resolver la posición en la que se coloque el producto.



<p><b>Tarea</b></p> <p>Dosificación</p>	<p><b>Posición del tronco</b></p> <p>Tronco flexionado más de 60 grados</p> <p>Tronco lateralizado</p>
---	--

Tabla 12. Evaluación ergonómica. Elaboración propia en base a método RULA. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

Los diagramas presentados representan una guía para determinar las dimensiones que deberá tener un puesto de trabajo. También se puede elegir con mayor fundamento el tipo de controles que se deben utilizar según la tarea que se desea diseñar. Además, el método

RULA funciona como una herramienta práctica para la evaluación del puesto de trabajo.

En el momento de diseñar se debe tomar en cuenta para quién está destinado. Pues se puede diseñar para los extremos, para la ajustabilidad o para el tamaño promedio. Las medidas de los grupos objetivos pueden variar mucho de un lugar a otro. Por eso, se realizan estudios antropométricos de las poblaciones según sea el caso analizado.

#### D. ANTROPOMETRÍA

Un espacio de trabajo, producto o maquinaria deben estar diseñados de manera que cualquier persona del grupo objetivo al que va dirigido lo pueda utilizar, sin importar si es de mayor o menor estatura, peso, etc. Estas dimensiones generales varían mucho entre los segmentos poblacionales, por lo que no se pueden utilizar las mismas medidas para todos los diseños. Por ejemplo, las dimensiones de una motocicleta no pueden ser las mismas para un país europeo que para uno latinoamericano o asiático. Para esto se realizan estudios antropométricos del segmento al que va dirigido un producto.

En estos estudios se toman las dimensiones del cuerpo necesarias a una muestra poblacional según el proyecto a realizar. Luego, se selecciona una media o ciertos percentiles para determinar las dimensiones que deberán tener un producto, máquina o espacio de trabajo. A continuación se detalla el estudio antropométrico realizado a 15 alumnos de cursos técnicos del Instituto Técnico de Capacitación y

Productividad. Se seleccionó esta muestra en base a la segmentación poblacional de las personas que podrían desempeñar el trabajo en cuestión y se comparó con las medidas del estudio antropométrico de trabajadores industriales realizado por Ávila, Prado y González (2001). Los percentiles y medidas que se podrían utilizar según el diseño están resaltados en color azul en las categorías:

- Estatura
- Altura ocular
- Alcance vertical
- Altura al codo
- Altura al hombro
- Alcance frontal del brazo
- Alcance lateral
- Largo de mano

Tabla de estudio antropométrico

Tabla de estudio antropométrico								
Grupo de estudio: Alumnos de cursos técnicos Instituto Técnico de Capacitación y Productividad				Rango de edades: 18 a 53 años Sexo: Masculino		Tomado en: Ciudad de Guatemala	Elaborado por: Waleska Sandoval	Fecha: 13/9/2014
Medida/ percentil	Estatura	Altura ocular	Alcance vertical	Altura al codo	Altura al hombro	Alcance frontal del brazo	Alcance lateral	Largo de mano
	A	B	C	E	F	G	I	K
95	1.82	1.71	2.29	1.20	1.52	0.99	0.75	0.20
	1.79	1.65	2.26	1.17	1.53	0.98	0.75	0.19
	1.75	1.64	2.20	1.10	1.43	0.97	0.73	0.19
	1.75	1.62	2.16	1.10	1.42	0.97	0.73	0.18
	1.74	1.61	2.12	1.08	1.40	0.86	0.70	0.18
	1.68	1.55	2.07	1.06	1.40	0.84	0.70	0.18
	1.68	1.55	2.05	1.06	1.40	0.83	0.69	0.18
	1.67	1.55	2.04	1.05	1.38	0.82	0.68	0.18
	1.66	1.54	2.04	1.04	1.38	0.82	0.67	0.18
	1.65	1.52	2.03	1.04	1.29	0.80	0.67	0.17
	1.65	1.52	2.03	1.02	1.29	0.79	0.66	0.17
	1.63	1.52	2.03	1.02	1.28	0.78	0.66	0.17
	1.62	1.50	2.00	1.00	1.27	0.74	0.65	0.17
	1.61	1.50	1.99	1.00	1.24	0.72	0.64	0.17
5	1.6	1.47	1.98	0.98	1.20	0.70	0.61	0.17
Media	1.69	1.56	2.09	1.06	1.36	0.84	0.69	0.18
Moda	1.75	1.55	2.03	1.10	1.40	0.97	0.75	0.18

Tabla13. Estudio antropométrico. Elaboración propia

Este estudio de medidas sirve como la principal referencia para el diseño de un puesto de trabajo. Puesto que ha sido tomado en base a las medidas de los usuarios se podrá diseñar de tal manera que les resulte más cómodo. Esto tiene como efecto la reducción de lesiones por malas posturas, aunque no puede ser la única medida preventiva en el proceso de diseño. Existen otros factores como las características de los materiales manejados que pueden poner en riesgo la salud de los operarios. Para el manejo de este tipo de materiales existen normas tanto nacionales como internacionales que indican las precauciones que se deben tomar durante el diseño de un puesto de trabajo de este tipo.

#### **E. Normas nacionales e Internacionales de Seguridad Industrial para el manejo de productos químicos**

Los trabajadores, el medio ambiente y la sociedad en general pueden correr riesgos durante la manipulación y transformación de productos químicos. La seguridad industrial es la que establece las normas que

contribuyen a minimizar dichos riesgos por medio de estudios y medidas preventivas.

En el ámbito internacional, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha establecido una serie de lineamientos que pueden servir como base para implementar en las empresas de esta industria. En el país, el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social se encarga de velar por el cumplimiento de estas medidas, por lo que ha elaborado el “Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo” en convenio con la OIT. A continuación se presenta un resumen de las normas de Seguridad Industrial nacionales e internacionales de estas dos entidades, relacionadas al almacenamiento y manipulación de productos químicos corrosivos y nocivos para la salud.

##### **1. Instalaciones**

Las instalaciones del área de proceso, donde se manipulan y transforman los productos químicos deben ser adecuadas en cuanto a “aeración, iluminación, temperatura y grado de humedad.” (Instituto

Guatemalteco de Seguridad Social 1957) Para esto existen ciertas medidas específicas si la naturaleza de las sustancias lo requiere.

- En el caso de sustancias peligrosas, se deberá diseñar los procesos de tal manera que la manipulación de las sustancias se realice en medios completamente aislados.
- Los procesos peligrosos deben separarse de otros procesos no peligrosos.
- Si la naturaleza de las sustancias lo requiere deben instalarse sistemas de ventilación adecuados generales y localizados.
- Los materiales de las instalaciones deben ser resistentes a los materiales que contienen y susceptibles a la limpieza correspondiente.

## 2. Almacenamiento

Para el almacenamiento de sustancias químicas se debe tomar en cuenta las características de cada una. Las sustancias químicas incompatibles se deben almacenar por separado, como los ácidos y bases. Se

debe tomar en cuenta las restricciones de almacenamiento de cada sustancia, por ejemplo ventilación, exposición al sol y humedad. También las exigencias en cuanto a los posibles cambios físicos y químicos de los productos. Estas instalaciones deben tener vías de acceso y condiciones de seguridad adecuadas, prohibiendo o controlando las posibles fuentes de ignición. Para reducir los riesgos, estas zonas de almacenamiento deberían estar separadas de las zonas de proceso. Además se deben considerar las condiciones de los contenedores y su traslado a las áreas de proceso.

- **Contenedores:** deben ser adecuados para los productos almacenados, tomando en cuenta sus materiales y resistencia.
- **Transferencia de productos químicos:** Cuando se transfieren productos químicos de un recipiente a otro, el último debe estar identificado por nombre, riesgos y precauciones de seguridad que deben observarse. Cuando estos recipientes se utilizan para manipular los químicos y no se pueda

etiquetar adecuadamente, se debe informar a los trabajadores sobre los riesgos que implica utilizarlos y precauciones que deben tomar.

- **Depósitos de productos peligrosos:** Deben colocarse a noventa centímetros sobre la plataforma de trabajo en el caso que no tengan una cubierta adecuada. Si esto no es posible, se deben colocar barandillas a esa altura con rodapiés.
- **Productos corrosivos:** Todos los productos corrosivos, calientes o peligrosos deben transportarse, envasarse, trasvasarse y manipularse por medio de dispositivos apropiados. Esto es, que “ofrezcan garantías de seguridad, de manera que el trabajador no entre en contacto con ellos...” (Instituto Guatemalteco de Seguridad social 1957)

Adicional a las medidas aplicadas en las instalaciones, las empresas deben diseñar sus procesos productivos tomando medidas preventivas.

### 3. Diseño de procesos

Las medidas preventivas para el diseño de procesos corresponden a la disminución de exposición y acciones que los trabajadores puedan realizar durante el periodo laboral.

- Se debe reducir al mínimo el número de trabajadores que estarán expuestos a las sustancias.
- Se deben programar limpiezas periódicas de las superficies contaminadas.
- Se deben suministrar medios de eliminación y almacenamiento adecuados para los productos químicos peligrosos para la salud y el medio ambiente.
- Se debe diseñar procedimientos para casos de emergencia, especialmente para personas que trabajen solas.
- A no ser que el procedimiento sea muy simple, se debe establecer por escrito. Esto es tanto para procesos productivos como para procedimientos

de mantenimiento, pruebas de funcionamiento, reparación de fallas y trasvase de productos.

Estas medidas corresponden al establecimiento de límites de concentraciones permisibles de las sustancias nocivas. También la sustitución de éstas por otras inocuas en caso de que sea posible.

#### 4. Protección personal

Cuando no se pueden implementar las instalaciones adecuadas y como complemento del diseño de procesos adecuados se puede optar a la protección personal de los trabajadores. Es obligación de los patronos proporcionar las siguientes medidas:

- Debe estar prohibido comer, mascar, beber y fumar
- Suministro de medios adecuados para la higiene del personal posterior al trabajo.
- Se deben utilizar rótulos indicando los peligros y medidas de seguridad correspondientes.
- Protección respiratoria: Se deben seleccionar los equipos adecuados según los tipos de productos

químicos que se utilicen y el grado de exposición. También se deben considerar las características antropométricas. Este tipo de equipo solo se debe utilizar como medida temporal o excepcional, no como un control técnico.

- Ropa de protección: Se debe elegir la ropa de protección tomando en cuenta los materiales de la misma, el diseño, tallas adecuadas y el entorno en el que se utilizará. Por ejemplo, en caso de polvo, la ropa debe elegirse por su capacidad de desprender el polvo. (Organización Internacional del Trabajo, 1993)

Tanto las normas nacionales o internacionales velan por la seguridad del trabajador en la industria. Previenen accidentes y riesgos para los trabajadores y posibles conflictos para las empresas en el futuro. Estas normas son obligatorias y contribuyen a la buena calidad de los procesos y productos por medio de un ambiente laboral higiénico y seguro. Algunos procesos son más peligrosos que otros según los productos que utilizan y sus cantidades. Por lo tanto, para aplicar estas normas

adecuadamente se deben conocer las características de los productos que utiliza la empresa. Un recurso para esto son las fichas técnicas, en las que se describen los detalles de cada producto en base a su clasificación.

### **5. Clasificación de productos químicos**

La clasificación de productos químicos sirve para identificar sus características químicas y físicas, sus posibles reacciones con otros componentes y los riesgos que pueden correr las personas y el medio ambiente durante su almacenamiento, transformación o utilización. En base a esto las empresas pueden adoptar las medidas preventivas necesarias. Por ello, existe una clasificación internacional definida por el Sistema Mundialmente Armonizado (GHS); para que en todos los países se puedan identificar las características de los productos, sus riesgos y medidas preventivas de la misma manera. Esta clasificación divide los productos químicos nocivos o peligrosos en cuatro categorías:

#### ***a) Toxicidad aguda:***

Esta categoría se basa en los efectos agudos causados por administración oral o cutánea. Por una sola

exposición, exposiciones repetidas a lo largo de 24 horas o prolongadas por más de 4 horas. Estos son los productos que pueden producir efectos letales agudos, irreversibles no letales o efectos graves.

#### ***b) Toxicidad sistémica:***

Son los productos que se caracterizan por los efectos reversibles o no, no letales o graves tras una única exposición o por exposición repetida. Tiene asignado el símbolo de peligro para la salud.

#### ***c) Corrosión-irritación:***

Es la que produce lesiones irreversibles en la piel o los tejidos oculares. En esta categoría se distinguen dos clases de peligro diferentes. La primera es para la corrosión/irritación cutánea y la segunda para la causada por “lesiones oculares, graves/irritación ocular.” (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) Las lesiones oculares se dividen en dos categorías en cuanto a la irreversibilidad o no de las mismas y al tiempo de desaparición.

#### d) **Sensibilización**

Esta se basa en la hipersensibilización respiratoria y o alergia cutánea que pueda ser causada por el contacto con la sustancia. Se le asigna un “símbolo específico indicativo de efectos sobre la salud” (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo)

Cada una de estas categorías se subdivide según el nivel de riesgo de los productos. En la ilustración 9 se encuentran estas subdivisiones y el símbolo que se asigna a cada uno. Para prevenir estos riesgos todos los productos químicos deben ir acompañados de su etiqueta correspondiente y en el caso de ser necesario de una ficha de seguridad. Estas indican con mayor detalle todas las características del producto. Por ejemplo, el cuidado especial que debe tenerse para el almacenamiento y manipulación de las sustancias. Con este conocimiento se pueden aplicar normas y medidas específicas. Las empresas de la industria deben estar conscientes del tipo de productos que manejan y en base a esto, diseñar sus procesos.

Toxicidad aguda, categorías 1, 2 - Oral - Cutánea - Inhalación		H300 H310 H330
Toxicidad aguda, categoría 3 - Oral - Cutánea - Inhalación		H301 H311 H331
Mutagenicidad en células germinales, categorías 1A, 1B Carcinogenicidad, categorías 1A, 1B Toxicidad para la reproducción, categorías 1A, 1B STOT*** tras exposición única, categoría 1 STOT*** tras exposiciones repetidas, categoría 1		H340 H350 H360 H370 H372
Sensibilización respiratoria, categoría 1 Toxicidad por aspiración, categoría 1		H334 H304
Mutagenicidad en células germinales, categoría 2 Carcinogenicidad, categoría 2 Toxicidad para la reproducción, categoría 2 STOT*** tras exposición única, categoría 2 STOT*** tras exposiciones repetidas, categoría 2		H341 H351 H361 H371 H373
Toxicidad aguda, categoría 4 - Oral - Cutánea - Inhalación		
Corrosión cutánea, categorías 1A, 1B, 1C Lesión ocular grave, categoría 1		H314 H318
Peligroso para el medio ambiente acuático, agudo, categoría 1 Peligroso para el medio ambiente acuático, crónico, categoría 1 Peligroso para el medio ambiente acuático, crónico, categoría 2		

Tabla 14. Clasificación de productos químicos. Elaboración propia en base a Fuente: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/postersTecnicos/ficheros/CARTEL%20SGA.pdf>

		PELIGROS				PELIGROS	
COMPONENTE A	<p>Clasificación GHS</p> <p>Atención</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toxicidad aguda</li> <li>- Es corrosivo al contacto con los ojos.</li> <li>- Puede causar quemaduras en la piel.</li> <li>- Por inhalación causa irritación al tracto respiratorio.</li> </ul>	COMPONENTE E	<p>Clasificación GHS</p> <p>Peligro</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por inhalación causa tos y dolor</li> <li>- Por contacto con la piel causa enrojecimiento, dolor y quemaduras.</li> <li>- Causa enrojecimiento de ojos y quemaduras.</li> <li>- Por ingestión causa dolor, quemaduras, náuseas, vómitos y shock o colapso.</li> </ul>		
COMPONENTE B	<p>Clasificación GHS</p> <p>Peligro- Exposición única</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nocivo en caso de ingestión.</li> <li>- Puede provocar síntomas de alergia, asma o dificultades Respiratorias si se inhala.</li> <li>- Puede provocar una reacción cutánea alérgica.</li> </ul>	COMPONENTE F	<p>Molesto, no peligroso</p>	<p>En caso de ingestión puede causar un efecto laxante.</p>		
COMPONENTE C	<p>Clasificación GHS</p> <p>Advertencia</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es corrosivo al contacto con los ojos.</li> <li>- Irrita la piel.</li> <li>- Por inhalación causa irritación al tracto respiratorio</li> <li>- Levemente tóxico</li> </ul>					
COMPONENTE D	<p>Clasificación GHS</p> <p>Atención</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por inhalación causa tos y dolor de garganta.</li> <li>- Enrojecimiento de piel y ojos</li> <li>- Por ingestión causa dolores y diarrea.</li> </ul>					

Tabla 15. Características de los químicos usados en la empresa. Elaboración propia

En base a las características de los componentes descritos en la tabla 15 se pueden concluir los siguientes puntos:

- Para la mayor parte de los componentes se recomienda que no se expongan a la humedad.
- La mayoría son dañinos para las vías respiratorias y al contacto con la piel y ojos. Por esto se recomienda evitar completamente el contacto y la dispersión de los polvos.
- Todos los componentes en polvo tienen especificado evitar que se dispersen, por lo que se debe considerar la mejor manera de dispensar el producto para la mezcla.
- Todos los componentes en polvo descritos deben almacenarse en lugares secos, frescos y evitar el contacto directo con los rayos solares.
- Se recomienda su almacenamiento en su envase original (sacos plásticos), aunque en este caso resulta más difícil dispensar las dosis necesarias sin dispersar el polvo.

- Uno de los componentes es corrosivo, por lo que se debe evitar completamente el contacto con el operario.

Estas características indican la forma en que el operario debe manejar los materiales. Cada uno debe ser manejado con precaución aunque haya algunos más peligrosos que otros. Además ayudan a identificar los materiales adecuados para el diseño de maquinaria.

## F. Materiales utilizados en la construcción de utensilios y maquinaria para procesos químicos

Cuando se seleccionan los materiales para la construcción de utensilios o herramientas que tendrán contacto con químicos, es importante tomar en consideración las características corrosivas y abrasivas de los mismos. En el caso en estudio solo uno de los materiales a utilizar posee características corrosivas, pues las otras materias son sales alcalinas no corrosivas. A continuación se detallan a profundidad las características y procesos de transformación de los materiales que cumplen con los requisitos para ser utilizados en la maquinaria de transformación de químicos.

### 1. Hierro

El hierro es uno de los materiales más comunes utilizados en la industria. Por lo general se encuentra en aleaciones con otros minerales para modificar sus propiedades. También se encuentra el hierro comercial, que contiene carbono y otros elementos que alteran sus

propiedades aunque no significativamente. Una de las ventajas de este material es que su precio es menor en comparación a otros materiales, aunque es más sensible a la oxidación. Entre sus características se encuentran:

- Color gris plateado
- Maleable
- Ductil
- Fácil para soldar
- Fácil de magnetizar a temperatura corriente
- Posee un precio relativamente bajo
- Se encuentra en una gran variedad de formas y perfiles para la industria
- Es de fácil oxidación, se corroe al estar expuesto a la humedad sin pintura.



Imagen 22. Perfiles de hierro.

Cuando se desea reducir costos se puede trabajar con este material. Sin embargo, se necesitará aplicar un recubrimiento anticorrosivo para evitar el deterioro de la superficie y asegurar su durabilidad. Como alternativa se puede trabajar en acero inoxidable, aunque se incrementan los costos de producción. (Callón, 2015)

## 2. Acero inoxidable

El acero es un material obtenido de una aleación de hierro con carbono, cromo y otros elementos que mejoran sus propiedades. El manual del Ingeniero Químico (Perry & Chilton, 1982) indica que “los metales puros y sus aleaciones tienden a unirse químicamente con los elementos de un medio corrosivo para formar compuestos estables similares a los que se encuentran en la naturaleza.” Por lo tanto, el material que se recomienda para la transformación de químicos con propiedades corrosivas es el acero inoxidable, que cuenta con las siguientes características:

- Es el más común y barato de los aceros empleados en la industria. Tiene una buena rentabilidad a largo plazo.
- Alta ductilidad, que permite “muchas operaciones de conformación en frío”.
- Se puede soldar con facilidad.
- Su composición le permite tener una excelente resistencia a la corrosión a lo largo del tiempo, por lo que se puede usar en ambientes expuestos al medio ambiente y a la humedad.
- Resistente al calor.
- No contaminante.
- Fabricación sencilla en formas complejas.
- Es de fácil mantenimiento.
- Precio elevado

Las características varían según el tipo de acero y sus aleaciones. Existen más de 70 tipos de este material, clasificados en tres tipos: martensítica, ferrítica y austenítica. Como se puede observar en la tabla 16, la clasificación más resistente a la corrosión es la de los austeníticos. Estos aceros son duros, por lo que pueden ser difíciles de maquinar. Sin embargo, existen variaciones especiales con bajo contenido de carbono, que corresponden a los tipos 304L y 316L.

Este material se puede diferenciar también por su acabado y procesos de transformación. En la ilustración 13 se muestran las características de los acabados existentes para acero inoxidable. Por la aplicación que se dará al material no es necesaria una apariencia totalmente reflejante y estética. Se puede concluir entonces, que los más apropiados son el acabado 2D de laminación y el Pulido 4, que se utiliza para cocinas y restaurantes. Se recomienda además, que para facilitar la limpieza del material se elija un acabado texturizado unilateral, lo que permite que se limpie mejor a mano. (Metal Actual, 2011).

**Tabla 1. Algunas propiedades generales de los aceros inoxidables**

Tipo	Resistencia a la corrosión	Dureza	Magnéticos	Endurecibles por tratamiento térmico	Soldabilidad
Martensíticos	Baja	Alta	Sí	Sí	Pobre
Ferríticos	Buena	Media-baja	Sí	No	Limitada
Austeníticos	Excelente	Alta*	No**	No	Excelente

\* Adquieren mayor dureza al ser trabajados en frío. \*\* Adquieren cierto magnetismo al ser trabajados en frío.  
Fuente: Instituto Mexicano del Acero Inoxidable.

**Tabla 16. Propiedades de los tipos de acero. Fuente: Metal Actual, 2011**

El acero inoxidable 304L es el más utilizado en la industria para este tipo de procesos. Por ejemplo se utiliza en contacto con ácido nítrico, pues posee una excelente resistencia a todas las concentraciones y temperaturas. Además tiene una buena resistencia a la tensión y el impacto.

Acabados superficiales del Acero Inoxidable	
Acabados por laminación	
1D	Es opaco y tiene poca reflectividad. Se utiliza sobre todo en motivos no decorativos, donde la apariencia no es relevante.
2D	Esta apariencia es menos rugosa que la 1D, es mate, poco reflejante y es adecuada para aplicaciones industriales y de ingeniería.
2B	Brillante y terso, además tiene una superficie lisa, reflejante y grisácea. Es el acabado superficial más utilizado en la actualidad y sirve de base para la mayoría de los acabados brillantes y pulidos.
2R	Es un acabado muy brillante que refleja las imágenes con claridad. Este acabado es menos susceptible a alojar contaminantes del aire y su limpieza resulta muy fácil.
Mexinox Rolled ON 3 y 4	Brillante y de apariencia similar al pulido. Ambos acabados, RO y #3 o #4, tienen un aspecto similar, sin embargo, debido a la forma en la cual se obtienen, los materiales con terminado RO tienen una mejor calidad superficial.
Acabados mecánicos*	
Pulido 3	Abrasivo de grano 100 a 180. Apariencia rayado. Adecuado para pulidos posteriores durante la fabricación.
Pulido 4	Abrasivo de grano 180 a 240. Apariencia cepillado. Ampliamente utilizado para cocinas, restaurantes, mostradores
Pulido 6	Abrasivo de grano superior a 240. Apariencia satinado mate. Usado para arquitectura y para aplicaciones en las que no es necesario un alto lustre.
Pulido 7	Abrasivo de grano superior a 320. Apariencia pulido. Tiene alto grado de reflexión y es usado para aplicaciones arquitectónicas y ornamentales.
Pulido 8	Abrasivo de grano superior a 400. Es el acabado con más alta reflexión, su superficie es libre de líneas producidas por grano, ideal para ser usado como placas de presión, espejos

Tabla 17. Acabados del acero inoxidable. Fuente: Metal Actual, 2011

### 3. Procesos de transformación

El siguiente paso es la transformación del material. Los metales tienen procesos de transformación similares. Para el hierro y el acero inoxidable se facilita cuando se desea hacer en formas geométricas simples. Según la revista Metal Actual, entre los procesos de transformación más comunes se encuentran los siguientes:

- Aserrado, cizallado y punzonado: Consisten en cortes fríos que no afectan las propiedades del material por la elevación de la temperatura. Se puede cortar en cualquier dirección y no queda agrietamiento por el corte. Aunque requiere un acabado secundario y no se puede usar para espesores mayores a 20mm.
- Chorro de agua: Es muy preciso, por lo que se ahorra el material en este proceso. Entre sus mayores ventajas está que se pueden cortar mayores espesores en diseños geométricos. Sin embargo, su mayor desventaja es el costo elevado.

- Corte plasma: Es el corte más rápido, aunque la calidad del acabado es menor a otros tipos. Ahorra tiempo y es el más económico pero se requiere, como en el aserrado, un paso posterior de acabado para eliminar los bordes afectados por la carbonización del material.
- Corte láser: Este corte deja el mejor acabado, evitando cortes de rebaba y limpiezas. Su mayor desventaja es la limitación del espesor máximo que se puede trabajar, que debe ser menor a 3mm.
- Doblado: Este es un material que se puede doblar con facilidad en formas geométricas. Por lo que no se requiere maquinaria especializada y es económico hacerlo. Sin embargo, hay que tomar en consideración el tipo, pues si es duro requiere mayor fuerza para transformarlo. Además, tiene recuperación elástica, por lo que debe “sobredoblarse.” (Metal Actual, 2011)
- Soldadura: Como se mencionó anteriormente, el acero es uno de los materiales más fáciles de

soldar. Sin embargo, por las características de los aceros inoxidables conviene la prevención mediante el uso de otros métodos. Esto es porque son más frágiles y pueden deformarse durante el enfriado.

El acero inoxidable presenta características que lo hacen ideal para el trabajo con químicos corrosivos, especialmente el tipo 304. Se encuentra con facilidad en el mercado y su transformación es relativamente fácil.

Para la fabricación en serie conviene más la utilización de procesos como corte plasma, laser o chorro de agua. Por otro lado, el aserrado, cizallado y punzonado son más viables y económicos cuando no se producen muchas piezas.

#### 4. Recubrimiento anticorrosivo

Existen diferentes tipos de recubrimientos anticorrosivos de acuerdo a las necesidades de cada material y las condiciones en las que se vaya a encontrar el mismo. Se toma en cuenta la exposición a la humedad, a los rayos solares, abrasión, y agentes químicos. Consiste en dos pasos, el primero es un fondo o primer, que provee la una protección al material formando una barrera anticorrosiva. Esta pintura se encuentra generalmente en color gris, negro o rojo y puede ser de base alquídica, epoxica o zincromato. De este se requiere una o dos manos según el que se utilice y la función que desempeñará la pieza, quedando una capa de aproximadamente 2mm de grosor.

Luego se aplica una o dos manos de un esmalte o acabado cuyas propiedades de están definidas por sus componentes. Existe una amplia variedad de pinturas en el mercado que varían según sus aditivos y se pueden clasificar en términos generales por la base que los compone. Entre los recubrimientos más apropiados para uso industrial como protección contra la corrosión por

humedad y exposición a agentes químicos alcalinos se encuentran los siguientes:

- Alquídicos:

Son pinturas a base de resinas alquídicas, también conocidas como pintura a base de aceite. Se recomienda para su uso en estructuras, y equipo donde no requiera una resistencia a condiciones especiales. Entre sus ventajas se encuentra su bajo costo, facilidad de aplicación y buena resistencia. Se encuentra en una gran diversidad de colores, en acabado mate, satinado o semi- satinado.

- Epóxicos:

Son los más recomendados para uso industrial, pues están compuestos por una resina epoxi y aditivos que les dan mejores cualidades para el caso. Para el contexto en el que se desarrollará este proyecto se recomienda una pintura compuesta de resina epoxi con poliamina. Ésta provee una muy buena adherencia, rigidez, resistencia a la humedad y a agentes químicos

alcalinos. En su aplicación debe utilizarse un imprimante o una barrera epóxica como base para asegurar la adherencia de la pintura, además del esmalte o acabado. (Pinturas G77)

### Métodos de aplicación

Antes de aplicar cualquier recubrimiento es sumamente necesario limpiarla de cualquier impureza, polvo u oxidación, utilizando lijas, cepillo y las sustancias especificadas según el caso.

El método de aplicación cambia según las propiedades del recubrimiento y el acabado que se desee. Cada pintura tiene especificaciones de la forma en la que se debe aplicar, como el tipo de brocha o rodillo, según las condiciones del ambiente, rugosidad de la superficie, y uniformidad deseada. A continuación se describen algunos de los métodos de aplicación:

- Aplicación con brocha:

Es el método más antiguo utilizado para este tipo de trabajo. Se hacía con cerdas de cerdo, aunque

actualmente la mayoría son de Nylon. Es importante elegir la brocha más ancha posible según el trabajo a realizar. Se recomiendan las de Nylon para recubrimientos a base de agua. Por otro lado, los solventes Uretano, Epoxi y Vinilo deterioran el material, por lo que se recomienda usar cerdas de cerdo. Para aplicar se debe hacer de forma longitudinal, luego cruzar y finalmente emparejar en la primera dirección.

- Aplicación con rodillo

Éste método permite realizar el trabajo con mayor rapidez que la brocha y a bajo costo, además de que se obtiene una película más uniforme y densa. Para elegir el rodillo se debe considerar la relación entre la rugosidad de la superficie y la fibra del rodillo. Así también, varían los tipos de fibra según el recubrimiento o pintura. Cabe destacar, que no se recomienda este tipo de aplicación en la primera capa, pues no penetra en la superficie rugosa.

- Rociado con aire

Este método es uno de los más comunes utilizados y el más adaptable de los sistemas de rociado. Consiste en atomizar el recubrimiento utilizando aire comprimido. Entre sus ventajas, se encuentra la versatilidad para hacer diferentes patrones, es fácilmente regulable y de alta precisión, y se puede usar para aplicar casi cualquier tipo de recubrimiento o pintura.

- Rociado Sin aire

Es un método más especializado en el que el recubrimiento es forzado por un orificio pequeño a alta presión. Funciona mejor para cubrir superficies grandes, formando películas uniformes y penetrando mejor en la misma. (Sherwin Williams)

## **G. Mecanismos**

En el mercado existen variedad de piezas y mecanismos para el diseño y construcción de un puesto de trabajo. Estos pueden ser útiles porque cumplen con estándares de fabricación y hacen más fácil su

reemplazo en el caso de necesitarse. Además han sido probados en la industria, lo que garantiza su correcto funcionamiento.

### **1. Almacenamiento de químicos granulados o pulverizados**

Todos los procesos productivos comienzan con el ingreso de materia prima. Para el almacenamiento y alimentación de productos químicos en polvo se utilizan silos o tolvas. Los silos son estructuras para almacenar grandes cantidades de producto, evitando que se contaminen o se vean afectados por los cambios climáticos. Las tolvas son depósitos en los que se almacena el producto antes de trasladarlo a otro recipiente más pequeño, dosificarlo o empacarlo y pueden estar diseñadas para grandes o pequeñas cantidades. Tienen forma de embudo y pueden ser piramidales o cónicas, permitiendo que el producto fluya hacia la boquilla. Constan de dos partes: el depósito, que tiene paredes verticales y la tolva, que tiene por lo menos un lado inclinado.

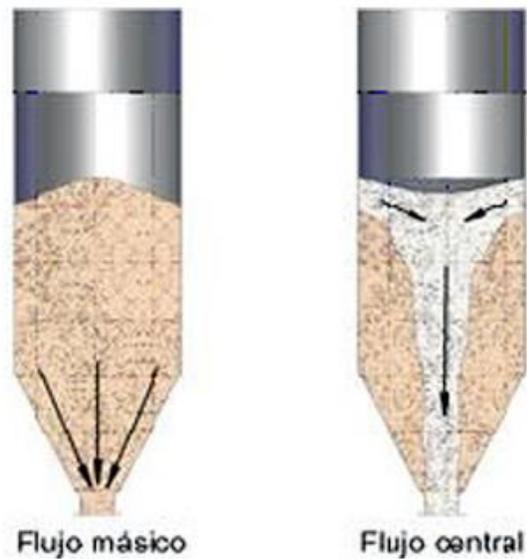


Imagen 23. Flujo másico y axial.

Fuente:<http://dianalogistica.blogspot.com/2011/11/almacenamiento-de-carga.html>

Las proporciones entre el depósito y la tolva, el ángulo de inclinación y el acabado del material de la tolva en el interior pueden definir el tipo de flujo del producto dentro de las mismas. Este flujo puede ser de masa o de embudo. En el primero el producto se desplaza uniformemente, en el segundo se produce un canal en el centro del contenido hasta la boquilla, dejando que el material que se encuentra hasta arriba se dispense

antes. Además se pueden usar vibradores, agitadores o tornillos para asegurar este flujo desde la tolva al dispositivo de dosificación. En la tabla 8 se encuentran las características principales de estos dos tipos de tolvas según el Manual del Ingeniero Químico. Para la elección del tipo de tolva a utilizar se deben tomar en cuenta algunos aspectos:

- Tamaño de partículas: Mientras más grande sea el tamaño, es mejor la fluidez del producto. Por esto, los productos granulados tienden a fluir mejor que los pulverizados. Aunque también contribuyen la uniformidad de los tamaños y las superficies lisas y duras de las partículas.
- Contenido de humedad: La humedad puede provocar problemas de aglomeración, especialmente si los productos tienden a absorber mucho la humedad. Esto se controla con ventiladores en el depósito o con la aplicación de un gas seco, como nitrógeno. (Perry & Chilton, 1982)

Tolvas de flujo de masa	Tolvas de flujo de embudo
Las partículas se segregan, pero se reúnen a la descarga	Las partículas se segregan y permanecen segregadas
Los polvos se desairan y no fluyen cuando se descarga el sistema	La primera porción que entra es la última en salir
El flujo es uniforme	Pueden permanecer productos en puntos muertos hasta que se realiza la limpieza del sistema
La densidad del flujo es constante	Los productos tienden a formar puentes o arcos y, luego, a que se formen agujeros de rata durante la descarga
Los indicadores de nivel funcionan adecuadamente	El flujo es errático
No quedan productos en zonas muertas, donde pudieran degradarse.	La densidad puede variar
Se puede diseñar la tolva para tener un almacenamiento no segregado o para funcionar como mezcladora	Los indicadores de nivel se deben situar en puntos clave, para que puedan funcionar adecuadamente
Las tolvas funcionan bien con sólidos de partículas pequeñas	Las tolvas funcionan bien con sólidos de partículas grandes y flujo libre

Tabla 8. Características de las tolvas. (Perry & Chilton, 1982)

En la salida de la tolva se colocan compuertas que pueden ser manuales, automáticas o dosificadores dependiendo del tipo de control que se quiera tener sobre el flujo. Estas pueden ser activadas por deslizamiento, con palanca, con sistema neumático, etc. como los ejemplos mostrados en la imagen 24.

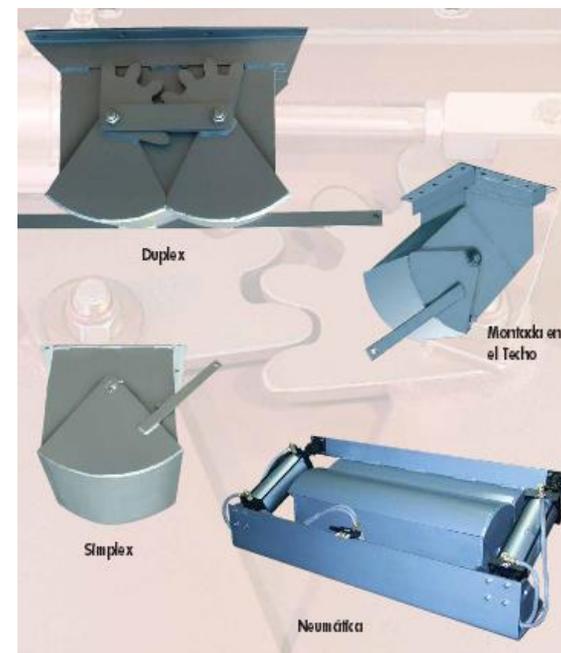


Imagen 24. Sistemas de salida para tolvas.

[http://www.sweetmfg.com/Websites/sweetmfg/files/Content/1696597/Bin\\_Gates\\_Spanish\\_S\\_Pg\\_-\\_5-13.pdf](http://www.sweetmfg.com/Websites/sweetmfg/files/Content/1696597/Bin_Gates_Spanish_S_Pg_-_5-13.pdf)

## 2. Mecanismos de alimentación para sólidos

En la industria de mantenimiento de calderas se utilizan dosificadores. Éstos son dispositivos con los cuales se puede aplicar un producto continuamente o intermitentemente, cumpliendo con ciertos límites especificados de cantidad y tiempo. Se pueden controlar de forma manual, semiautomática, automática o programada. Los sistemas de dosificación se pueden clasificar en dos tipos según la naturaleza del producto a aplicar (Pérez Carrión & Cánepa de Vargas, 1992)

La primera es la dosificación en solución, que se aplica directamente al agua de la caldera. La segunda corresponde a la dosificación de los productos en polvo sobre un tanque de agitación. Existen de diferentes tipos que varían de acuerdo a las características del producto, exactitud deseada, forma de alimentación, cantidad a aplicar y tiempo de dosificación. Estos dosificadores pueden funcionar con sistema volumétrico o gravimétrico. Los primeros determinan la cantidad del producto deseado midiendo el volumen. Estos dispositivos deben

calibrarse periódicamente según la variación de volumen que pueda tener el producto.

- Dosificador de rodillo acanalado:

Este es un tipo de dosificador volumétrico que funciona bien para la dosificación de sólidos en pequeñas cantidades en procesos discontinuos. La dosificación se calibra con la velocidad del motor. Se adapta mejor para polvos y granos finos. Puede ser intermitente o continuo, adaptable también a un sistema gravimétrico. No funciona bien para cantidades grandes. Como se puede ver en la ilustración, el polvo es dosificado mediante el movimiento del rodillo, que lleva una cantidad específica del mismo hacia la boquilla mientras gira.

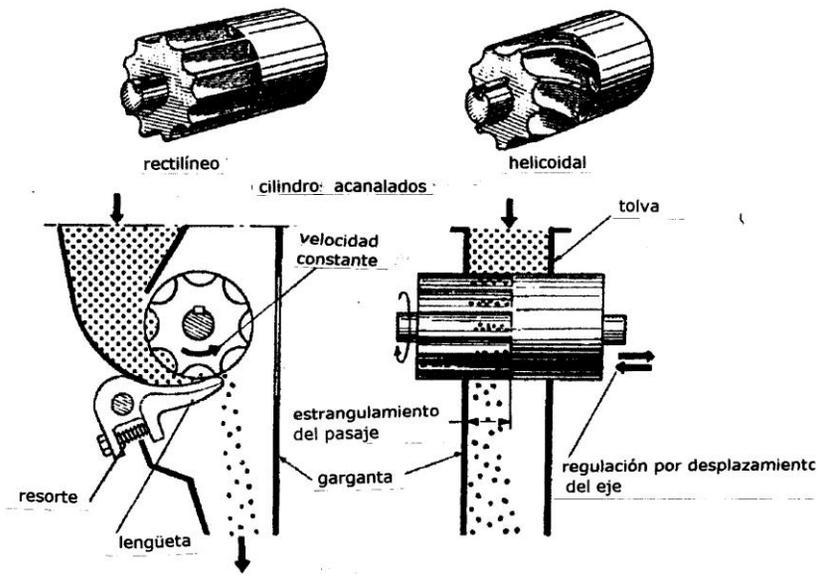


Imagen 25. Dosificadores de rodillo

Los dosificadores volumétricos se pueden adaptar posteriormente a un sistema gravimétrico, que mide la cantidad de producto pesándolo o por la variación de pérdida de peso de la tolva de almacenamiento. Estos mecanismos son más exactos porque no los afecta la variación de volumen de producto. La adaptación consiste en conectar el movimiento del motor al sistema de pesaje, de manera que la velocidad del primero se pueda graduar en base al segundo.

### 3. Mecanismos para trasiego de líquidos

Los sistemas de llenado de líquidos volumétrico, gravimétrico y a nivel se implementan cuando se desea cubrir una cantidad de producción alta. Son utilizados en el llenado de líquidos en el campo alimenticio e industrial. Sin embargo, cuando se desea trasladar o dosificar un líquido en pequeñas cantidades se puede utilizar equipo de trasiego. Se consideran igualmente las características del líquido para determinar el tipo de recipiente y forma de trasiego. Por ejemplo, para líquidos corrosivos se recomienda el trasiego por gravedad. Estos mecanismos suelen ser manuales, de menor costo y adaptables a los recipientes que se encuentran en el mercado. Se pueden encontrar bombas manuales, eléctricas, recipientes con llaves de paso, entre otros.



Imagen 26. Equipo de Trasiego  
[https://www.buerkle.de/es/tienda/\\_equipos-de-trasiego.html](https://www.buerkle.de/es/tienda/_equipos-de-trasiego.html)



Imagen 27. Equipo de Trasiego  
[https://www.buerkle.de/es/tienda/\\_equipos-de-trasiego.html](https://www.buerkle.de/es/tienda/_equipos-de-trasiego.html)

## H. CONCLUSIONES GENERALES DE ANÁLISIS

El proceso productivo de la empresa presenta distintas oportunidades de mejora en cada etapa. Desde la distribución del área de producción se identifica la posibilidad de una reducción de tiempos y recorridos. El método de almacenamiento de materia prima, la expone al ambiente. Además, afecta al operario ergonómicamente, lo que puede resultar en una disminución de su productividad por la fatiga.

La forma en la que se dosifica la materia prima da lugar al desperdicio de producto, lo que es perjudicial para la empresa. Finalmente, la calidad del producto entregado a los clientes es afectada por la falta de equipo adecuado. En el diagrama se identifican las oportunidades de mejora en cada etapa del proceso productivo, para las cuales se pueden proponer soluciones utilizando el diseño industrial. Por tiempo y presupuesto se dividirá la optimización del proceso productivo en dos fases, cada una correspondiente a dos etapas del proceso. Esta división se basará en la

separación física que existe actualmente del proceso, quedando de la siguiente manera:

Fase 1 – Almacenamiento y dosificación

Fase 2 – Mezcla y envasado

En este trabajo se aplicará el diseño industrial para resolver los siguientes puntos de la primera fase:

- Aislamiento de la materia prima contra la humedad del ambiente
- Reducción del contacto del operario con los químicos
- Mejoramiento de la ergonomía durante esta fase del proceso
- Mejoramiento de la exactitud durante la dosificación

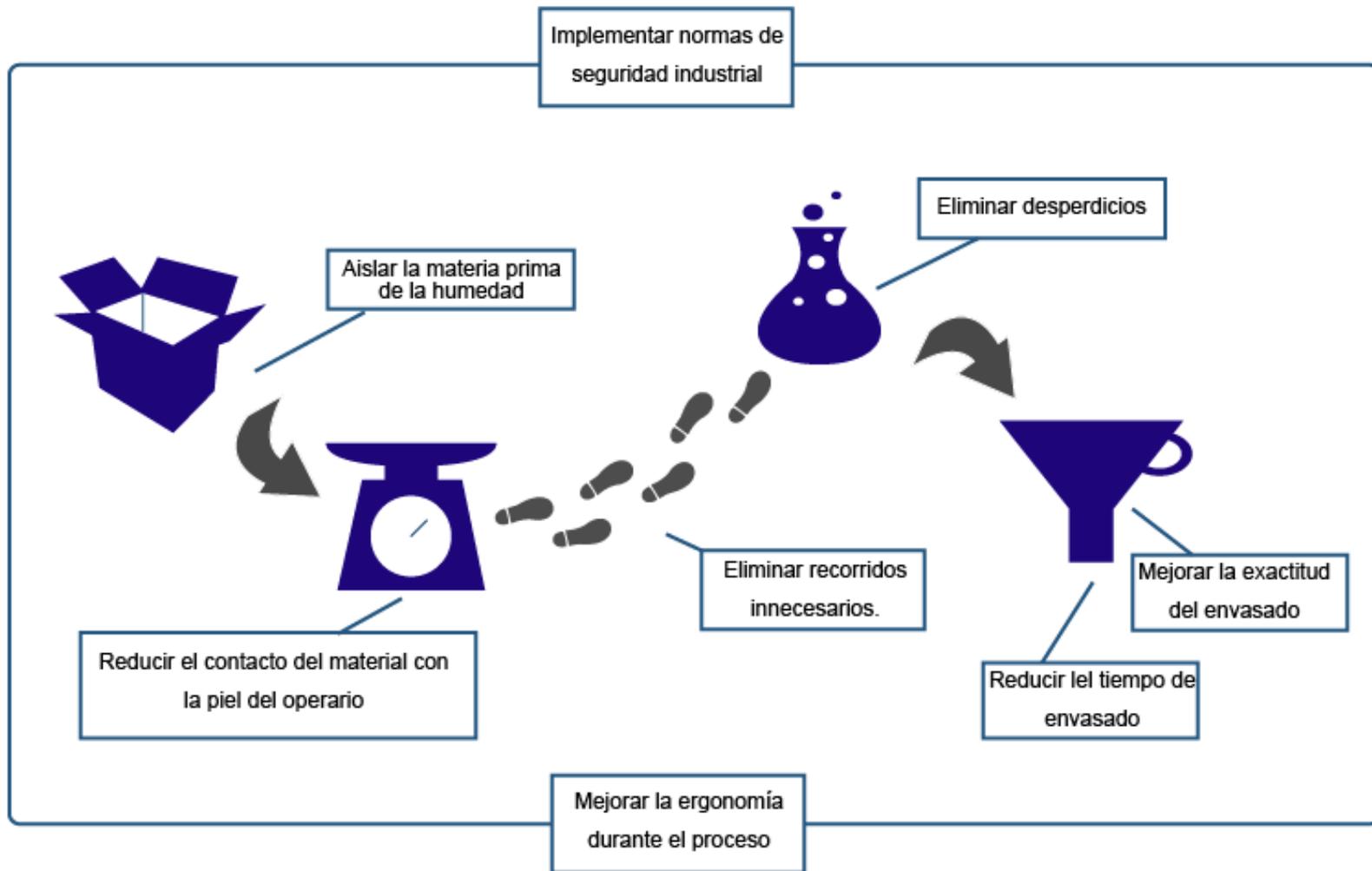


Diagrama 12. Necesidades de la empresa. Elaboración propia

## **VI. CONCEPTUALIZACIÓN**

### **A. Planteamiento del Problema**

Surtiquímica Internacional, S.A. es una empresa dedicada a la producción y servicio de aplicación de químicos para tratamiento de aguas. Una de sus principales características es su servicio inmediato y personalizado, por lo que se busca mantener un ritmo constante de trabajo para entregar el producto en el plazo requerido. Esto significa que el producto se debe preparar y entregar el mismo día que se hace el pedido.

Se tiene una producción constante de químicos de tratamiento de agua y calderas, los cuales se entregan en garrafas de 5 galones. Se producen de 25 a 80 galones de estos productos cada día para clientes diferentes (5 a 10 galones por cliente). Cada pedido requiere un porcentaje distinto de cada uno de sus componentes químicos. Esto significa que aunque se utiliza la misma materia prima no se pueden preparar todos los pedidos juntos porque varía la dosificación de componentes para cada uno. Por ejemplo, unos pueden necesitar un mayor porcentaje del componente A mientras que los otros necesitan más del componente B.

Además, la empresa no mantiene stock pues los pedidos varían mucho de una semana a otra.

El objetivo de la empresa este año es ampliar sus servicios a clientes con mayor demanda, por lo que necesitan mejorar la eficiencia y calidad de su proceso productivo. Actualmente estos químicos se preparan de una forma artesanal a pesar de que se manejan algunos materiales corrosivos y nocivos para la salud. Esto es porque no se cuenta con el equipo adecuado, lo que impide que se tenga un buen control de calidad y seguridad industrial. Resultando en desperdicios, tiempo extendido de producción, y riesgos para la salud del operario.

El proceso se divide en dos fases: la primera correspondiente al almacenamiento y dosificación de la materia prima; y la segunda a la mezcla y envasado del producto final. Estas dos fases están separadas físicamente porque los químicos son susceptibles a la humedad y durante la mezcla y envasado se maneja agua. Tomando en cuenta la falta de equipo adecuado para el almacenamiento y dosificación de los químicos,

estos estarían expuestos a daños por salpicaduras durante el proceso.

Los químicos utilizados son polvos y se almacenan en sacos plásticos de 25 kg sobre tarimas de madera. Estos se encuentran en el exterior de la planta, debido a que en el interior se realiza la segunda etapa del proceso y no hay suficiente espacio para almacenar todos los sacos. En el exterior son susceptibles a daños por la humedad del ambiente, al sol y la lluvia, pues están cubiertos únicamente por una manta vinílica.

La dosificación consiste en pesar entre dos y seis componentes diferentes para mezclarlos posteriormente con agua. Para esto, el operario debe introducir su brazo en cada saco para tomar cierta cantidad de químico con un vaso y pesarla en una báscula. Cuando lo hace, aunque utiliza guantes, su piel tiene contacto con el químico. Esto puede ser dañino para el operario, porque la mayoría de los químicos que utiliza son nocivos para la salud con su uso prolongado, si no se toman las precauciones necesarias. Además, durante este procedimiento, el operario se debe agachar de 2 a 6

veces, durante varios segundos, para pesar cada químico, lo que es hasta 24 veces por producción. Adquiere posturas inadecuadas e incómodas que pueden provocar fatiga y posibles lesiones en el futuro.

Posteriormente, la cantidad de químico dosificada en el recipiente de la báscula es trasladada del área de almacenamiento a la de mezcla. El operario debe recorrer entre 5 y 6 metros atravesando la planta para agregar cada componente a la mezcla. Esto significa también que se extiende el tiempo de producción, pues se hacen entre 2 y 6 recorridos de ida y vuelta solo en este paso del procedimiento.

Se puede concluir que el método de almacenamiento y dosificación de los químicos es un factor determinante para la distribución de la planta, cantidad de recorridos, tiempos, y seguridad del operario durante el proceso. La falta de equipo adecuado impide que se mejoren estos aspectos. Por lo que se requiere la intervención del diseño industrial, innovando e implementando las mejoras necesarias en esta fase del proceso para que sea más segura, exacta y eficiente.

### Enunciado:

¿Cómo por medio del diseño industrial se puede desarrollar un dispositivo que permita que se pueda almacenar y dosificar productos químicos de una forma más segura, exacta y eficiente para la empresa Surtiquímica Internacional, S.A.?

### Variables:

- 1) Independiente
  - Diseño de un dispositivo para mejorar la producción de químicos industriales con fórmulas variables.
- 2) Dependientes
  - Reducción de tiempos
  - Seguridad industrial para el operario en el manejo de materia prima.
- 3) Constantes
  - Químicos industriales con fórmulas variables
  - Surtiquímica Internacional, S.A.

### Objetivo General:

Mejorar la calidad del proceso productivo de la empresa Surtiquímica Internacional, S.A. mediante el diseño de un dispositivo que lo haga más seguro, exacto y eficiente.

### Objetivos Específicos:

- 1) Aumentar la seguridad del operario en el manejo de productos químicos, mejorando la ergonomía y eliminando el contacto de la piel del operario con los mismos.
- 2) Mejorar los tiempos de trabajo mediante la reducción de movimientos y recorridos.

## Requerimientos

- 1) Debe adecuarse a la capacidad económica de la empresa, con un costo máximo de Q. 10,000.00
- 2) Cada pieza individual debe tener una altura máxima de 210 cm y un ancho máximo de 60 cm.
- 3) Se debe reducir la distancia recorrida por el operario en un 50%.
- 4) Debe poder dosificarse entre 0.5 lb. a 6 lb. de cada producto en polvo y entre 0.5lt y 2lt. de producto líquido.
- 5) El usuario deberá poder realizar la dosificación con una postura adecuada: erguido, con el peso distribuido entre ambas piernas y manejando fuerza intermitentemente.
- 6) Se debe mejorar la seguridad industrial del proceso, indicando gráficamente las precauciones necesarias para el manejo de cada químico.
- 7) Cada químico debe estar contenido de tal manera que la piel del usuario no tenga contacto con los mismos durante el proceso.

## B. Moodboard

El diagrama 13 presenta gráficamente las variables a partir de las cuales se trabajará para encontrar la solución a las necesidades de la empresa.

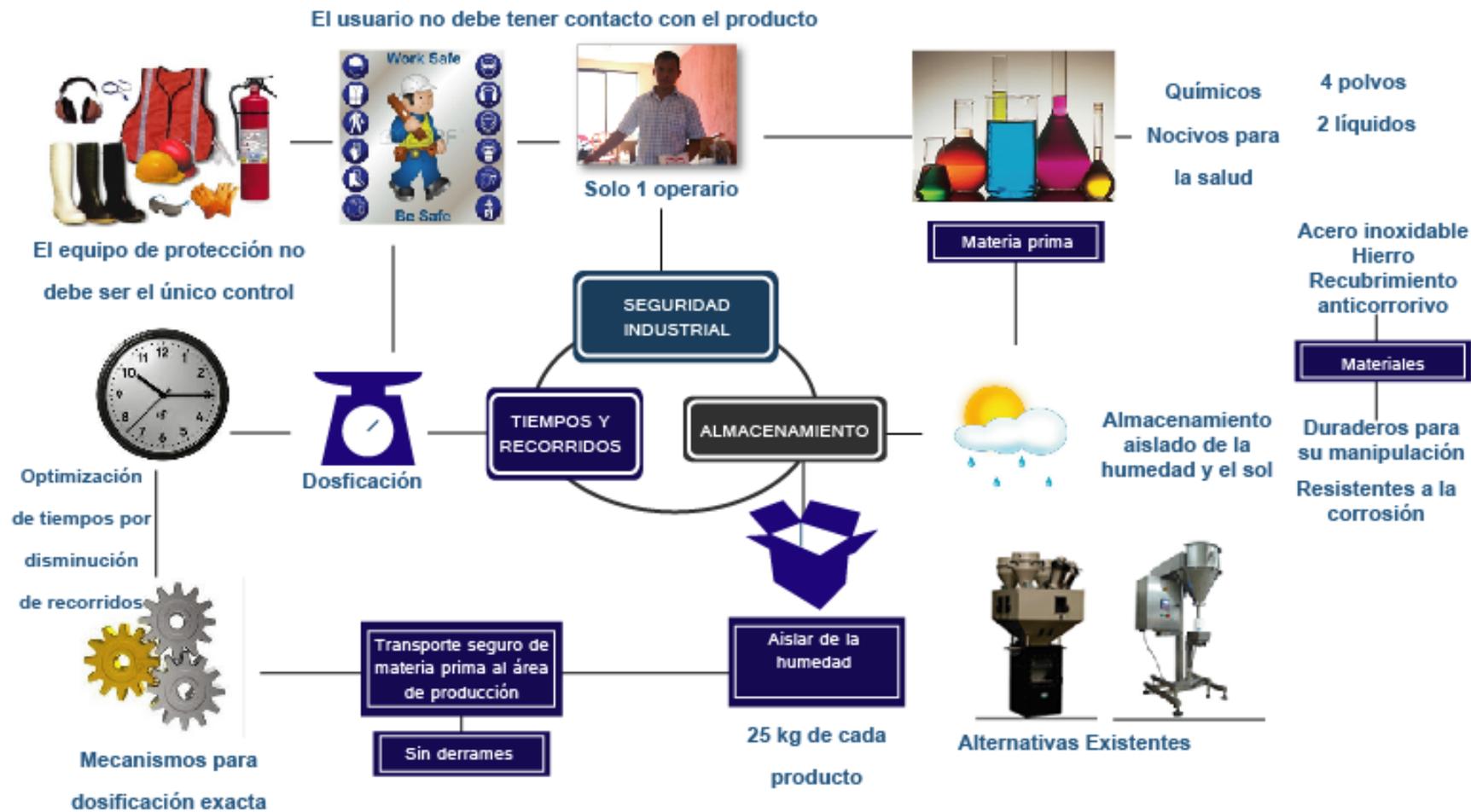


Diagrama 13. Moodboard. Elaboración propia

### C. Bocetaje rápido

En base a las necesidades de la empresa y los requerimientos se llevó a cabo un bocetaje rápido de posibles soluciones. En éste se combinaron algunas de las características de las alternativas existentes que se pueden aplicar en el proyecto.

Se consideraron diferentes formas de almacenamiento, desde embudos para saco hasta tolvas a medida. Así también los elementos como un visor, y una puerta para carga. Cada una se modificó hasta evolucionar en varias propuestas que se muestran en la imagen 28.

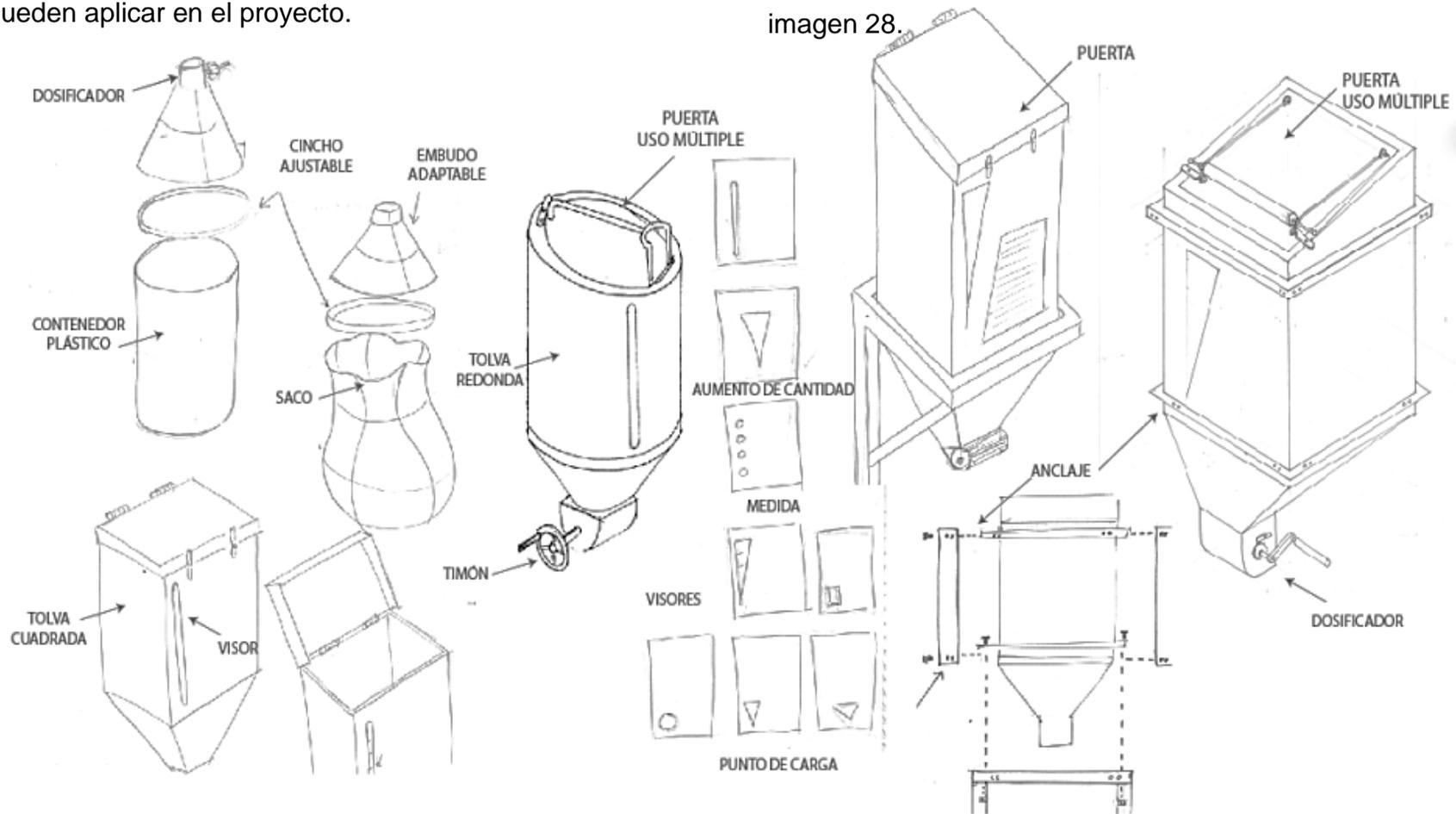


Imagen 28. Bocetaje. Elaboración propia

Al igual que el contenedor, se consideraron las formas de anclaje del mismo. Se exploraron aspectos como forma, tamaño y movimientos. Tomando en cuenta también, la incorporación de la báscula debajo del contenedor y un espacio para dosificar el químico directamente.

Además, se exploraron diferentes formas de cargar el químico en el contenedor, por medio del movimiento del contenedor o de una puerta. En la incorporación de una tolva se consideró una función extra a la puerta, como soporte del saco al momento de carga.

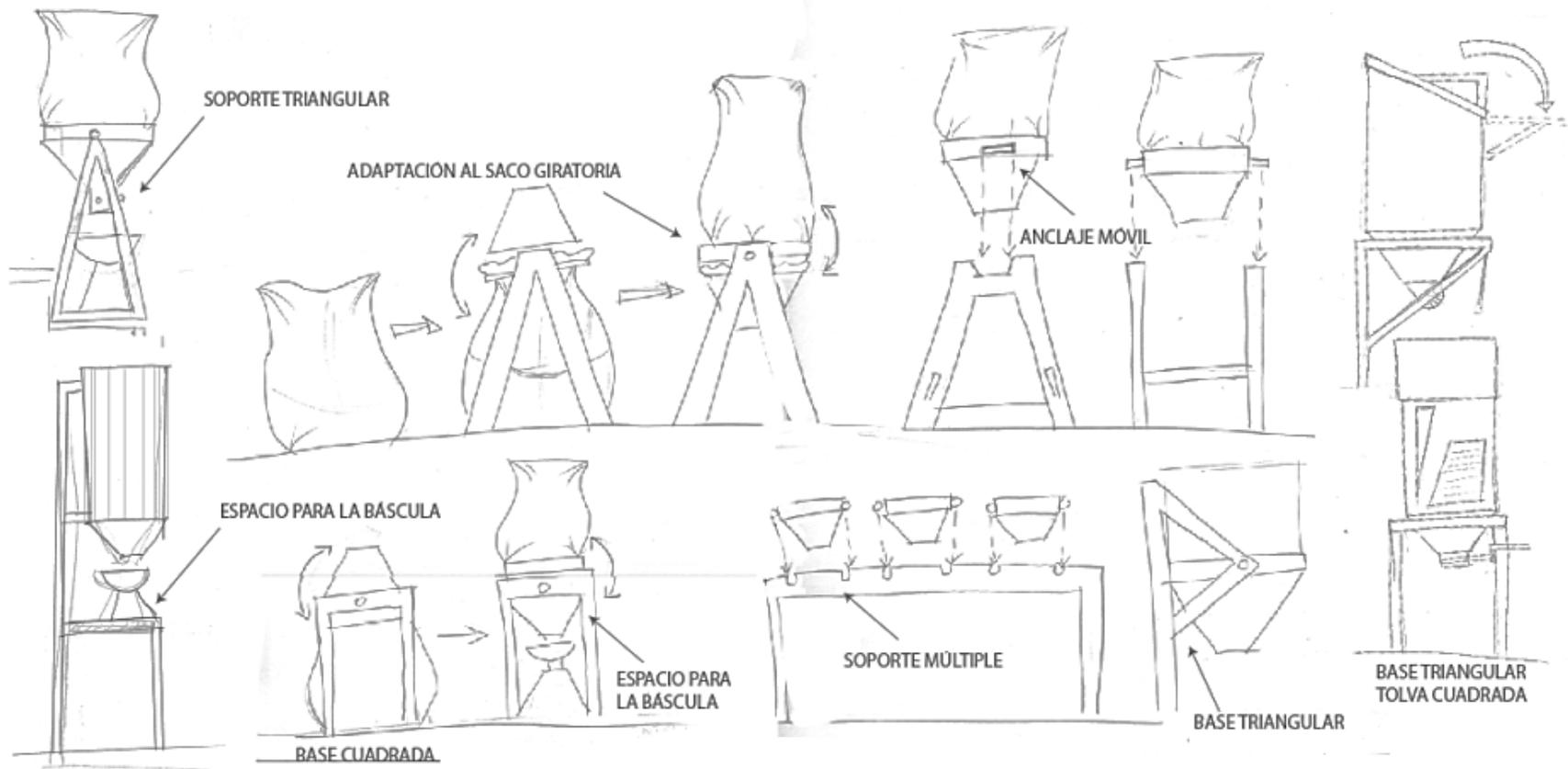


Imagen 29. Bocetaje. Elaboración propia

La dosificación de polvo puede realizarse por distintos métodos, por lo que se evaluaron varias opciones, evolucionando cada una (Imagen 30). Finalmente se determinó que la mejor manera de definir una propuesta que cumpliera con todas las necesidades, era evaluando cada parte individualmente. De este modo se podría obtener una combinación las mejores opciones para cada parte.

Con el objetivo de encontrar la mejor solución para cada parte del proyecto éstas se dividieron en 5 categorías: distribución general, dosificador, mesa y soporte, tolva y transporte de materia prima. De cada una se evaluaron las mejores opciones con la ayuda de matrices morfológicas.

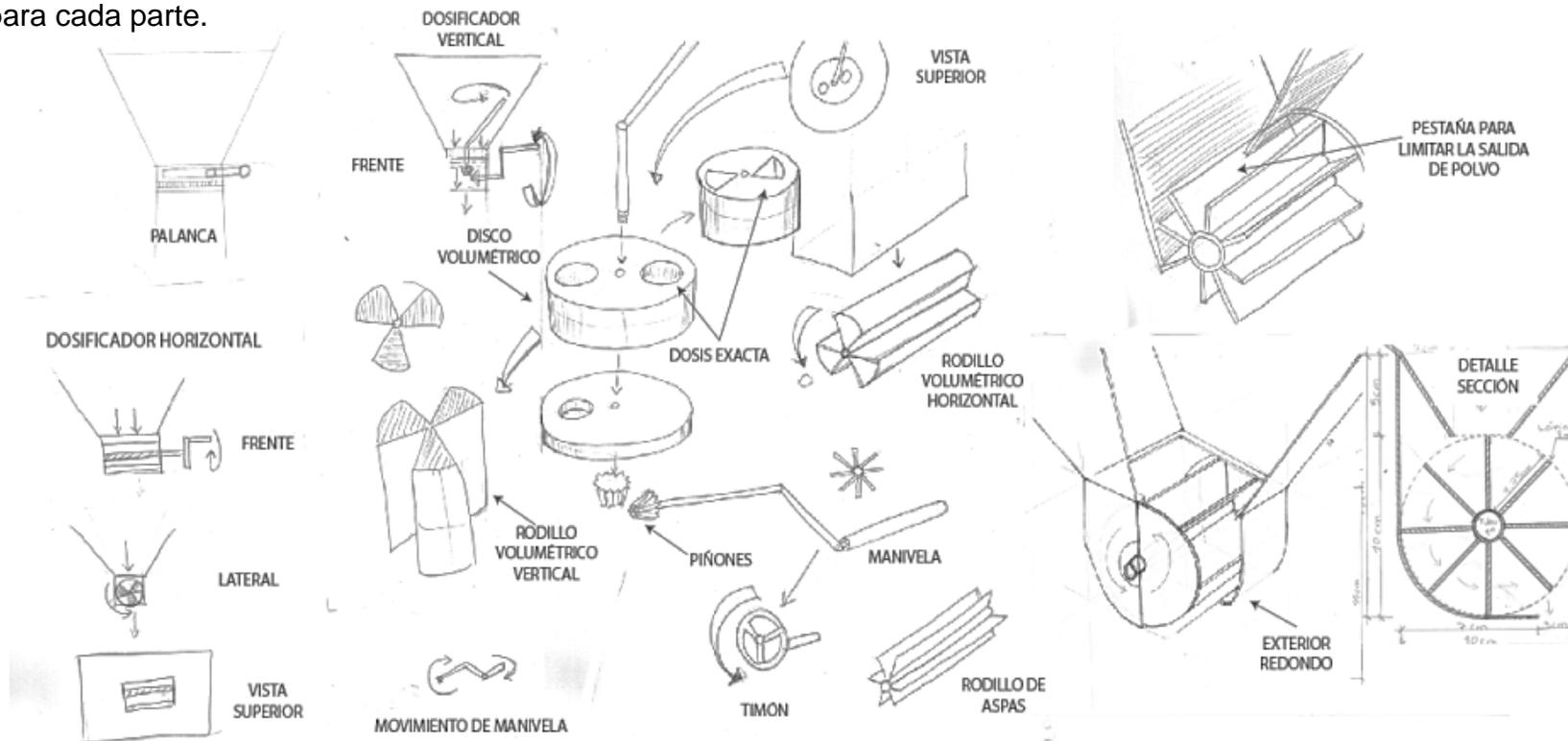
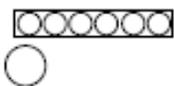
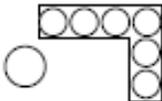
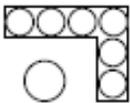


Imagen 30. Bocetaje. Elaboración propia

#### D. Matrices morfológicas y evaluación de propuestas

El desarrollo de propuestas por bocetaje rápido o lluvia de ideas condujo a una serie de opciones para cada categoría del proyecto. De estas se eligieron cuatro por categoría y se evaluaron utilizando tablas PIN (Positivo, negativo e interesante)

DISTRIBUCIÓN GENERAL	L	U	Triangular	Circular
Propuesta				
Positivo	Queda espacio para otras operaciones en el centro	Los recorridos son menores. Queda espacio para otras operaciones en el centro	Es más fácil de transportar la materia prima	El operario no debe moverse de lugar
Negativo	La distancia de los recorridos es mayor	Ocupa dos paredes de la planta	No queda espacio en el centro para la mesa	Es más costoso. La altura es mucho mayor
Interesante	Las operaciones se pueden distribuir en un orden lineal	Se adapta a la distribución actual	La distribución es más compacta	La dosificación es directa de las tolvas al tanque

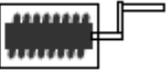
DOSIFICADOR	Compuerta simple	Dosificador de rodillo	Dosificador de disco	Tornillo sin fin
Propuesta				
Positivo	Mecanismo simple	La dosificación puede ser continua. Se puede controlar la cantidad dosificada manualmente.	Se puede dosificar cantidades exactas según el volumen	La dosificación es continua. Se puede controlar manualmente
Negativo	No se puede controlar la cantidad que sale de la tolva	Se puede atorar material en el rodillo	Se puede atorar material entre los discos.	Se requiere más tiempo, funciona mejor con cantidades pequeñas.
Interesante	El material fluye con mayor rapidez	Se adapta bien a una tolva cuadrada. Piezas fáciles de reparar	Se adapta mejor a una tolva redonda	Piezas fáciles de reemplazar

Tabla 19. Matriz morfológica. Elaboración propia

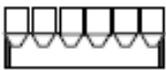
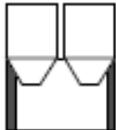
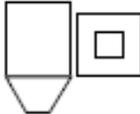
MESA Y SOPORTE	Individual	6 Tolvas	2 Tolvas	Soporte triangular	Soporte cuadrado
Propuesta					
Positivo	Se puede adaptar a diferentes distribuciones de la planta. El peso está distribuido individualmente	Se requiere una sola estructura. Puede ser desmontable	Se puede adaptar a dos formas de distribución. Menos estructuras individuales. Puede ser desmontable.	El soporte es individual. Debe soportar el peso de una sola tolva.	Se puede adaptar a dos formas de distribución. Menos estructuras individuales. Puede ser desmontable.
Negativo	Se requiere más material y trabajo en acabados y estructuras individuales	Solo se adapta a una forma de distribución. Difícil de transportar	Debe soportar el peso de tres tolvas. Es más difícil de transportar	Se requiere un soporte por cada tolva.	Debe soportar el peso de tres a seis tolvas. Es más difícil de transportar
Interesante	Si el cliente lo desea, puede agregar otras para más materiales	Se puede usar una sola balanza para dosificar	Es intermedio entre las otras dos opciones	La balanza pasa fácilmente debajo de la tolva.	Se pueden colocar varias tolvas sobre un mismo soporte.
TOLVA	Tolva cuadrada	Tolva redonda	Adaptación al saco	Contenedor con dosificador	
Propuesta					
Positivo	Materia prima aislada completamente, fácil de producir	Materia prima aislada completamente	Cómodo para el operario	Reducción de costos	
Negativo	Costo elevado	Difícil de producir y costo elevado	Los sacos son de diferentes tamaños. Puede haber exposición a la humedad	Es difícil regresar el material	
Interesante	Se adapta mejor a un dosificador de rodillo	Se adapta mejor a un dosificador de disco	Se economiza material	Se pueden usar los contenedores existentes en el mercado	

Tabla 20. Matriz morfológica. Elaboración propia

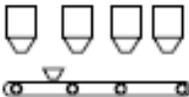
TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA	Operario	Banda transportadora	Carro transportador	Recipientes apilables
Propuesta				
Positivo	No se necesita comprar ni fabricar más utensilios	El operario no debe hacer recorridos	Se requiere un solo recorrido del operario	Se requiere un solo recorrido del operario
Negativo	El operario debe hacer de dos a seis recorridos durante la producción	Se necesitan seis recipientes para dosificación y más mecanismos	Se requiere mayor inversión	El operario debe soportar el peso de todos los químicos
Interesante	Se aprovecha el trabajo del operario	Agiliza el proceso	Se pueden transportar todos los químicos a la vez	Se pueden transportar todos los químicos a la vez

Tabla 21. Matriz morfológica. Elaboración propia

La evaluación de cada matriz llevó a las siguientes conclusiones:

- La distribución general que beneficia más al operario es la triangular pues se reduce la distancia de los recorridos.
- El soporte triangular permite que el operario pueda manejar el contenedor de la báscula con mayor facilidad.
- Tomando en cuenta el espacio disponible, se puede proponer una solución modular.
- El diseño de un módulo de dos productos ayuda a obtener diferentes tipos de distribución general y objetos más pequeños en caso de que se necesiten transportar.
- Una tolva cuadrada reduce costos y si tiene una compuerta se puede recargar si el operario dosifica más producto del necesario.

- Los componentes E y F son mucho más difíciles de dosificar porque uno es en escamas y el otro contiene grumos, por lo que se pueden diluir con anticipación y dosificar en una solución concentrada para la producción.
- El dosificador de rodillo es versátil para que el usuario pueda controlar la cantidad de químico a pesar de una forma manual.

#### **E. Conclusiones de la etapa de bocetaje**

La evaluación de propuestas por lluvia de ideas y matrices morfológicas permitió obtener una amplia variedad de opciones para la solución de la necesidad planteada.

- Cada una de las propuestas se logró evolucionar para que se adaptaran mejor a los requerimientos.
- Con la herramienta de evaluación PIN aplicada a las matrices morfológicas se lograron depurar las opciones que no cumplían con los requerimientos.
- Finalmente se determinaron las mejores características que se definieron como punto de partida para el desarrollo de la propuesta final.
- Se concluyó que un sistema modular aumenta la versatilidad para la distribución de la planta.
- El funcionamiento manual del dispositivo puede operarse mejor con el uso de una manivela.
- La forma de la tolva se puede modificar para facilitar la incorporación de una puerta que además soporte el peso del saco.
- El dosificador de rodillo con aspas es la opción que mejor se adapta a la necesidad del operario de medir manualmente la cantidad dosificada, arrastrando el químico.
- El soporte se definió como una mesa con los contenedores suspendidos encima de la misma, para facilitar el uso de la báscula.

## F. Desarrollo y evaluación de la propuesta final

En base al análisis de cada parte, se desarrolló una propuesta final con las siguientes características:

Distribución general: Consiste en dos módulos de dos tolvas cada uno para dosificar polvos y un módulo de dos envases plásticos para dosificar líquidos. Este tamaño de módulos permitirá que se coloquen de distinta forma según el espacio con el que se cuente en la planta de producción. Se utilizarán los colores que maneja la empresa con sus envases (azul y negro) y estanterías (negro) para que se unifique toda el área.

Dosificador: El dosificador que mejor funcionó según las evaluaciones y la prueba es el de rodillo horizontal. Éste será activado por medio de una manivela que el operario manejará según la cantidad deseada. Esta manivela deberá girar solamente en el sentido de la dosificación para evitar que se filtre polvo en el lado contrario durante el movimiento del rodillo. La caja dosificadora tendrá un lado recto y uno que sigue la curva del rodillo, para que

la dosificación funcione por arrastre del material hacia la salida.

Transporte de materia prima: El operario transportará cada químico dosificado individualmente de la estación de almacenamiento y dosificación a la estación de mezcla.

Mesa y soporte: El soporte de las tolvas funcionará como superficie para deslizar la báscula. Además contará con un espacio para los objetos que utiliza el operario durante la producción y en la parte de abajo una rejilla para colocar entre dos y tres sacos de material para inventario. Se soporta el peso en la tolva con un angular.

Contenedores: Los contenedores para los productos en polvo son tolvas cuadradas hechas en hierro negro con un recubrimiento de fondo y pintura anticorrosiva. En el cuerpo tienen un visor de acrílico para observar el nivel dentro de la misma. En el extremo superior cuenta con una compuerta que además servirá como base para soportar el peso del saco al momento de recargar la tolva. Para facilitar esta operación se colocó la misma en un ángulo de 10°. Además, en la parte frontal se ve una

calcomanía con las propiedades y advertencias del químico contenido. Se recomienda que los contenedores sean de acero inoxidable, aunque para reducir costos se puede utilizar hierro negro recubierto con fondo y pintura. Esto reduce los costos iniciales, aunque requiere un mantenimiento anual de la pintura.

### Descripción gráfica del modelo de solución

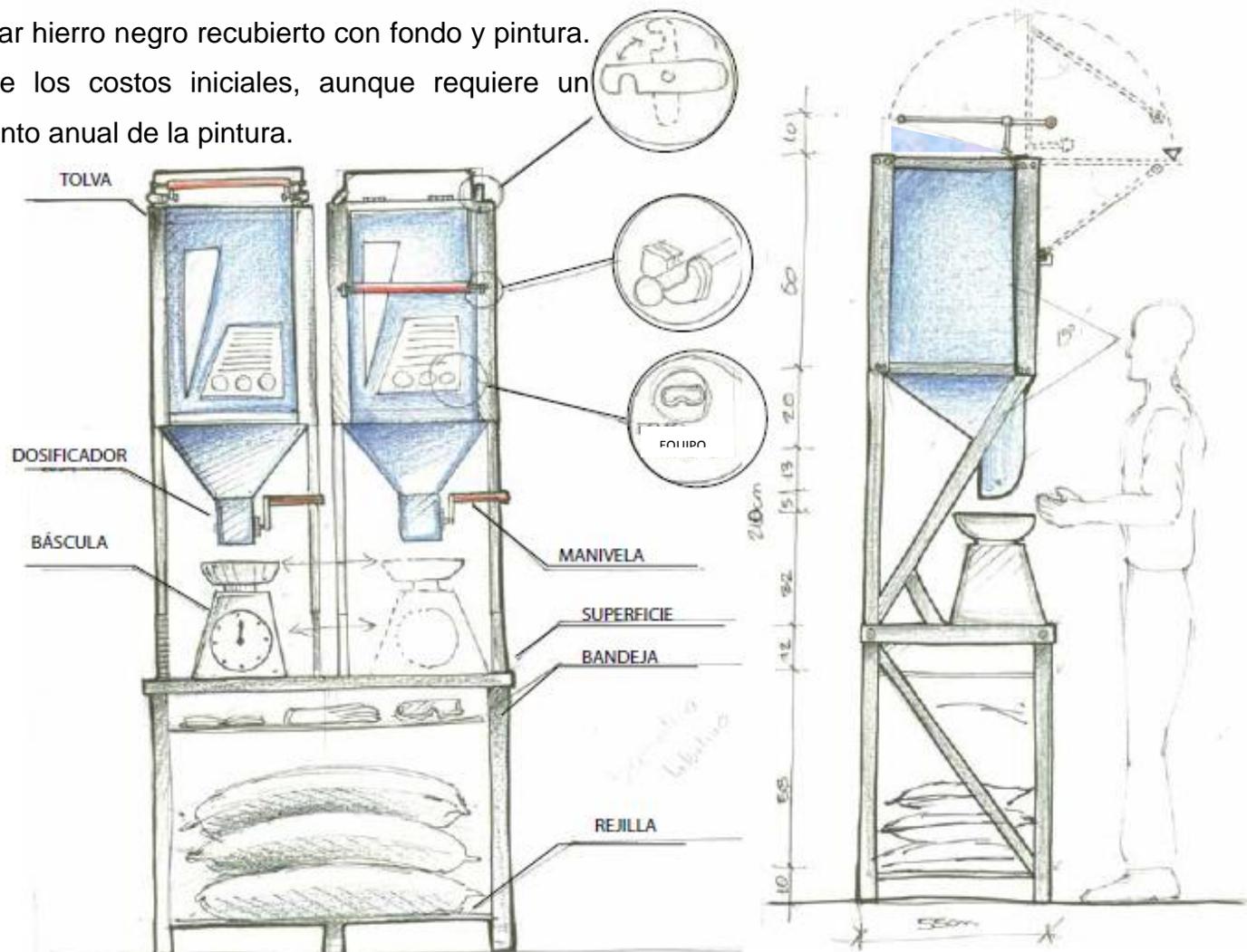


Imagen 30. Desarrollo de la propuesta final-Módulo-1. Elaboración propia

### Descripción gráfica del modelo de solución

Los contenedores para líquidos son envases de 5 galones como los que se usan en la empresa con grifos en la tapadera y sobre una estructura metálica para dosificar en envases con medida.

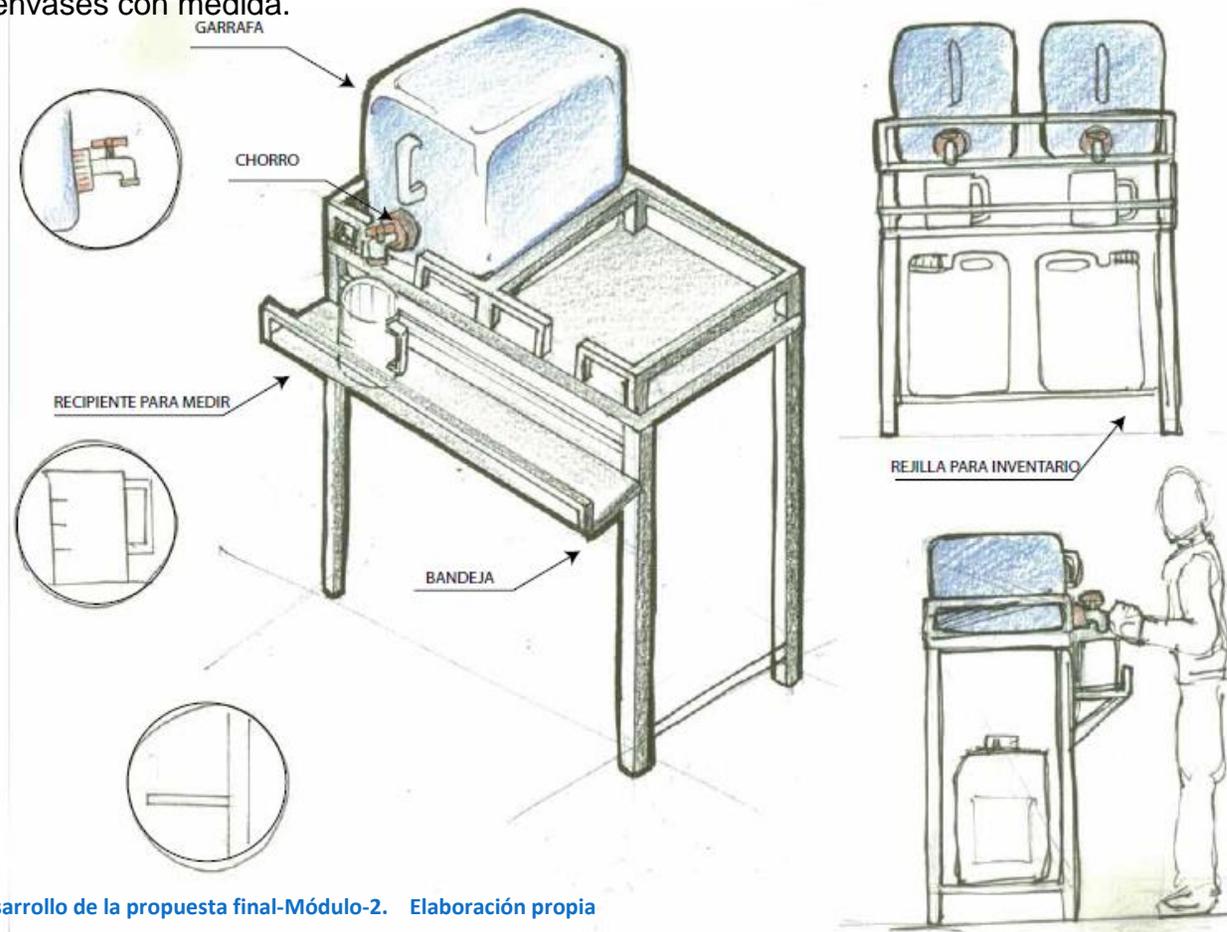


Imagen 31. Desarrollo de la propuesta final-Módulo-2. Elaboración propia

Pruebas: En base al diseño propuesto se realizó una primera prueba con una maqueta. Se comprobó que las medidas y formas fueran las adecuadas. Además, se verificó que el dosificador funcionara correctamente para la dosificación.



Imagen 32. Desarrollo de pruebas. Elaboración propia

### Tabla de evaluación de requerimientos

	1	2	3	4	5
Se califica 1 como el que menos cumple y 5 como el que más cumple					
Debe adecuarse a la capacidad económica de la empresa, con un costo máximo de Q. 10,000.00				X	
Se debe adaptar a un espacio de 4m <sup>2</sup>				X	
Los materiales y acabados deben ser resistentes a la corrosión causada por el medio ambiente y el contacto con los químicos que utiliza la empresa.			X		
El área de producción debe estar ventilada, por lo que debe ubicarse en el exterior de la planta.					X
Debe poder manejarlo un solo operario.					X
Cada pieza individual debe tener una altura máxima de 2.10 metros y un ancho máximo de 60 cm para que pueda ser trasladado a través de cualquier puerta.					X
Los rótulos e indicadores deben estar ubicados en un ángulo de 15o de la altura ocular del usuario.				X	
Debe poder almacenarse la materia prima aislada de la humedad, utilizando contenedores herméticos.					X
Debe poder almacenarse un mínimo de 25 kg de cada materia prima.					X
Cada contenedor debe estar identificado con un rótulo donde se indique el químico contenido y las precauciones que se deben tomar.					X
Debe poder medirse entre 0.5 a 6 libras de cada producto en polvo.				X	

Tabla 22. Evaluación de requerimientos. Elaboración propia

**Observaciones:** Esta propuesta se evaluó contra los requerimientos y se comparó con las pruebas realizadas anteriormente. Además se presentaron los resultados a otras personas para obtener mejores resultados y mejoras de la misma. Por lo que se obtuvieron las siguientes observaciones:

- La puerta colocada en el extremo superior dificulta la carga del material a la tolva, por lo que debería ubicarse más abajo.
- La bandeja para colocar los objetos del operario los expone a contaminación de químicos, por lo que es preferible no colocarla.

- El acceso a la puerta debería estar restringido solamente para personal autorizado, por lo que se puede colocar una chapa con llave.
- El tipo de soporte que se propone representa mayor material del necesario, por lo que se puede eliminar y reducir costos.
- En base a las pruebas la manivela debe girar hacia adelante y no hacia atrás, pues el usuario relaciona el movimiento hacia adelante con la salida del polvo, por lo que el dosificador debería colocarse al revés.
- El dosificador debe tener 8 y no 6 aspas.

Estas observaciones se tomaron en cuenta para nuevas pruebas y bocetaje a fin de llegar a un modelo de solución más completo.

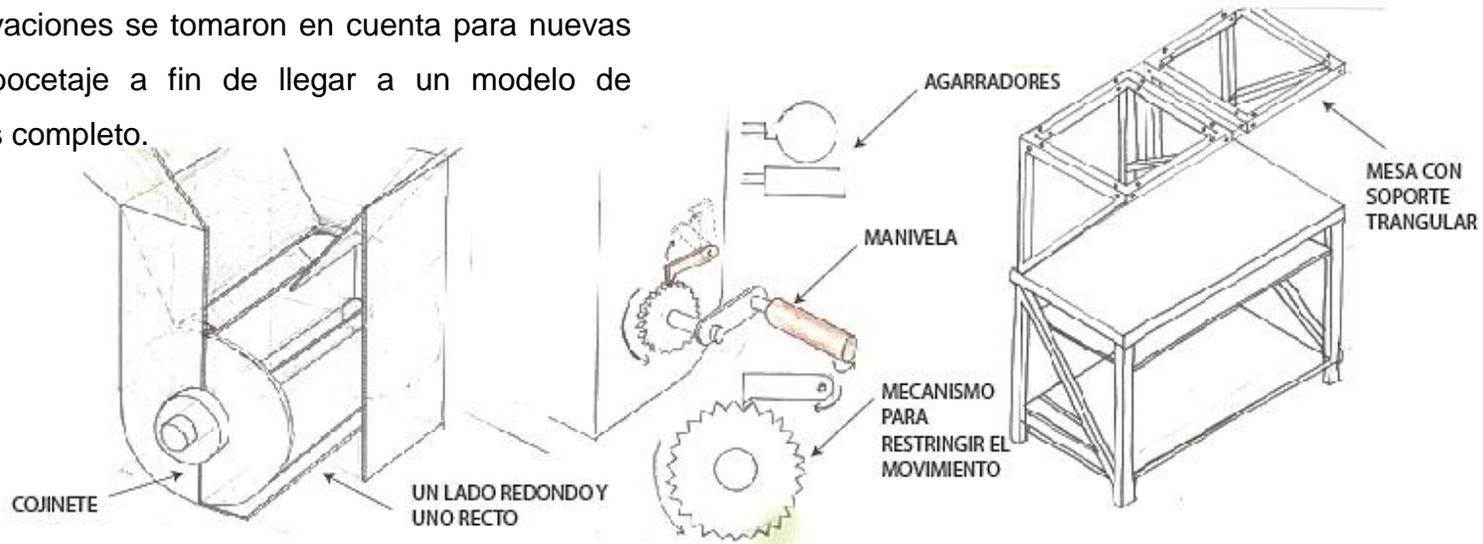


Imagen 33. Desarrollo de la propuesta final-Módulo 1. Elaboración propia

## VII. MATERIALIZACIÓN

### A. Modelo de solución

La etapa de bocetaje y evaluación de propuestas dio como resultado una propuesta final. Luego se realizaron planos y manual de ensamble. En base a los que se fabricó un prototipo como se muestra en la imagen.



Imagen 34. Modelo de solución Módulo 1. Fotografía propia



El modelo de solución consiste en dos módulos de dosificadores. El primero es para dosificar productos químicos en polvo de forma manual y el segundo es para dosificar productos líquidos. A continuación se describe cada uno y sus características.

- Dosificador de polvos

Este dosificador es un módulo de dos tolvas con un rodillo incorporado que permite que el producto fluya de una forma controlada. Se controla manualmente con una manivela que gira en un solo sentido. De manera que el polvo solo puede salir de la tolva si el operario gira el rodillo. La caja posee de un lado una curva para que las aspapas del rodillo arrastren el químico, mientras del otro lado es completamente plano. Para asegurar un mejor aislamiento del producto, la caja contiene dos partes, una en la que está ubicado el rodillo y otra en la que se encuentran los cojinetes y tornillos. Esta caja se puede desarmar en caso de necesitar una limpieza o mantenimiento para cualquiera de sus partes.



Imagen 35. Modelo de solución- detalles Módulo 1. Fotografía propia

Cada tolva incluye un visor de acrílico para que se pueda observar la cantidad que tiene y si es necesario cargar más químico a la misma. Estas se pueden cargar utilizando la puerta horizontal que funciona también como embudo, pues su forma no deja que el químico caiga fuera de la tolva. Además al cerrarla se sella con un empaque y se cierra con llave para que solo el personal autorizado pueda tener acceso a las mismas. Las pestañas laterales internas también tienen un doblez que le da soporte a la puerta cuando está abierta para que el operario pueda utilizarla de soporte mientras carga el saco.



Imagen 36. Modelo de solución- detalles Módulo 1. Fotografía propia

Las dos tolvas están atornilladas sobre una estructura de tubo cuadrado con tornillos de acero inoxidable para asegurar su durabilidad. Ésta tiene un soporte triangular individual para cada tolva, con el fin de que soporte más peso. Además, se dejó el espacio necesario para que se pueda deslizar una báscula debajo de ellas, con la cual el operario podrá pesar el

producto dosificado. Si se desea mantener producto de reserva, en la parte de abajo de la estructura se encuentra una reja, en la que se pueden colocar sacos sellados de producto. La reja se colocó en una forma triangular para seguir la línea de diseño. Todas las piezas tienen una capa de pintura anticorrosiva de fondo y otras dos de pintura de color. Se utilizaron los colores azul y negro, siguiendo el concepto que tiene la empresa.



Imagen 37. Modelo de solución- detalles Módulo 1. Fotografía propia

- Dosificador de líquidos

Como una alternativa a la dosificación de polvos y para disminuir tiempo de producción se plantea diluir los componentes E y F previamente en agua y añadirlos en esta forma durante la producción con un sistema de trasiego por gravedad.

Se diseñó un módulo que contiene dos envases plásticos de 20 litros cada uno como los que utiliza la empresa para entregar sus productos. Para dosificar con mayor facilidad se colocó un grifo en la tapadera de cada uno.



Imagen 38. Modelo de solución- detalles Módulo 2. Fotografía propia

Estos envases están soportados por una estructura que los mantiene en posición horizontal. Debajo de ellos, hay una superficie con dos envases medidores, de manera que el operario puede dosificar el

producto de una forma rápida y fácil. Al igual que el módulo dosificador de polvos, en este se incluye una reja en la parte de abajo para colocar producto de reserva. Esto además, ayuda a aprovechar mejor el espacio dentro de la planta de producción.



Imagen 39. Modelo de solución- detalles Módulo 2. Fotografía propia

- Etiquetas

Como medida de seguridad cada uno de los contenedores lleva una etiqueta indicando las medidas de seguridad apropiadas para cada químico. Para identificar mejor los componentes, se asignó un color al contorno de cada etiqueta.



Imagen 40. Etiqueta. Elaboración propia

## B. Manual de usuario

### MANUAL DE USUARIO

### CARGA DE PRODUCTO



1. Abrir la tolva



2. Subir el saco



3. Colocar el saco en la base



4. Verter el contenido



5. Cerrar con llave

\*\*\*\*Utilizar una escalera pequeña para este procedimiento y el equipo de protección necesario\*\*\*\*





1. Colocar la balanza debajo de la salida de la tolva



2. Girar la manivela hacia adelante para verter el contenido de la tolva en el recipiente de la báscula



3. Añadir el químico a la mezcla



4. Deslizar la báscula para pesar el siguiente producto

\*\*\*\*Durante todo el proceso utilizar el equipo de protección necesario\*\*\*\*



1. Preparar una solución de cada producto al 50% y Envasar en recipientes de 20 lts

2. Cerrar con la tapadera con grifo incorporado



3. Colocar en la base como se indica en la imagen

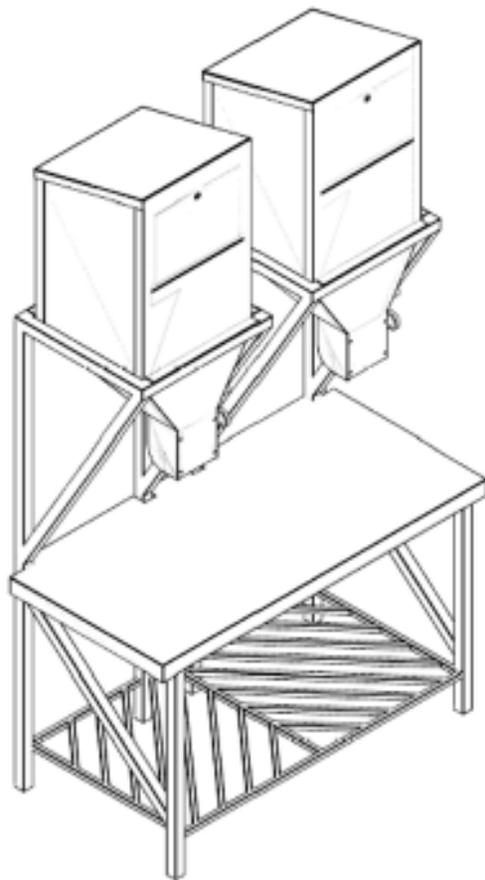


4. Verter el contenido en el envase según la medida indicada

\*\*\*\*Durante todo el proceso utilizar el equipo de protección necesario\*\*\*\*



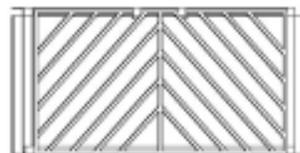
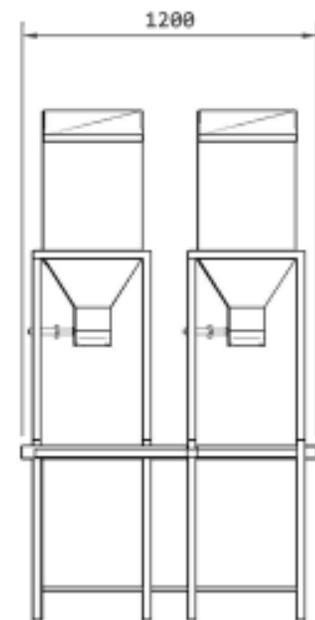
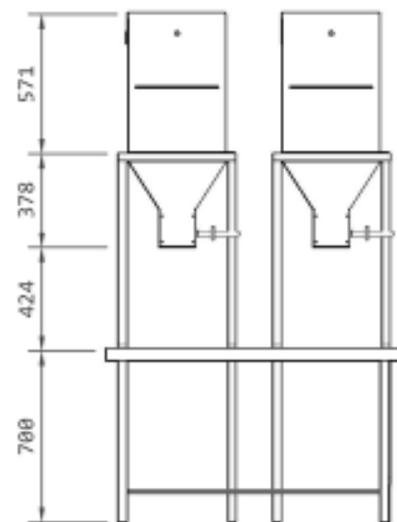
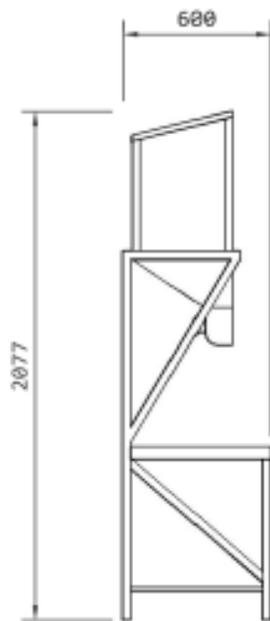
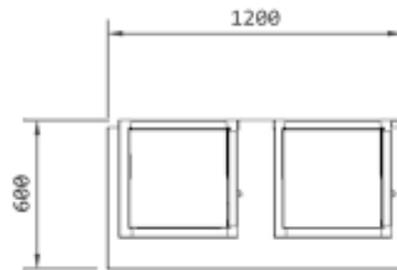
## C. Planos



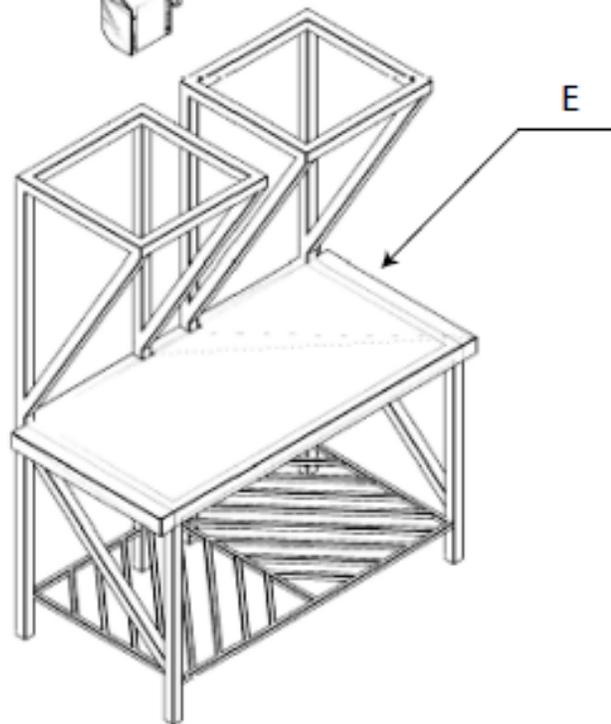
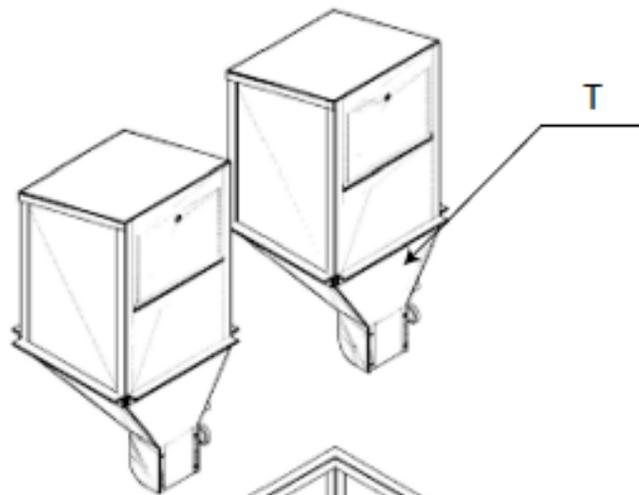
VISTA ISOMÉTRICA MÓDULO1  
ESC 1:20

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	ISOMÉTRICA MÓDULO 1	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 1/31

**VISTAS ORTOGONALES MÓDULO1**  
**ESC 1:30**



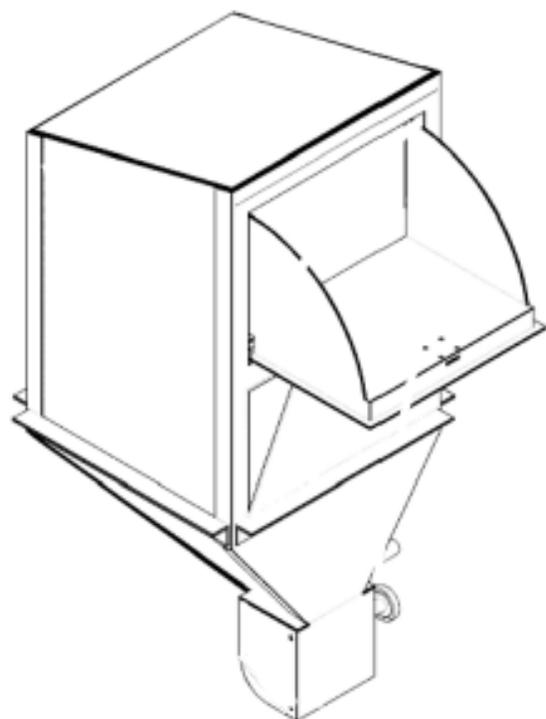
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	VISTAS ORTOGONALES MÓDULO 1	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM PLANO 2/31
NOVIEMBRE 2014		



**DESPIECE GENERAL - MÓDULO 1**  
 ESC 1:20

PIEZA	MATERIAL	ACABADO	CANT.
T- TOLVA	VARIOS	PINTURA EPÓXICA AZUL	2
E- ESTRUCTURA	TUBO CUADRADO	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	1

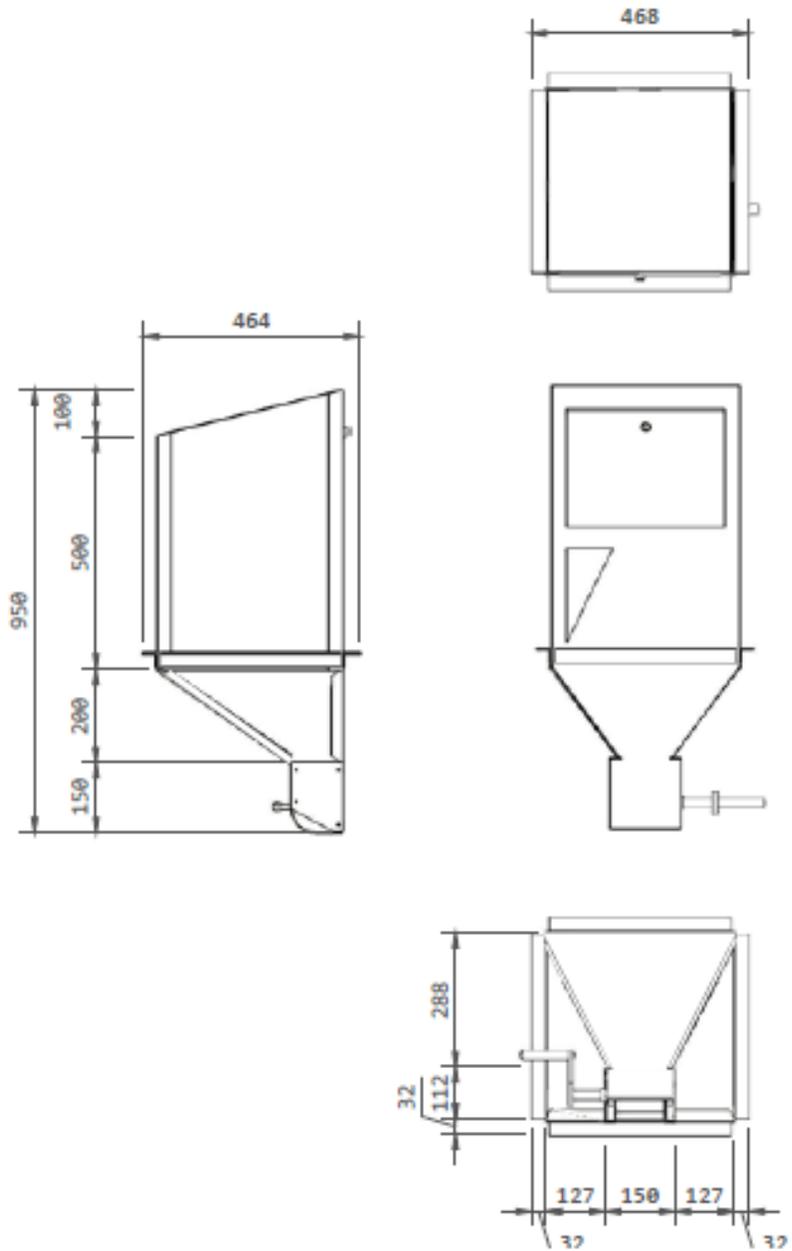
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	DESPIECE MÓDULO 1	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 3/31



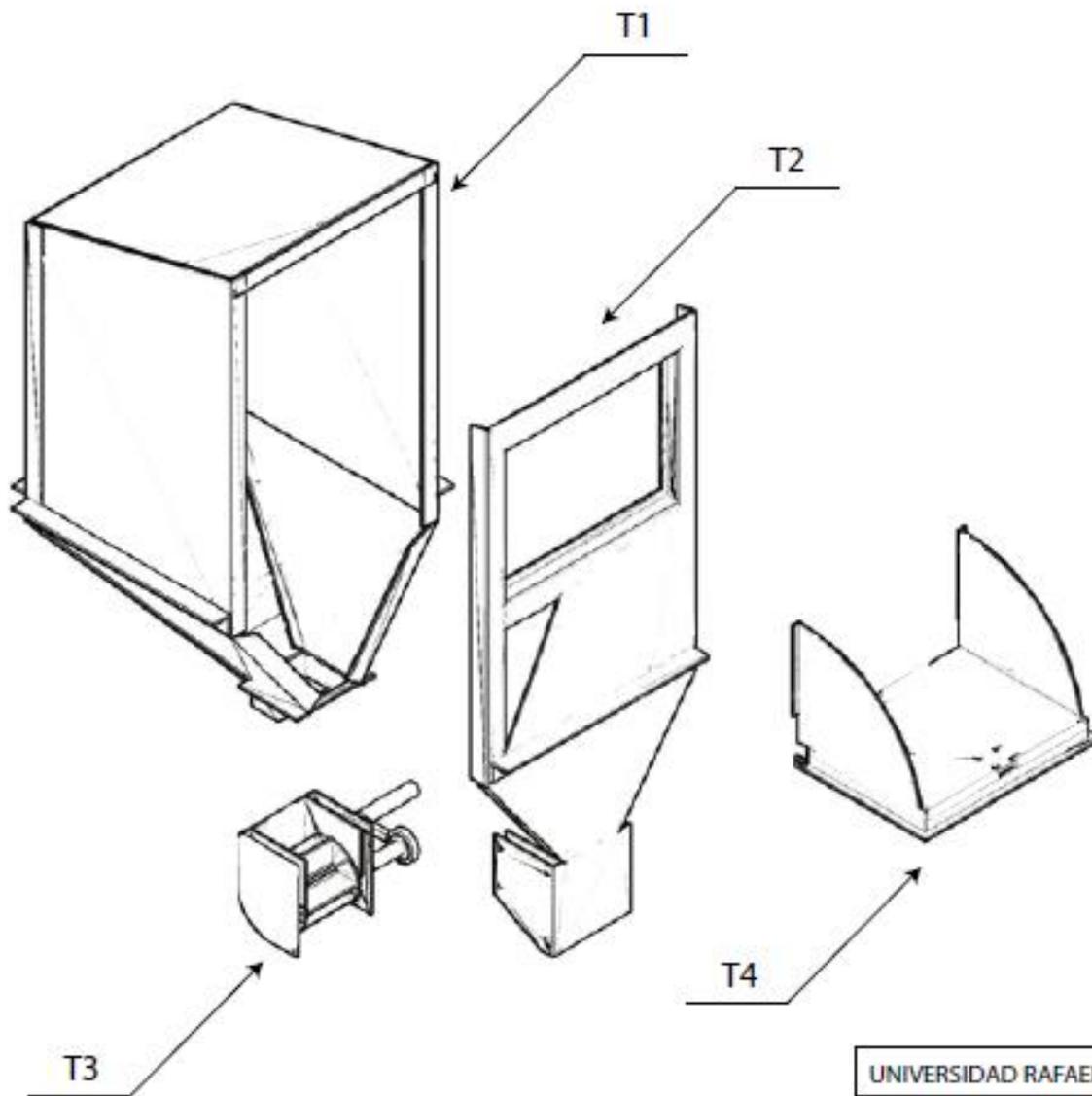
VISTA ISOMÉTRICA -TOLVA  
ESC 1:10

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	VISTA ISOMÉTRICA TOLVA	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 4/31

**VISTAS ORTOGONALES - TOLVA**  
 ESC 1:16



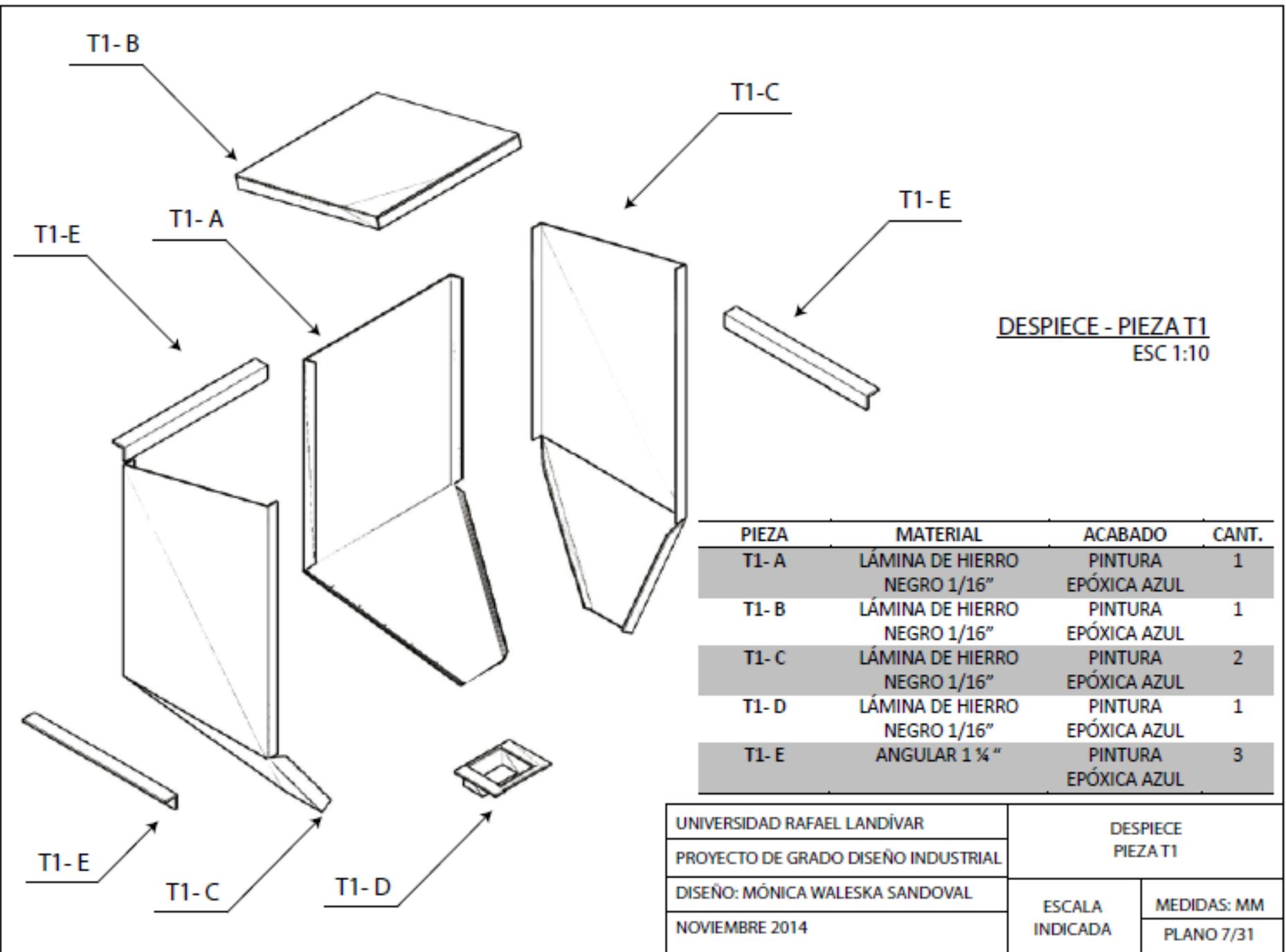
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR		VISTAS ORTOGONALES TOLVA	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL			
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL		ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014			PLANO 5/31



**DESPIECE - TOLVA**  
 ESC 1:10

PZA.	DESCRIPCIÓN	CANT.
T1	CAJÓN	1
T2	CARA FRONTAL	1
T3	DOSIFICADOR	1
T4	COMPUERTA	1

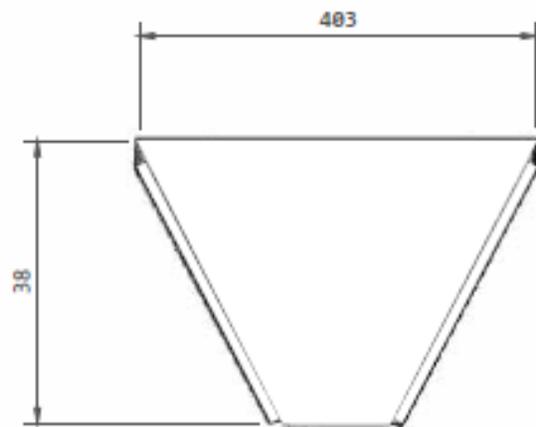
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	DESPIECE TOLVA	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 6/31



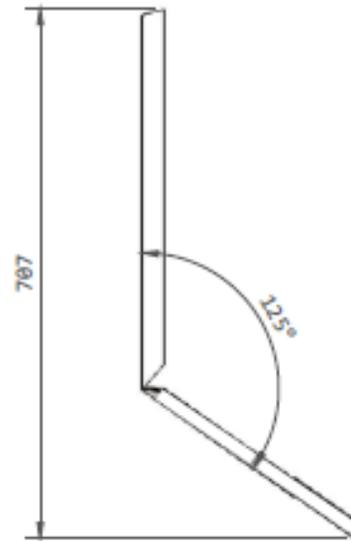
PIEZA	MATERIAL	ACABADO	CANT.
T1- A	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/16"	PINTURA EPÓXICA AZUL	1
T1- B	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/16"	PINTURA EPÓXICA AZUL	1
T1- C	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/16"	PINTURA EPÓXICA AZUL	2
T1- D	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/16"	PINTURA EPÓXICA AZUL	1
T1- E	ANGULAR 1 ¼"	PINTURA EPÓXICA AZUL	3

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	DESPIECE PIEZA T1	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 7/31

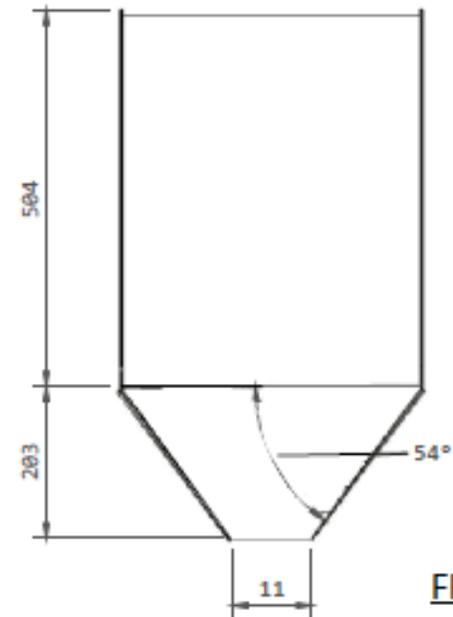
**VISTAS - PZAT1-A**  
ESC 1:10



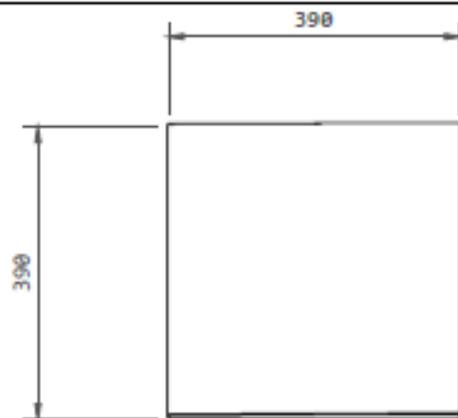
**SUPERIOR**



**LATERAL**

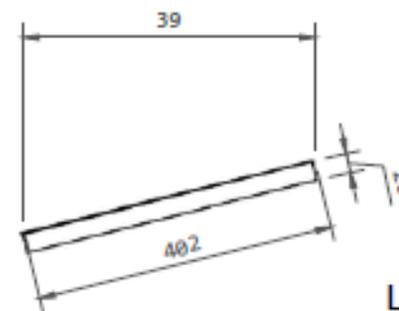


**FRONTAL**



**VISTAS - PZAT1-B**  
ESC 1:10

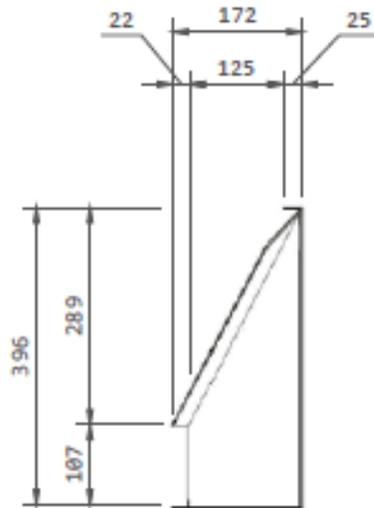
**SUPERIOR**



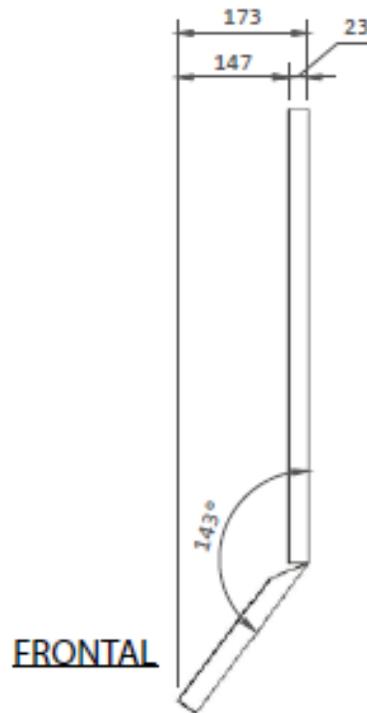
**LATERAL**

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	VISTAS ORTOGONALES PIEZA T1	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 8/31

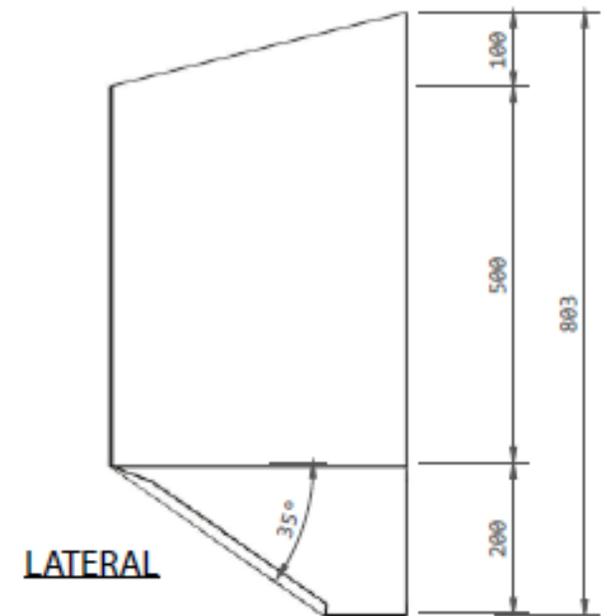
**VISTAS - PZA T1-C**  
**ESC 1:10**



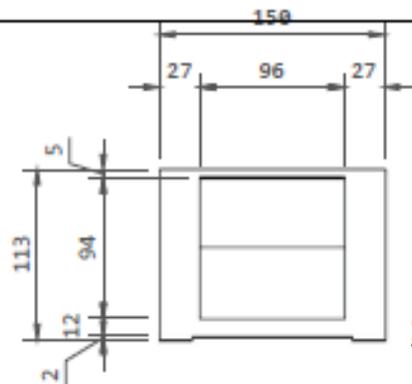
**SUPERIOR**



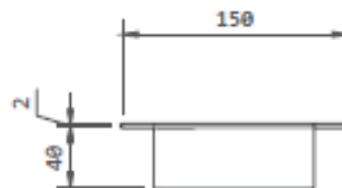
**FRONTAL**



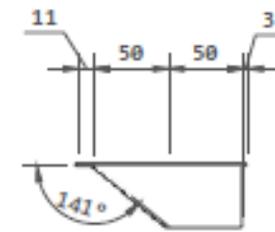
**LATERAL**



**SUPERIOR**



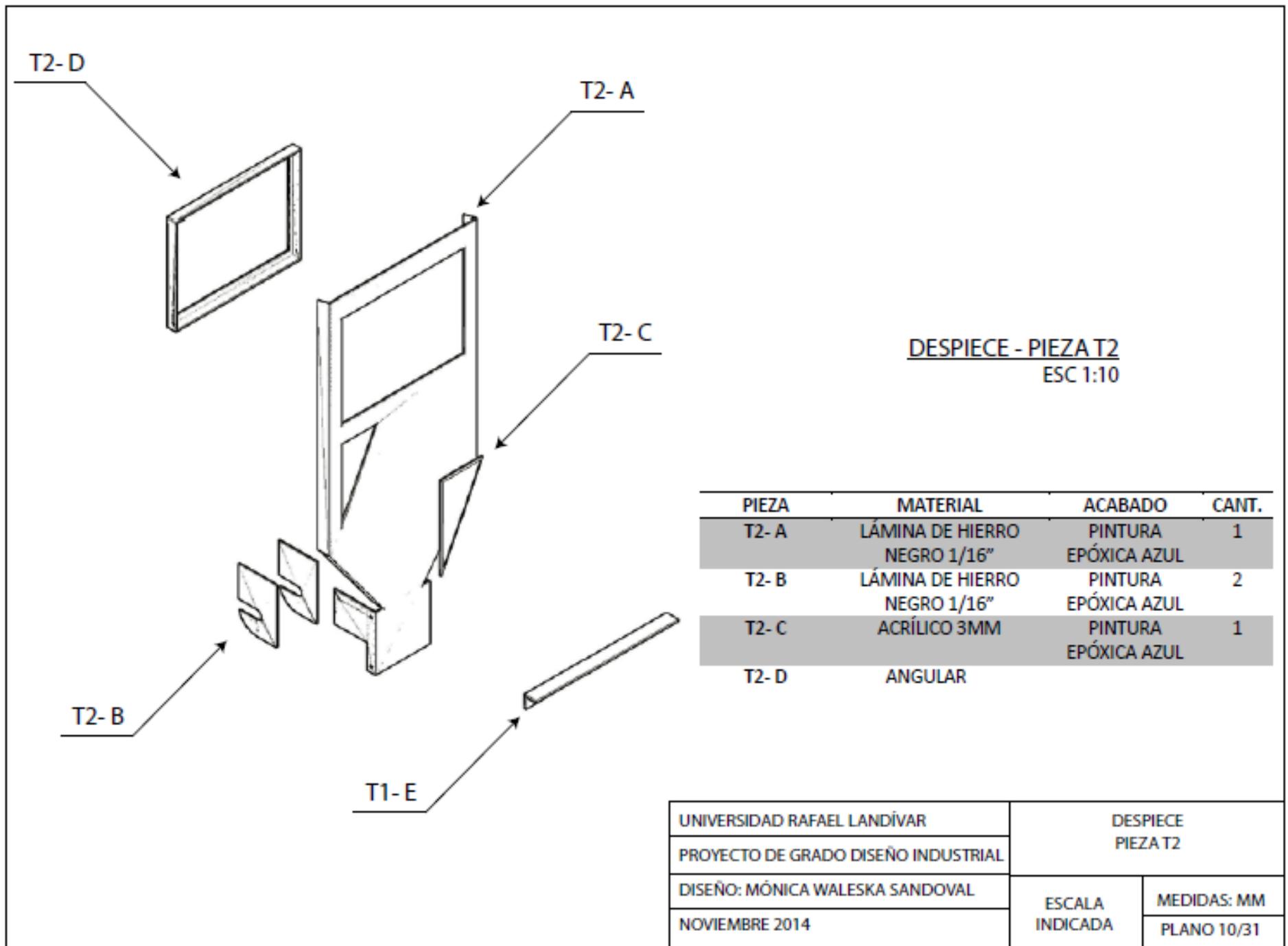
**FRONTAL**



**LATERAL**

**VISTAS - PZA T1 - D**  
**ESC 1:5**

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	VISTAS ORTOGONALES PIEZA T1	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 9/31

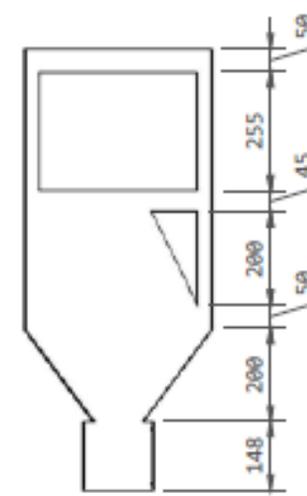
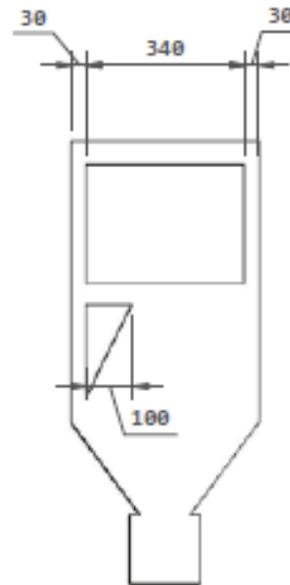
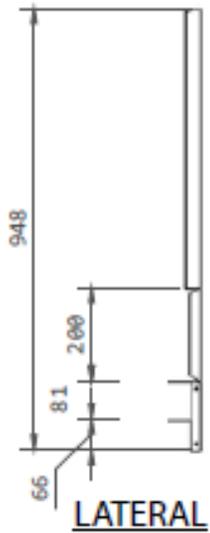
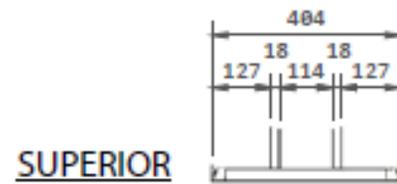


**DESPIECE - PIEZA T2**  
 ESC 1:10

PIEZA	MATERIAL	ACABADO	CANT.
T2- A	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/16"	PINTURA EPÓXICA AZUL	1
T2- B	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/16"	PINTURA EPÓXICA AZUL	2
T2- C	ACRÍLICO 3MM	PINTURA EPÓXICA AZUL	1
T2- D	ANGULAR		

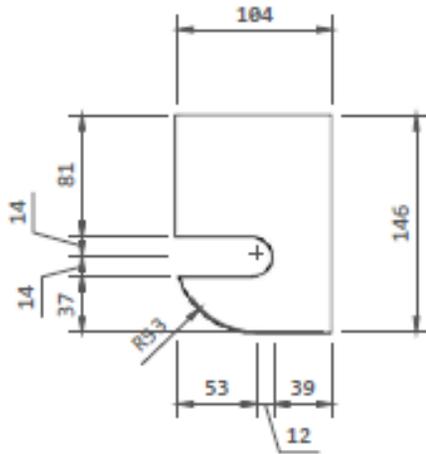
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	DESPIECE PIEZA T2	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 10/31

VISTAS - PZAT2-A  
 ESC 1:10

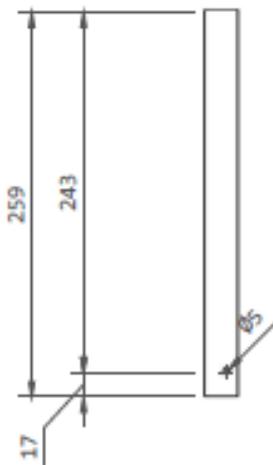
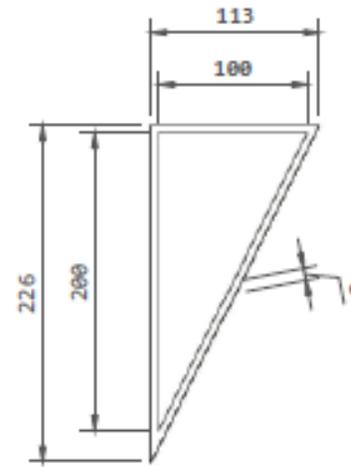


UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	VISTAS ORTOGONALES PIEZA T2	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 11/31

**VISTA - PZA T2-B**  
ESC 1:5

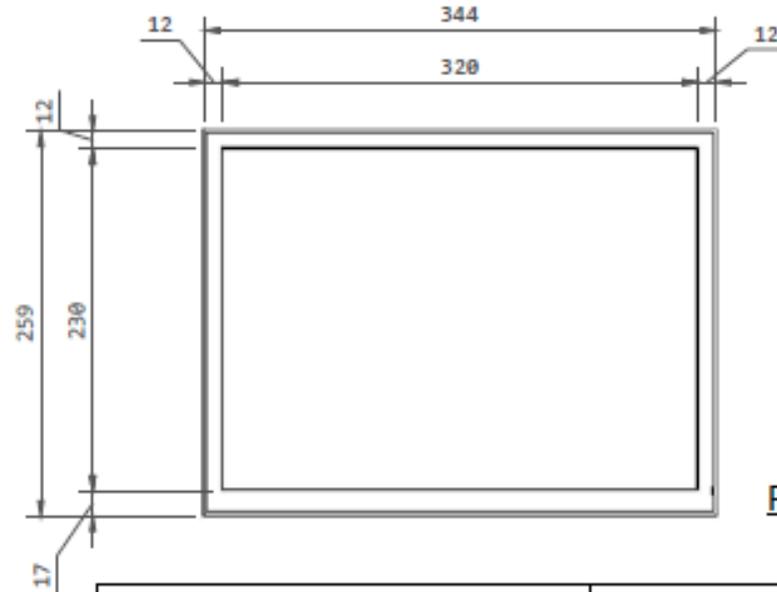


**VISTA - PZA T2-C**  
ESC 1:5



**LATERAL**

**VISTAS - PZA T2-D**  
ESC 1:10



**FRONTAL**

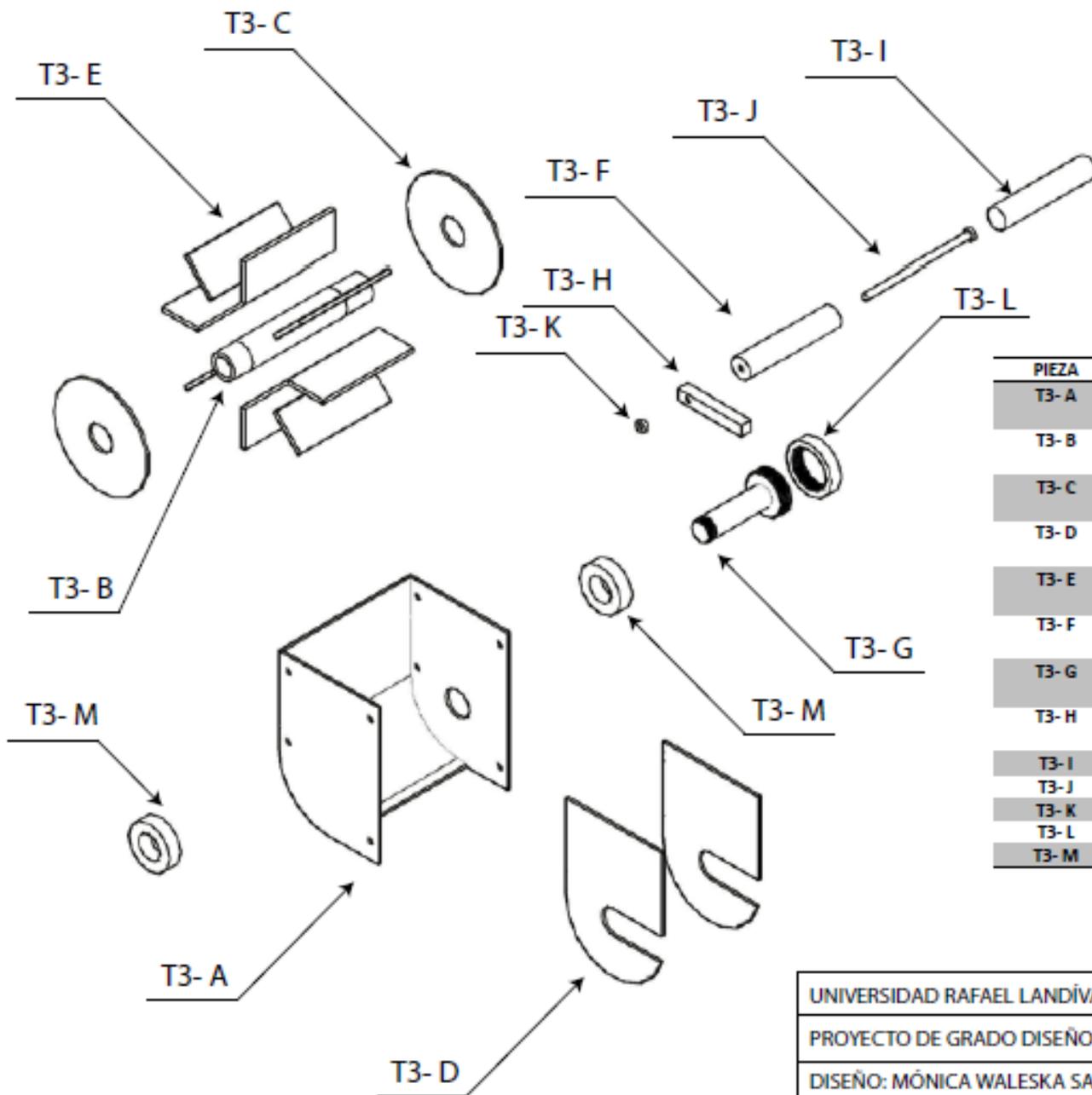
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR  
 PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL  
 DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL  
 NOVIEMBRE 2014

VISTAS ORTOGONALES  
 PIEZA T2

ESCALA  
 INDICADA

MEDIDAS: MM  
 PLANO 12/31

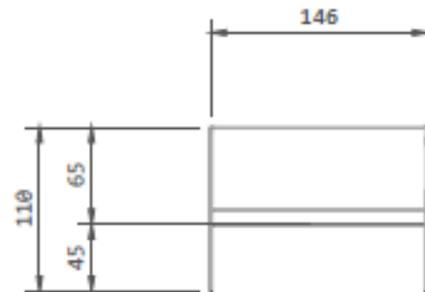
**DESPIECE - PIEZA T3**  
ESC 1:5



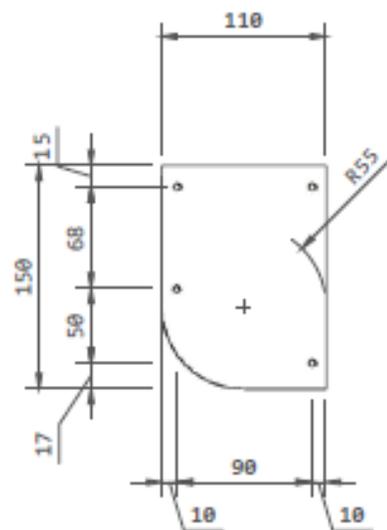
PIEZA	MATERIAL	ACABADO	CANT.
T3-A	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/16"	PINTURA EPÓXICA AZUL	1
T3-B	TUBO PROCESO 1/4"	PINTURA EPÓXICA ROJA	1
T3-C	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/16"	PINTURA EPÓXICA ROJA	2
T3-D	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/16"	PINTURA EPÓXICA AZUL	2
T3-E	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/16"	PINTURA EPÓXICA ROJA	8
T3-F	TUBO PROCESO 1/4"	PINTURA ANTICORROSIVA	1
T3-G	PIEZA A MEDIDA HIERRO NEGRO	PINTURA EPÓXICA ROJA	2
T3-H	TUBO CUADRADO 1/4"	PINTURA EPÓXICA ROJA	1
T3-I	MANGO DE BICICLETA	-	1
T3-J	PERNO 4"	-	1
T3-K	TUERCA Y ROLDANA 1/4"	-	1
T3-L	PIÑÓN DE BICICLETA	PINTURA ROJA	1
T3-M	COJINETE 25MM	-	2

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	DESPIECE PIEZA T3	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 13/31

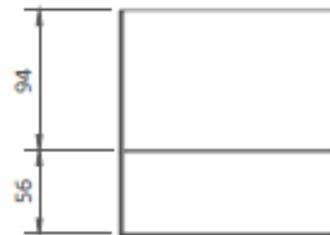
VISTAS - PZA T3-A  
 ESC 1:5



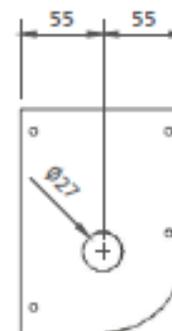
SUPERIOR



LATERAL IZQUIERDO



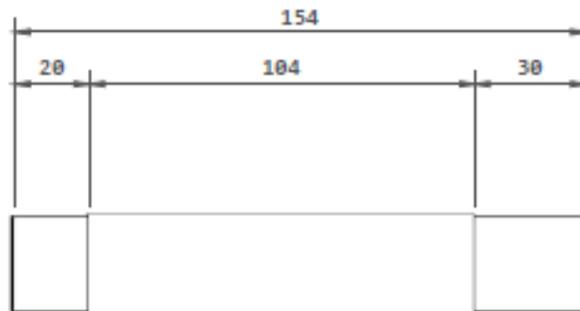
FRONTAL



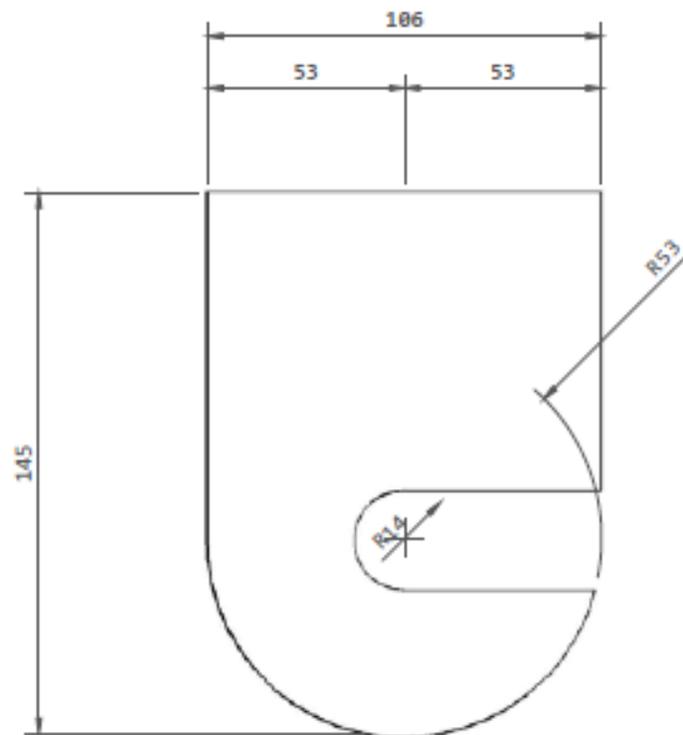
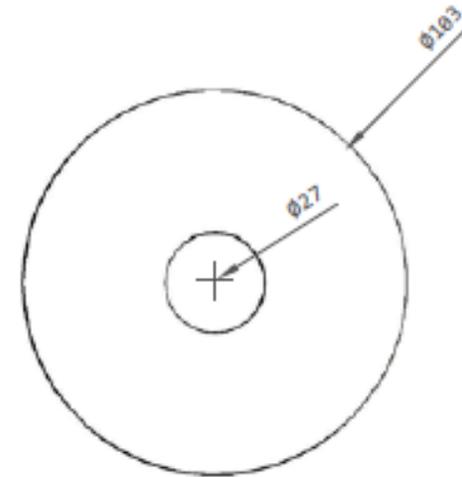
LATERAL DERECHO

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR		VISTAS ORTOGONALES	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		PIEZA T3	
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL		ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014			PLANO 14/31

**VISTA - PZA T3-B**  
ESC 1:2

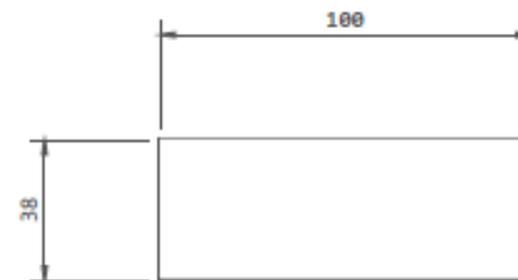


**VISTA - PZA T3-C**  
ESC 1:2



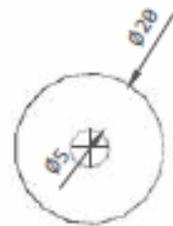
**VISTAS - PZA T3-D**  
ESC 1:2

**VISTA - PZA T3-E**  
ESC 1:2

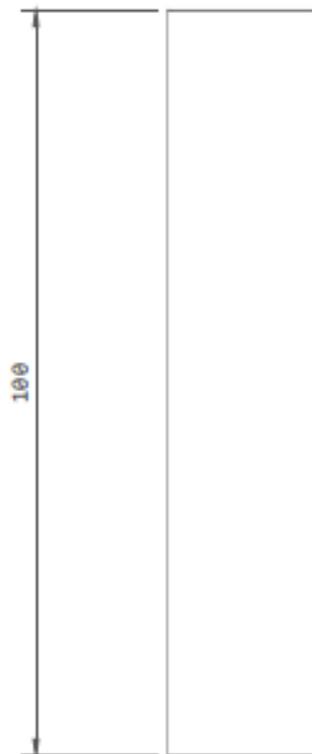


UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	VISTAS ORTOGONALES PIEZA T3	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 15/31

**VISTAS - PZA T3-F**  
ESC 1:2

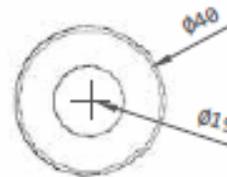


**SUPERIOR**

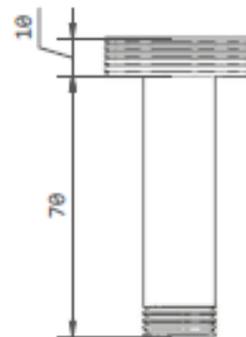


**FRONTAL**

**VISTAS - PZA T3-G**  
ESC 1:2

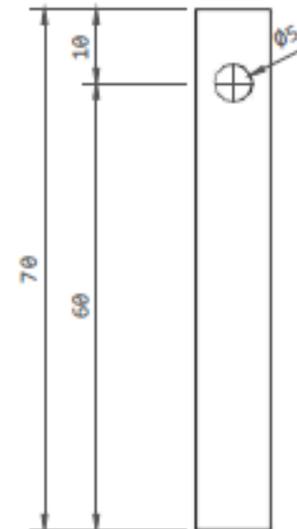


**SUPERIOR**



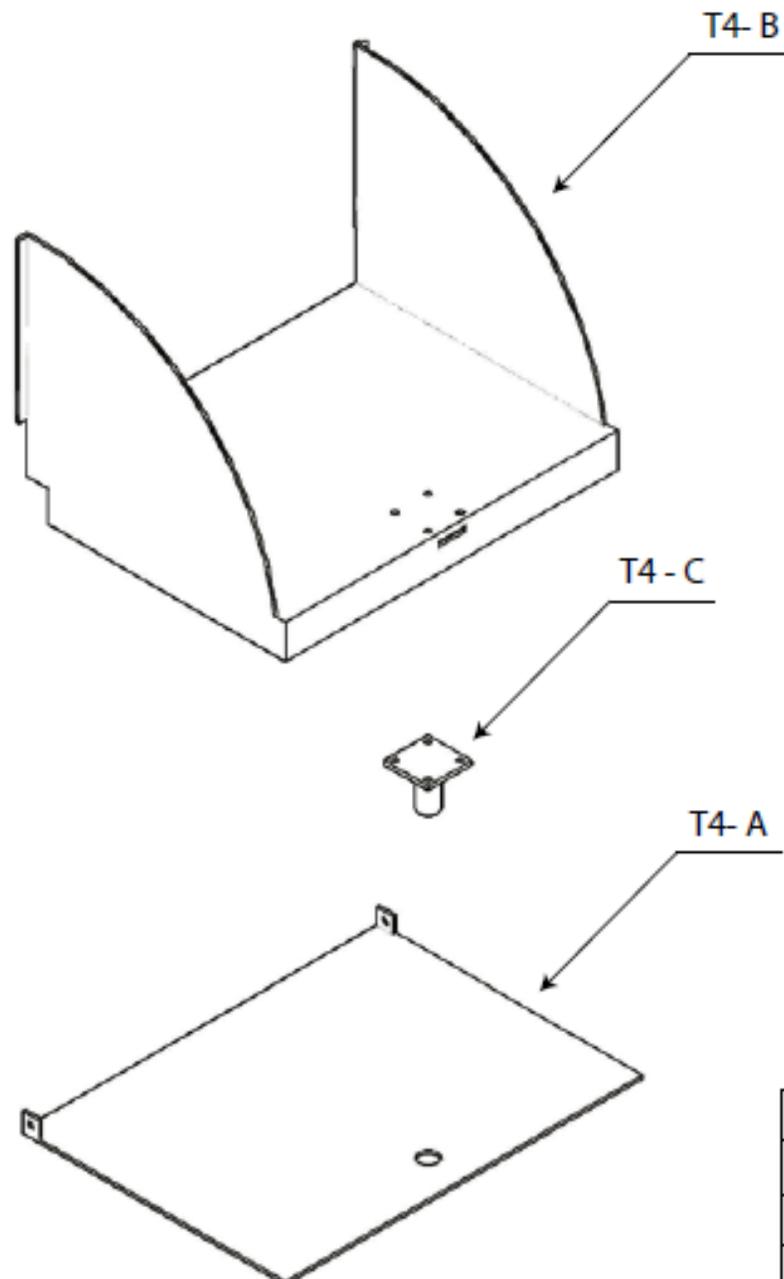
**FRONTAL**

**VISTA - PZA T3-H**  
ESC 1:2



**FRONTAL**

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR		VISTAS ORTOGONALES PIEZA T3	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL			
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL		ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014			PLANO 16/31



**DESPIECE - PIEZA T4**  
ESC 1:5

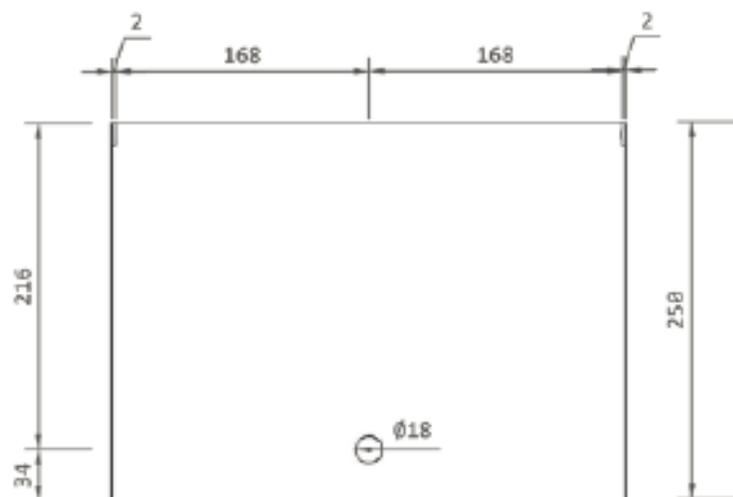
PIEZA	MATERIAL	ACABADO	CANT.
T4- A	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/16"	PINTURA EPÓXICA AZUL	1
T4- B	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/16"	PINTURA EPÓXICA AZUL	1
T4- C	CHAPA TIPO PITÓN CUADRADA	-	1
T4- D	TORNILLO 1/8"	-	8

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	DESPIECE PIEZA T4	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 17/31

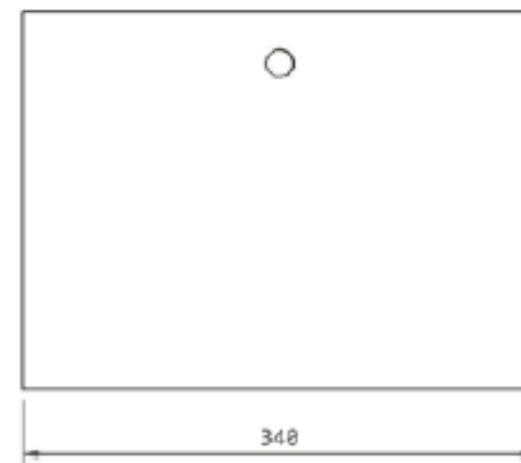
**VISTAS - PIEZA T4 A**  
**ESC 1:5**



**LATERAL**



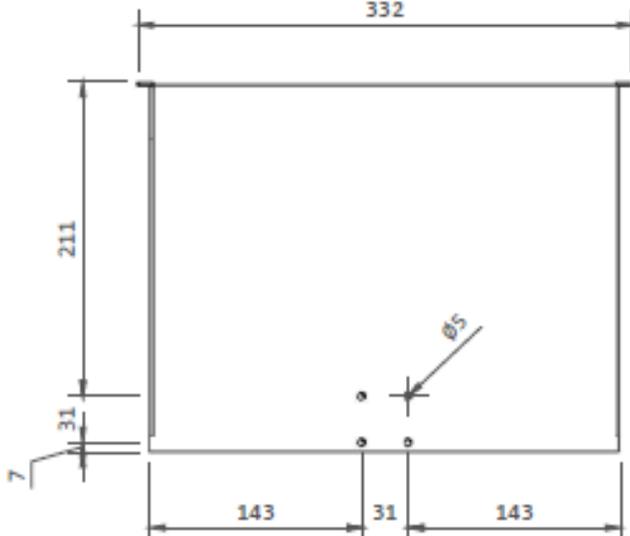
**SUPERIOR**



**INFERIOR**

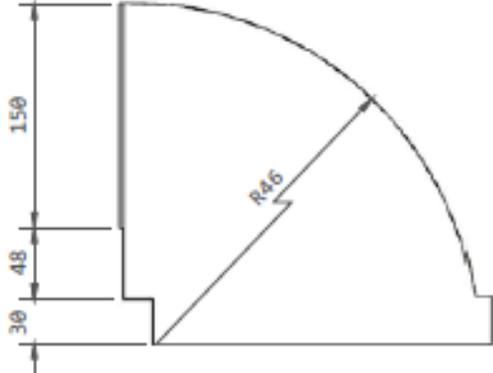
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	VISTAS ORTOGONALES PIEZA T4	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 18/31

VISTAS - PIEZA T4 - B  
 ESC 1:5

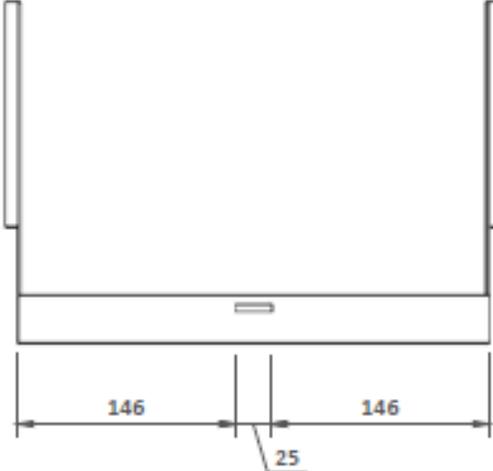


SUPERIOR

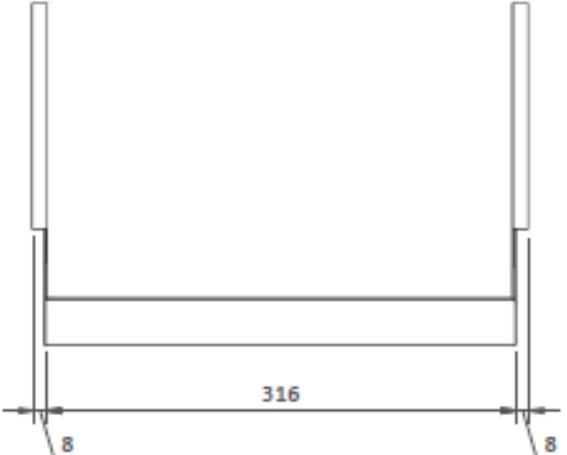
LATERAL



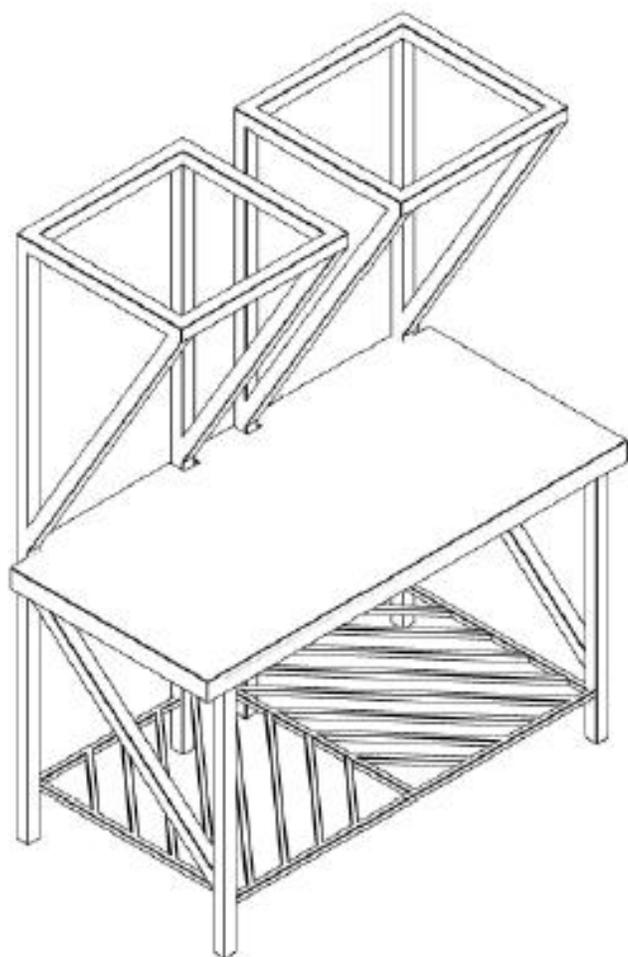
FRONTAL



POSTERIOR



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR		VISTAS ORTOGONALES PIEZA T4	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL			
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL		ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014			PLANO 19/31

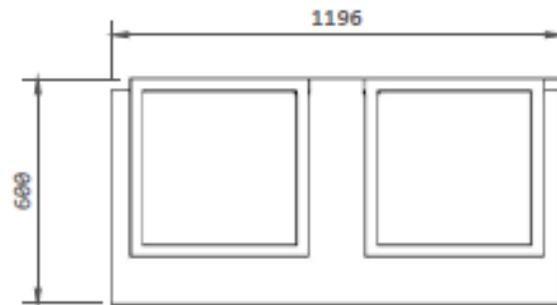


VISTA ISOMÉTRICA - ESTRUCTURA  
ESC 1:16

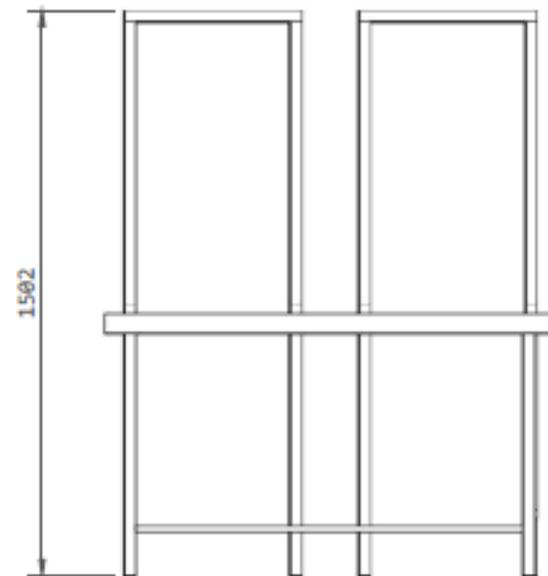
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	ISOMÉTRICA ESTRUCTURA	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 20/31

**VISTAS - ESTRUCTURA**  
 ESC 1:20

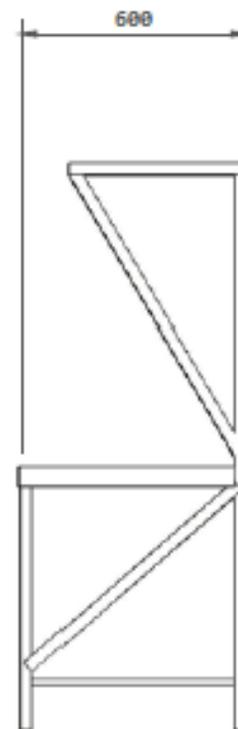
SUPERIOR



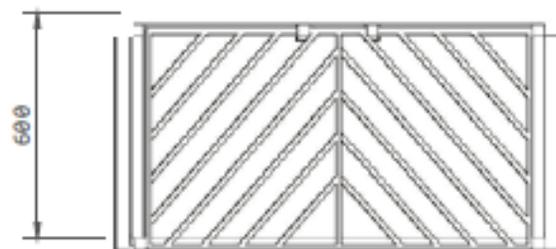
FRONTAL



LATERAL

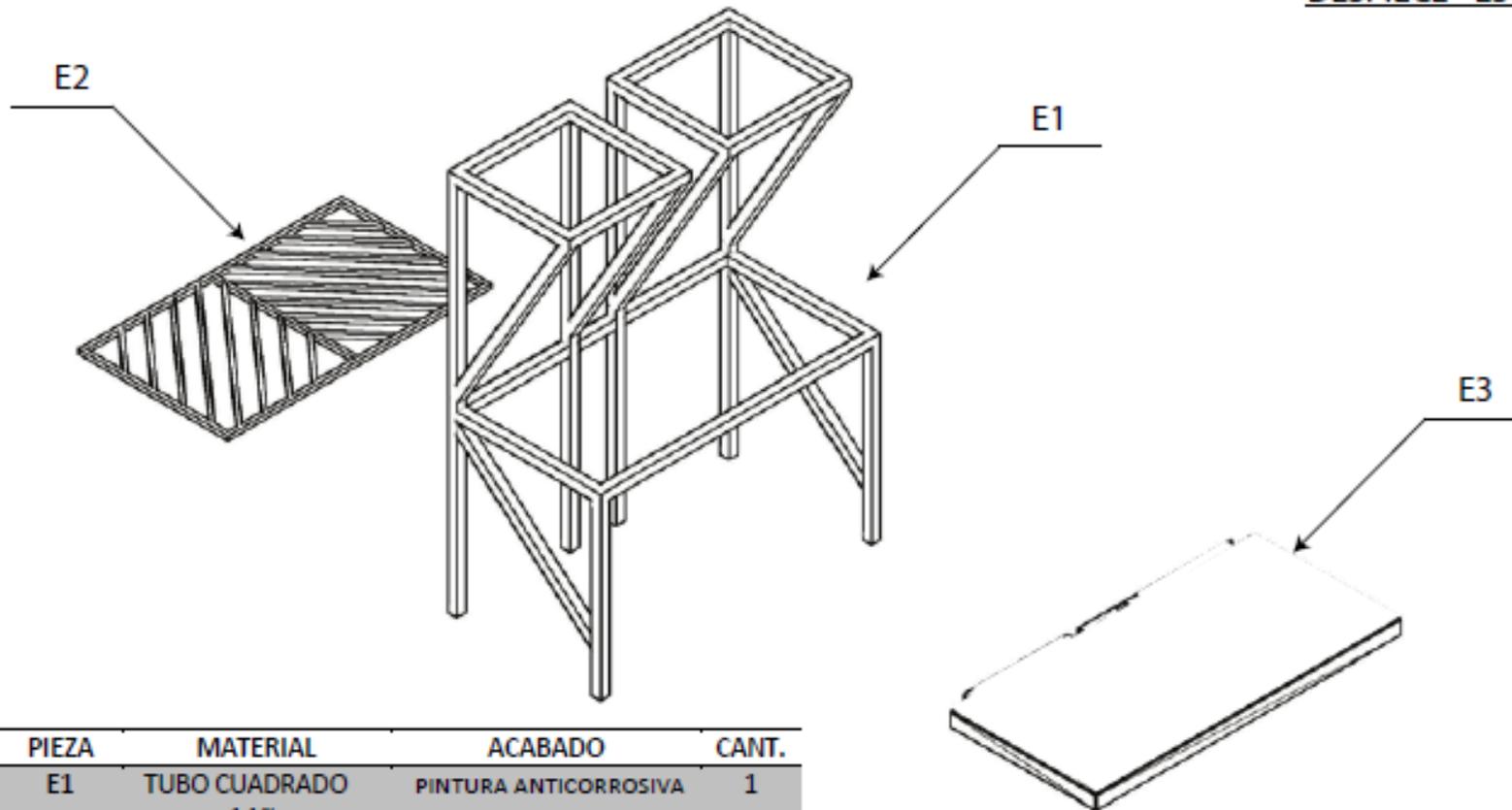


INFERIOR



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	VISTAS ORTOGONALES ESTRUCTURA	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 21/31

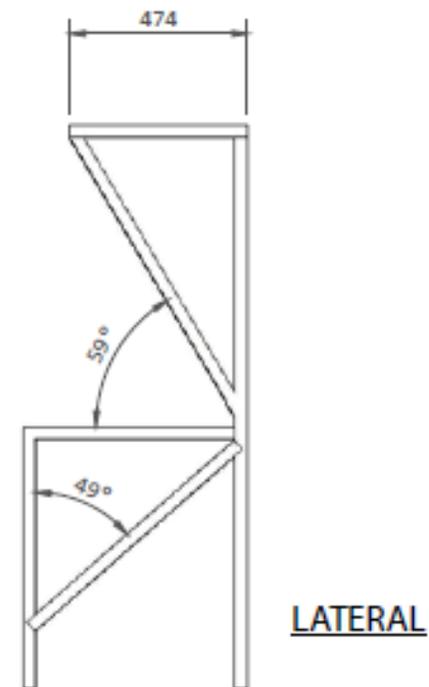
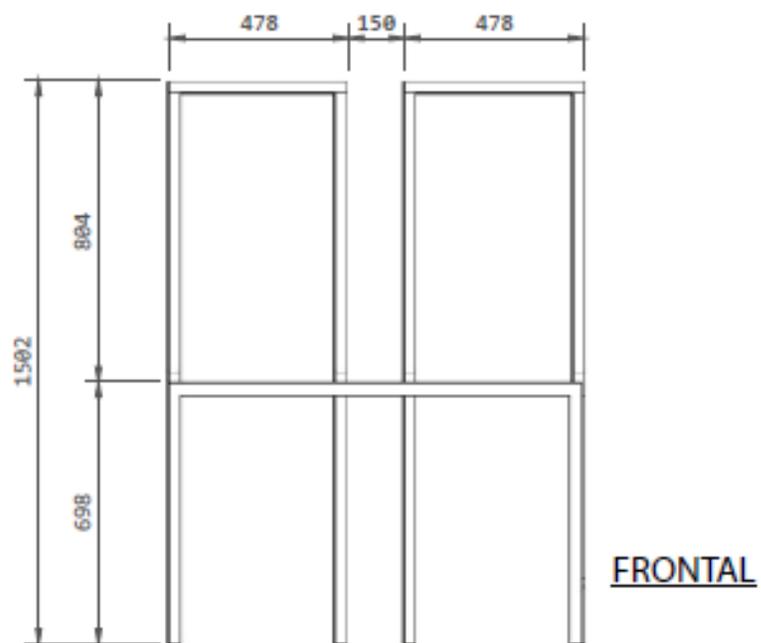
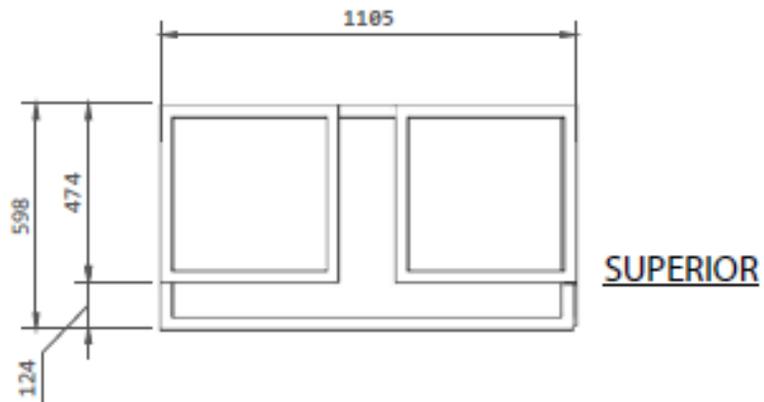
**DESPIECE - ESTRUCTURA**  
 ESC 1:20



PIEZA	MATERIAL	ACABADO	CANT.
E1	TUBO CUADRADO 1 ¼"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	1
E2	TUBO CUADRADO 1 ¼" Y ½"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	1
E3	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/32"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	1

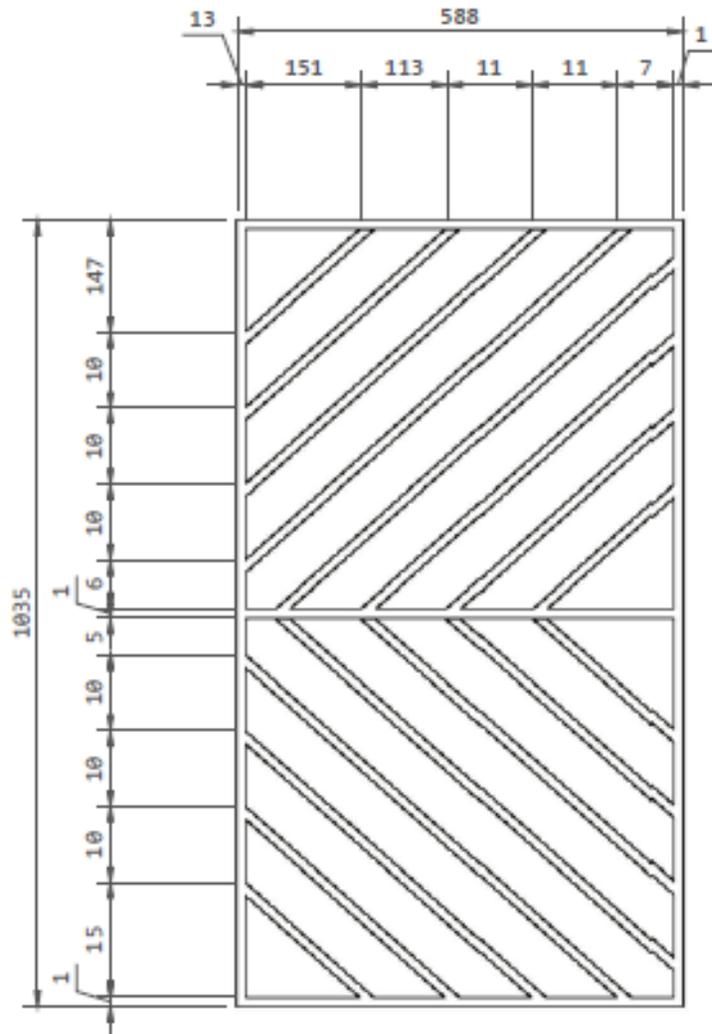
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR		DESPIECE ESTRUCTURA	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL			
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL		ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014			PLANO 22/31

VISTAS - PZA E1  
ESC 1:20

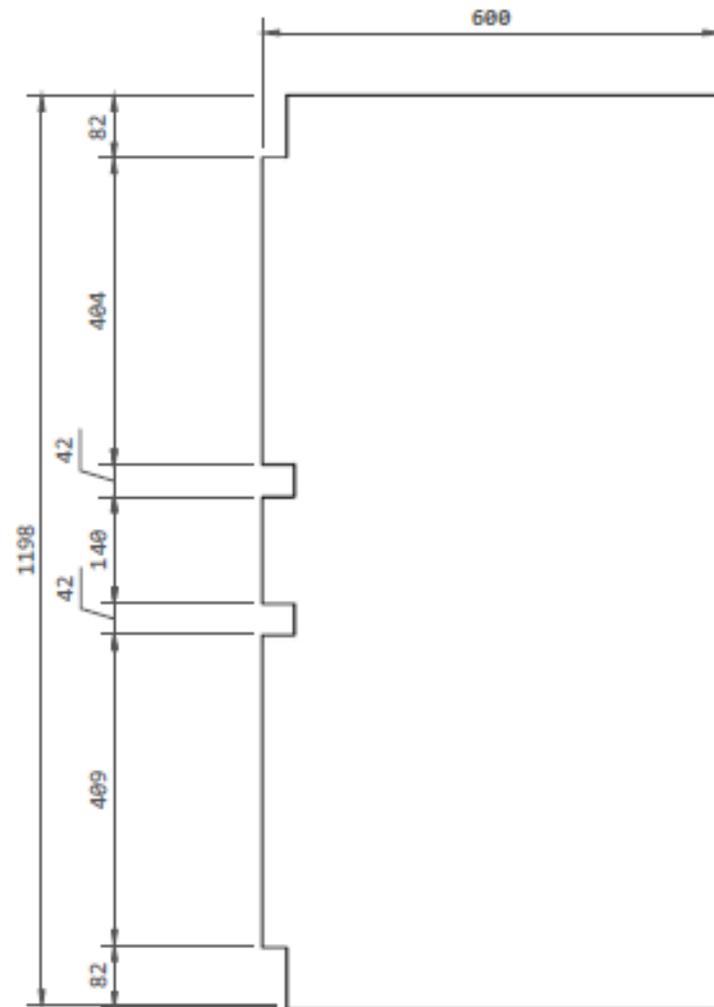


UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	VISTAS ORTOGONALES ESTRUCTURA	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 23/31

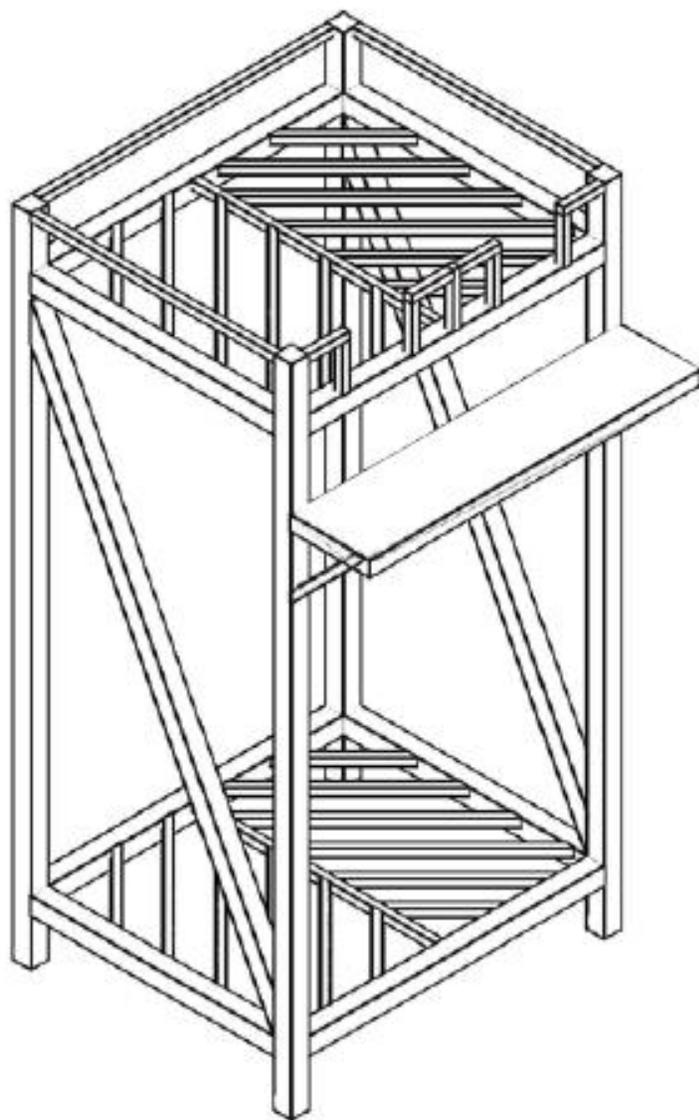
VISTA - PZA E2  
ESC 1:10



VISTA - PZA E3  
ESC 1:10



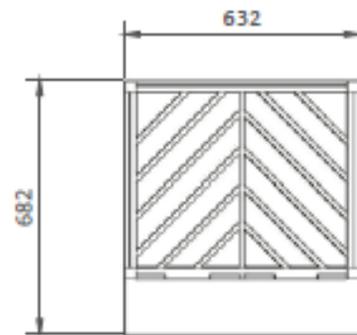
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	VISTAS ORTOGONALES ESTRUCTURA	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 24/31



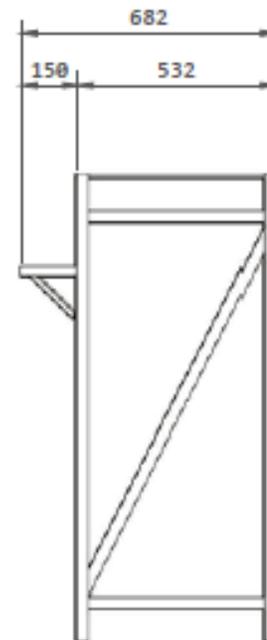
VISTA ISOMÉTRICA - MÓDULO 2  
ESC 1:10

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	ISOMÉTRICA	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL	MÓDULO 2	
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014	INDICADA	PLANO 25/31

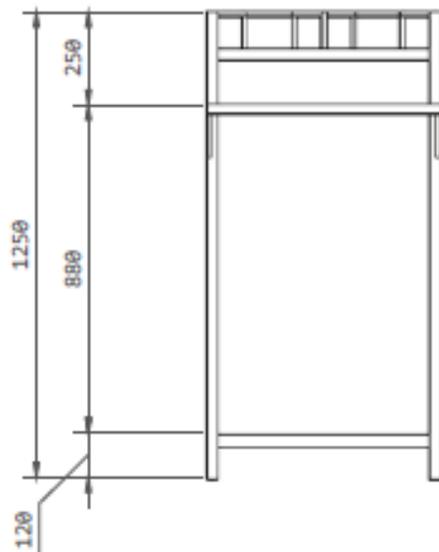
VISTAS - MÓDULO 2  
 ESC 1:20



SUPERIOR



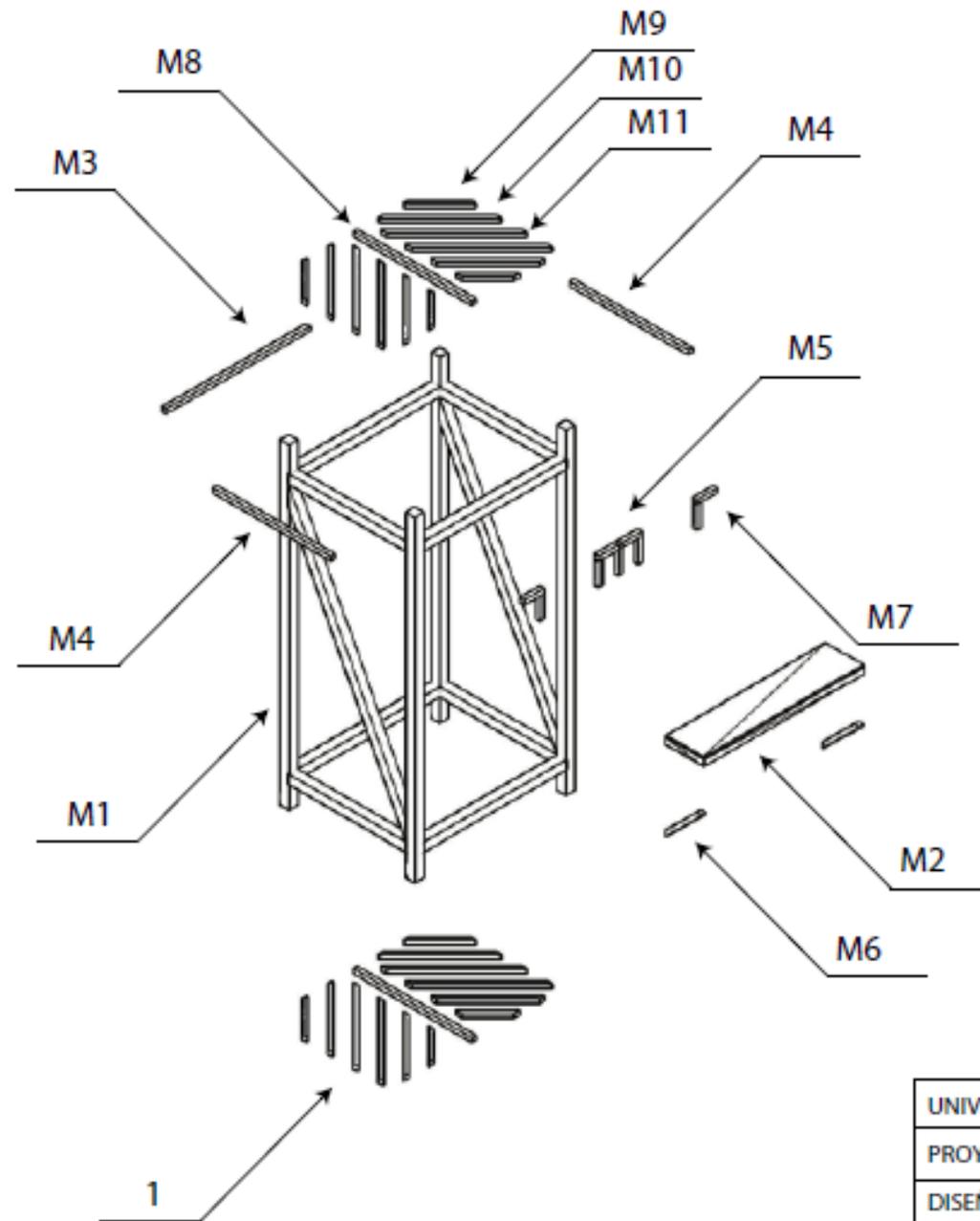
LATERAL



FRONTAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	VISTAS ORTOGONALES MÓDULO 2	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 26/31

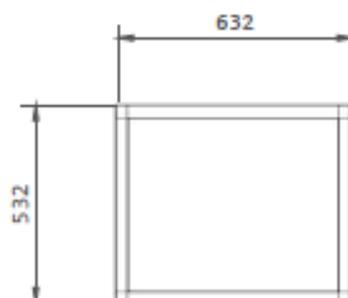
**DESPIECE- MÓDULO 2**  
 ESC 1:20



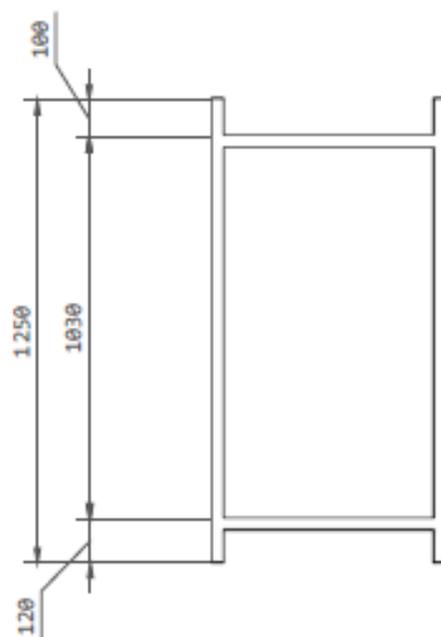
PZA	MATERIAL	ACABADO	CANT
M1	TUBO CUADRADO 1 1/4"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	1
M2	LÁMINA DE HIERRO NEGRO 1/16"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	1
M3	TUBO CUADRADO 1/2"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	1
M4	TUBO CUADRADO 1/2"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	2
M5	TUBO CUADRADO 1/2"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	1
M6	TUBO CUADRADO 1 1/2"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	2
M7	TUBO CUADRADO 1/2"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	4
M8	TUBO CUADRADO 1/2"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	2
M9	TUBO CUADRADO 1/2"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	8
M10	TUBO CUADRADO 1/2"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	8
M11	TUBO CUADRADO 1/2"	PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA BASE ACEITE	8

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR		DESPIECE MÓDULO 2	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL			
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL		ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014			PLANO 27/31

VISTAS - PZA M1  
ESC 1:20



SUPERIOR



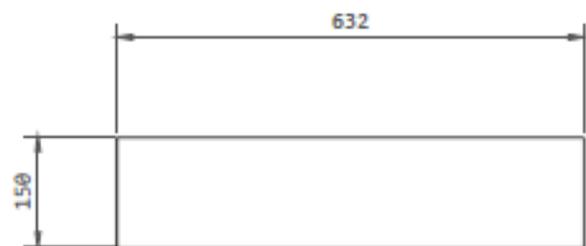
FRONTAL



LATERAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	VISTAS ORTOGONALES	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL	MÓDULO 2	
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 28/31

VISTAS - PZA M2  
ESC 1:10



SUPERIOR

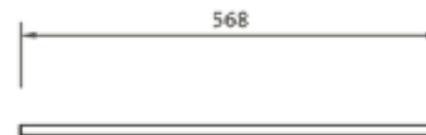


FRONTAL

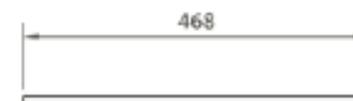


INFERIOR

VISTA - PZA M3  
ESC 1:10



VISTA - PZA M4  
ESC 1:10



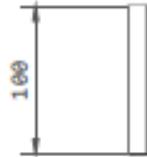
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR  
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL  
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL  
NOVIEMBRE 2014

VISTAS ORTOGONALES  
MÓDULO 2

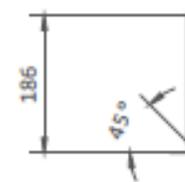
ESCALA  
INDICADA

MEDIDAS: MM  
PLANO 29/31

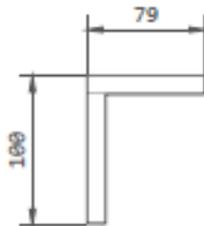
VISTA - PZA M5  
ESC 1:5



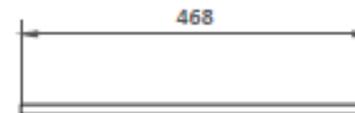
VISTA - PZA M6  
ESC 1:10



VISTA - PZA M7  
ESC 1:5

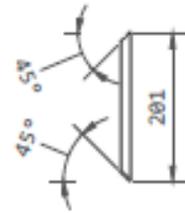


VISTA - PZA M8  
ESC 1:10

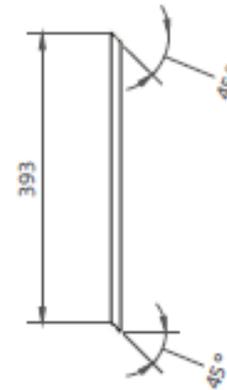


UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR	VISTAS ORTOGONALES MÓDULO 2	
PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL		
DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL	ESCALA INDICADA	MEDIDAS: MM
NOVIEMBRE 2014		PLANO 30/31

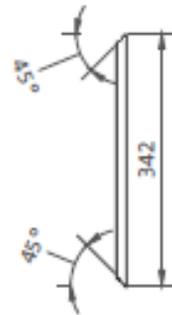
VISTA - PZA M9  
ESC 1:10



VISTA - PZA M10  
ESC 1:10



VISTA - PZA M11  
ESC 1:10



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

PROYECTO DE GRADO DISEÑO INDUSTRIAL

DISEÑO: MÓNICA WALESKA SANDOVAL

NOVIEMBRE 2014

VISTAS ORTOGONALES  
MÓDULO 2

ESCALA  
INDICADA

MEDIDAS: MM  
PLANO 31/31

#### D. Proceso de producción

La producción del prototipo se puede llevar a cabo en un taller de herrería tradicional, aunque para una producción en serie se recomienda maquinaria especializada con mayor capacidad productiva para reducir los tiempos. Se necesita maquinaria para corte, doblado, soldadora, torno y pintura.

El proceso en general consiste en los siguientes pasos, mostrados gráficamente en las imágenes 41-44

- Hacer una plantilla en cartón en base a los planos
  - Trazar las medidas en el material y cortar
  - Realizar los dobleces necesarios y soldar las piezas según el manual de ensamble.
- Para las piezas especiales del dosificador se necesita utilizar el torno para desgastar el tubo y seguidamente ensamblar con las otras piezas para finalmente soldarlas.
  - Se procede a pintar con fondo y esmalte epóxico para las tolvas y fondo y esmalte a base de aceite para las estructuras.
  - Finalmente se colocan los accesorios y se ensamblan los módulos.

## Trazar y cortar



Imagen 41. Detalles del proceso de producción. Fotografías propias

## Doblar y soldar



Imagen 42. Detalles del proceso de producción. Fotografías propias

### Ensamblar y soldar piezas especiales



Imagen 43. Detalles del proceso de producción. Fotografías propias

### Pintar y colocar accesorios

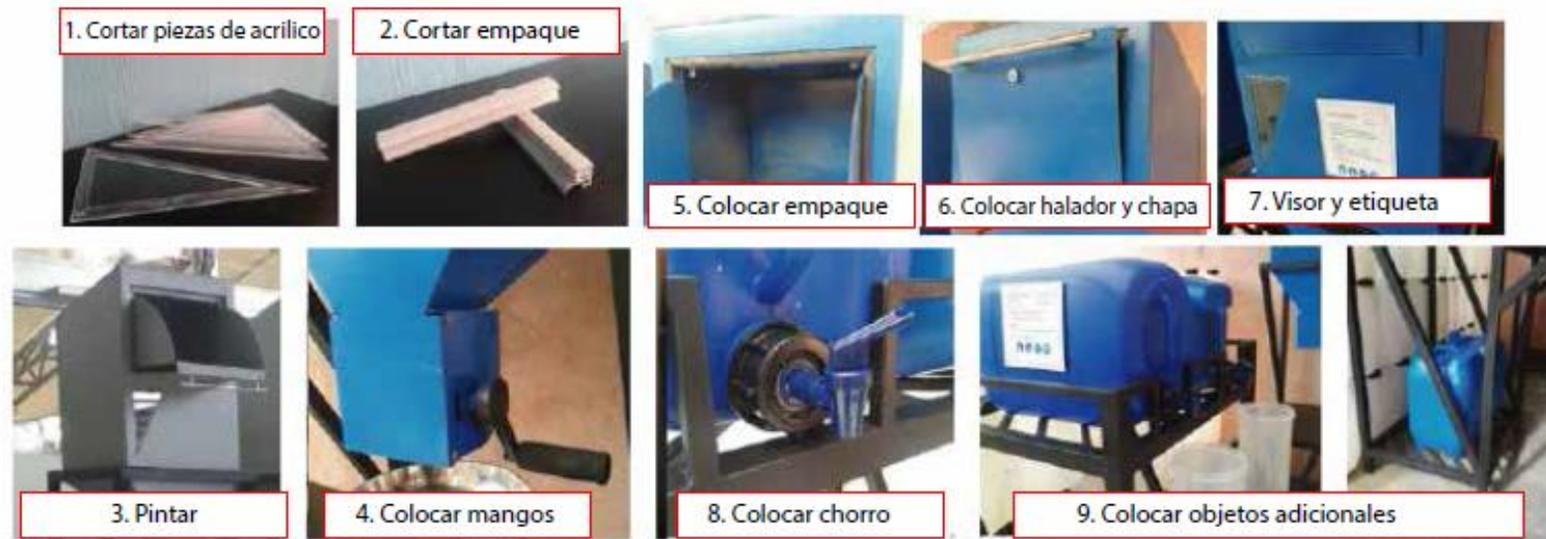
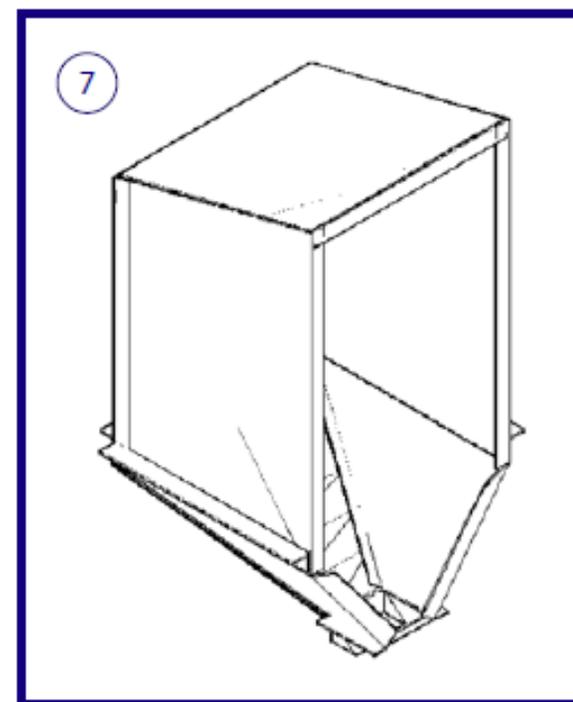
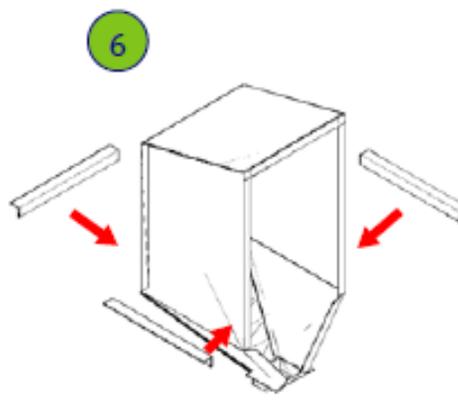
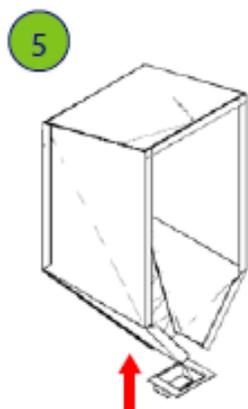
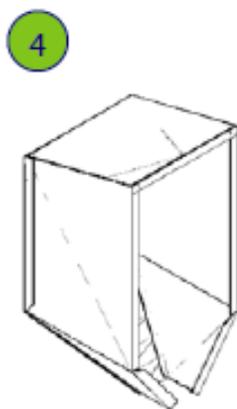
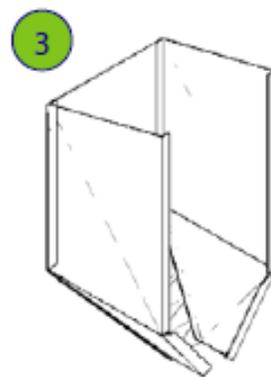
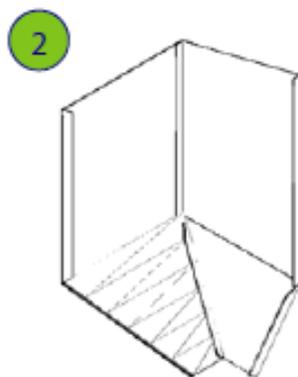


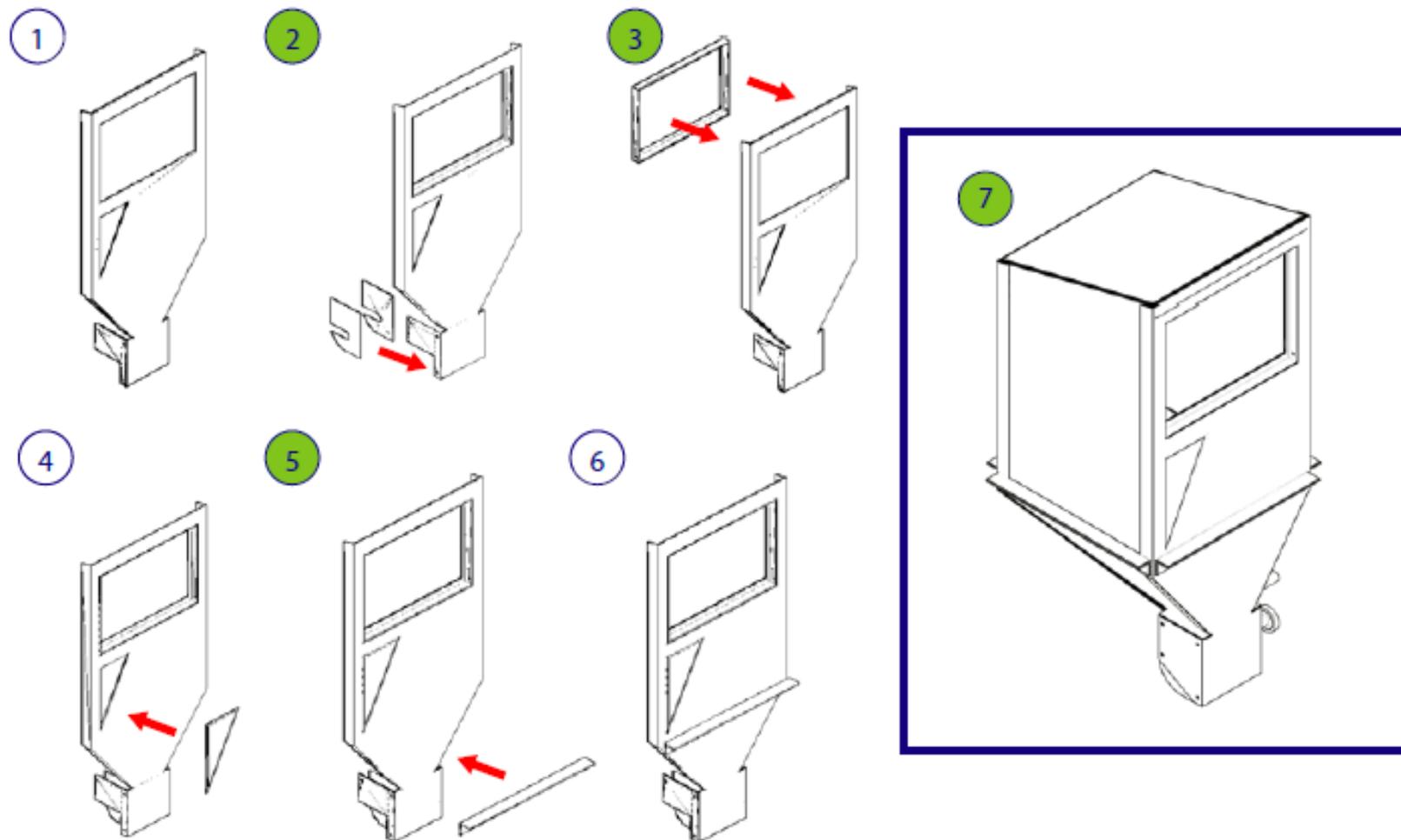
Imagen 44. Detalles del proceso de producción. Fotografías propias

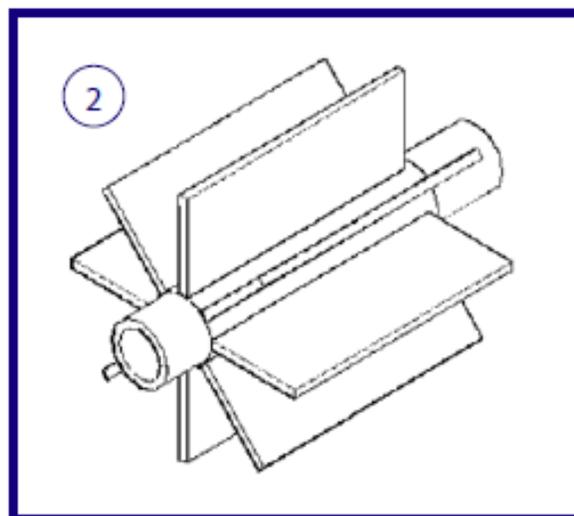
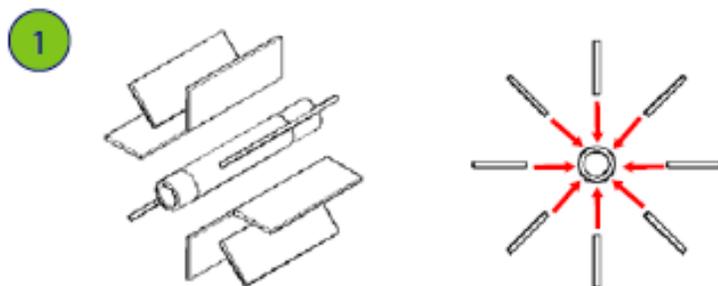
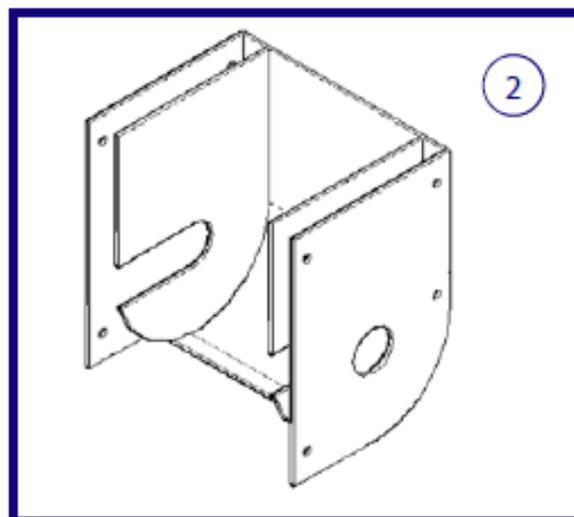
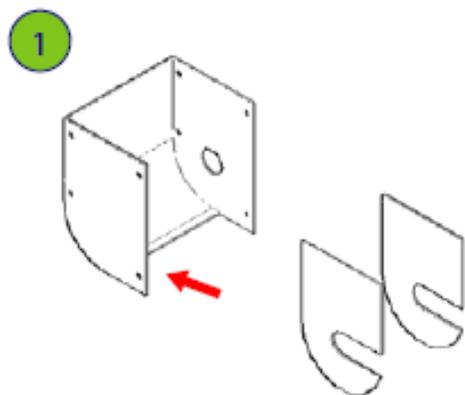
## E. **Manual de ensamble**

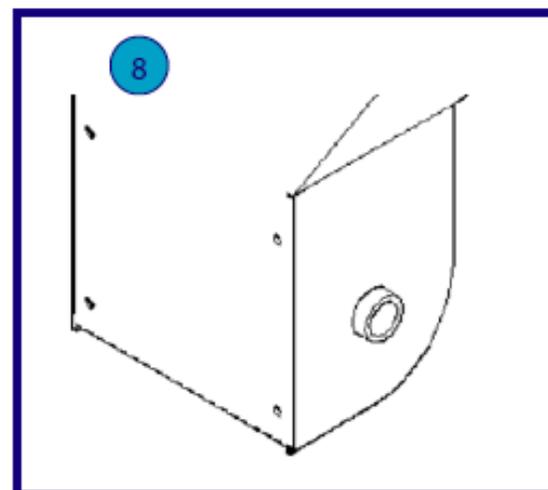
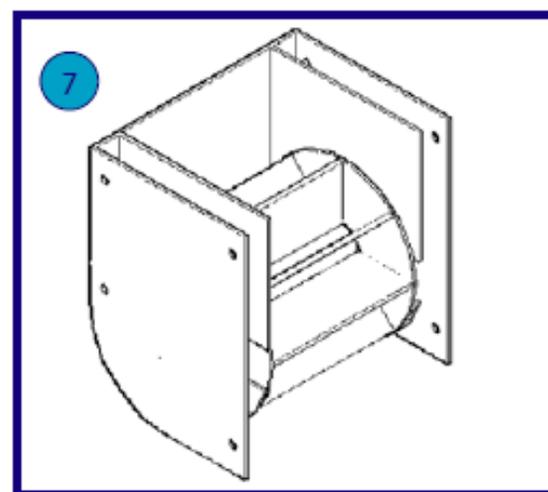
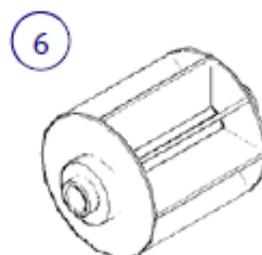
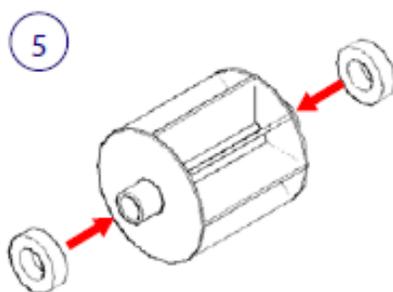
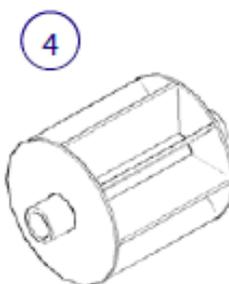
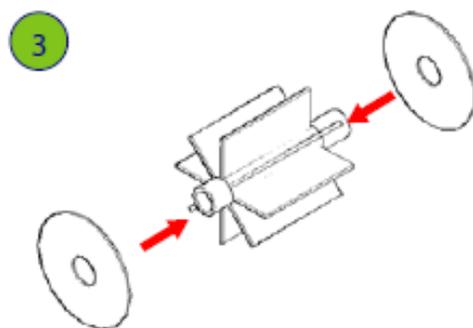
# ENSAMBLE DE CAJÓN

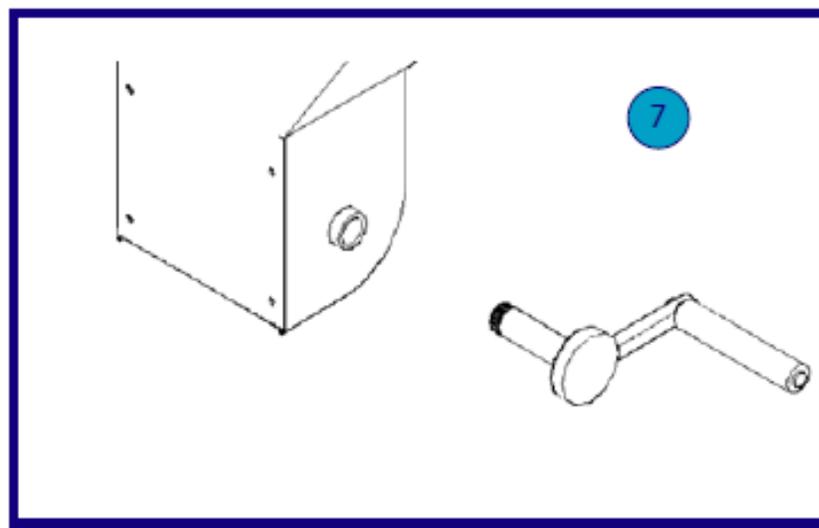
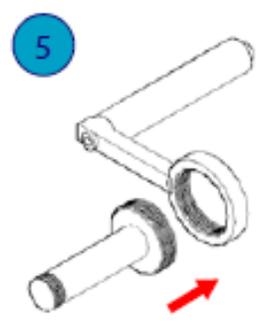
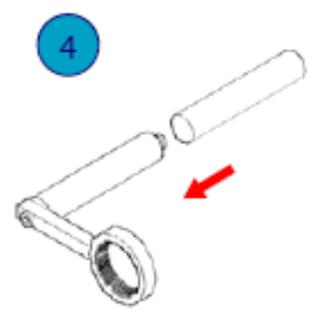
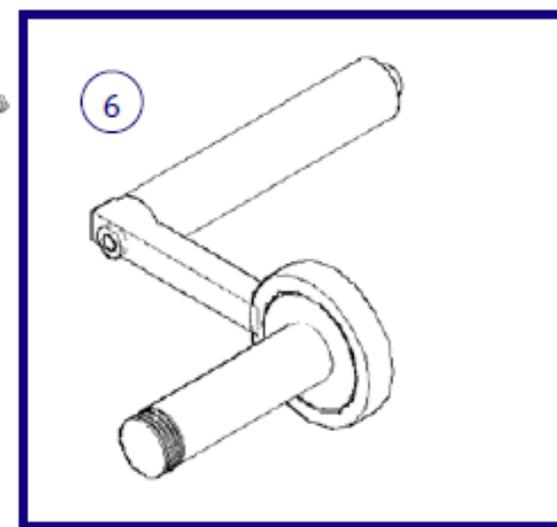
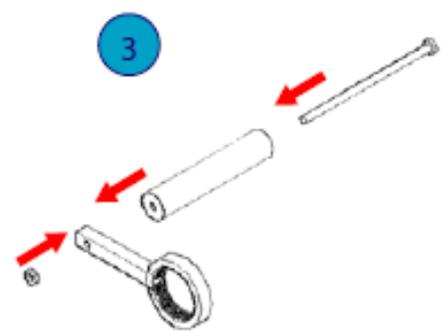
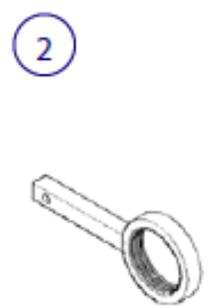
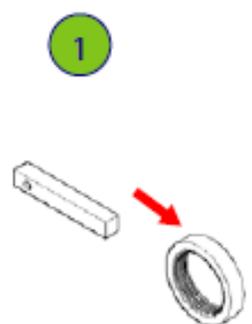
● Atornillar ● Soldar

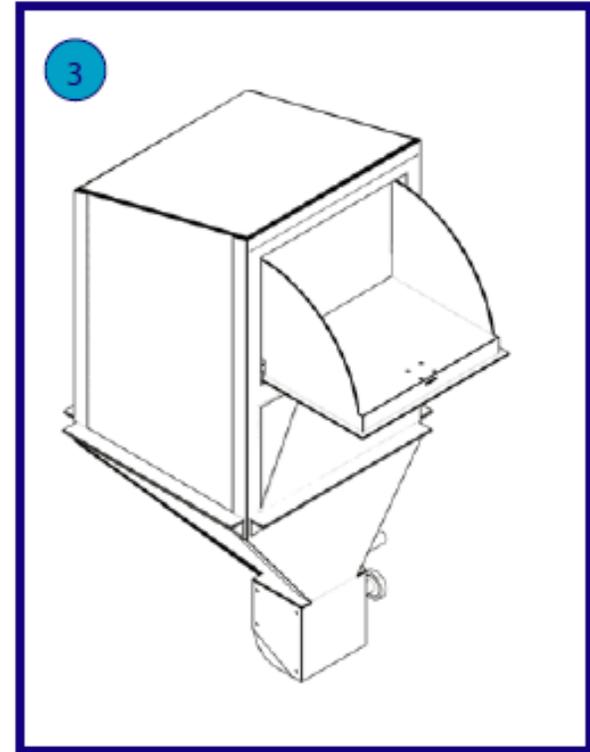
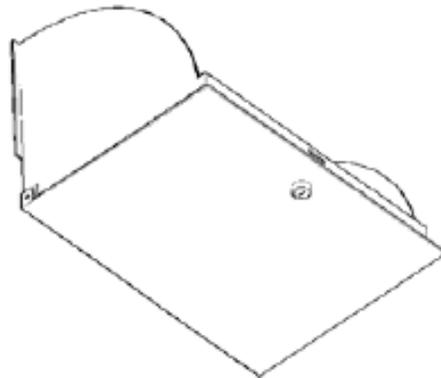
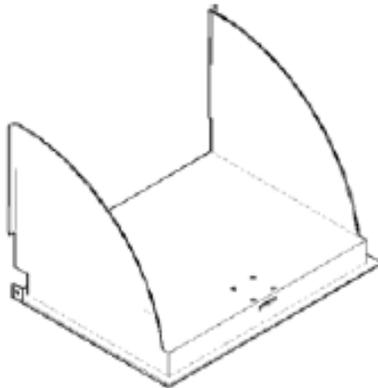
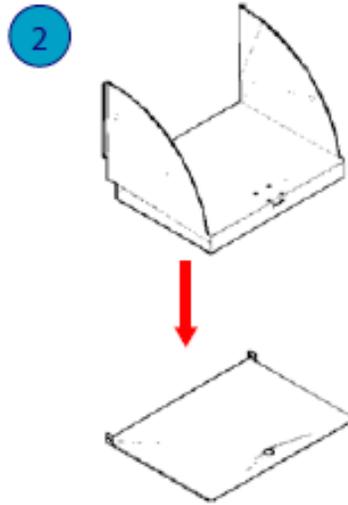
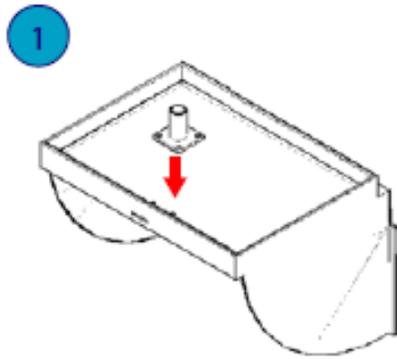


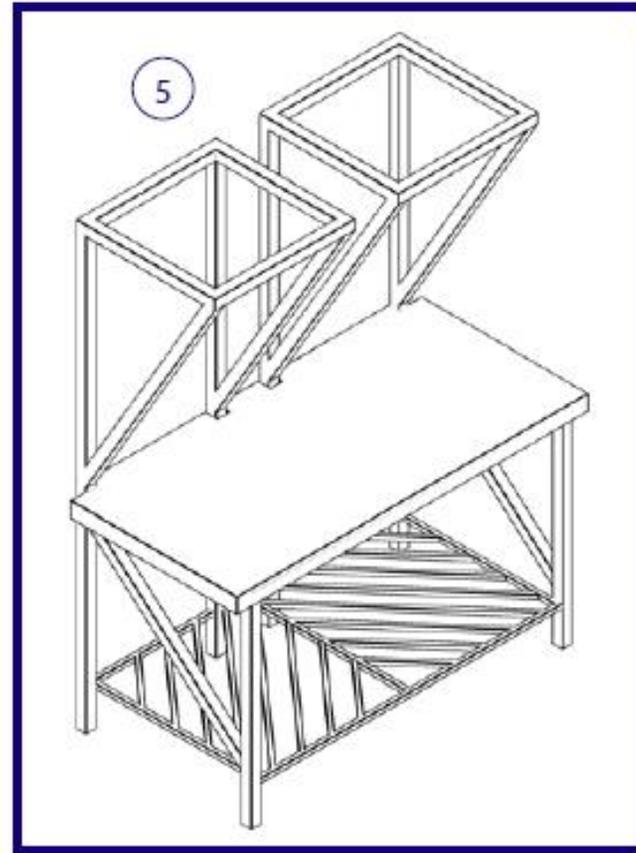
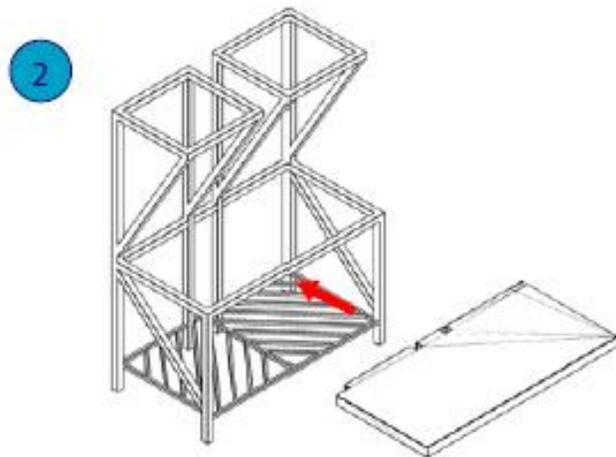
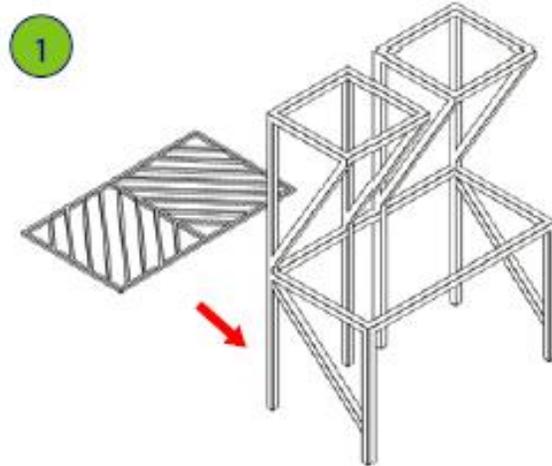


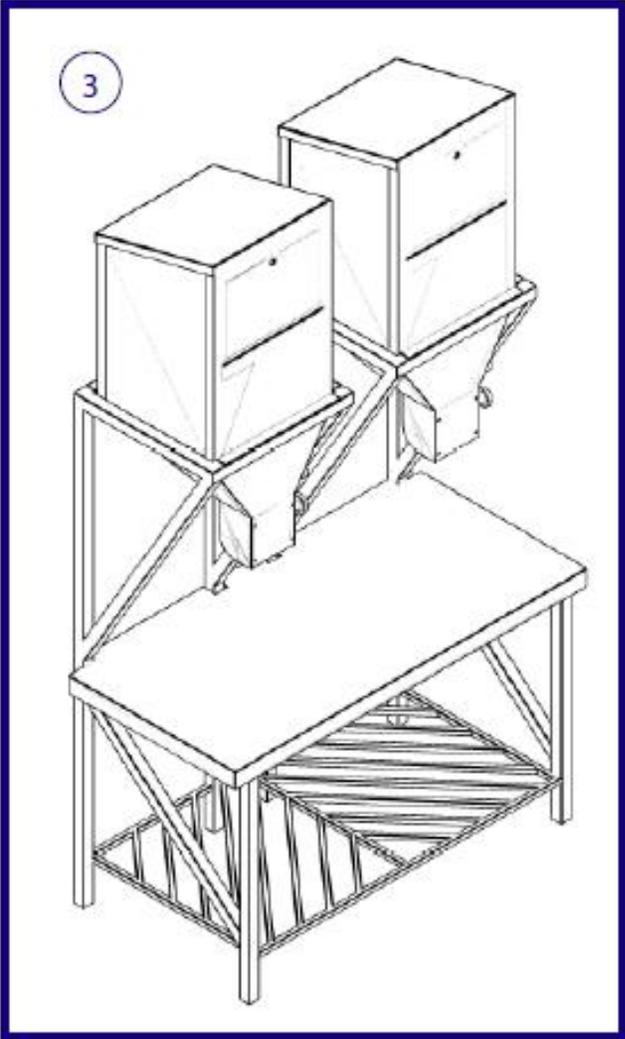
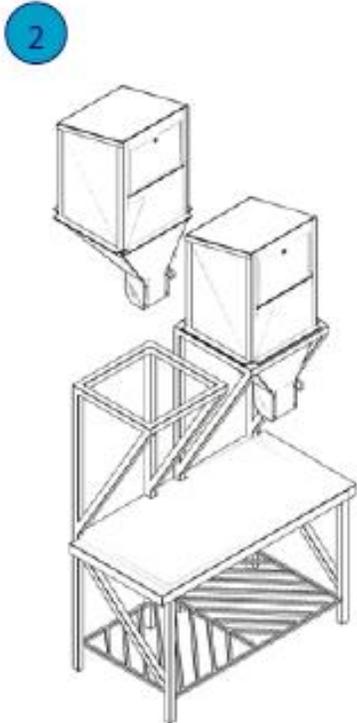
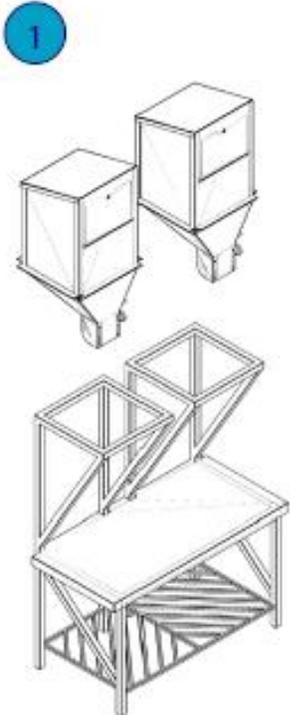












## F. COSTOS

### DETALLE DE COSTOS MÓDULO 1 (POLVOS)

Material	Materiales				
	Presentación	Cantidad	Margen de error 2%	Precio unidad	Precio total
Tubo cuadrado hierro negro 1/2" chapa 20	6 metros	1.2	1.44	Q 25.00	Q 36.00
Tubo cuadrado hierro negro 1 1/4" chapa 20	6 metros	4	4.8	Q 50.00	Q 240.00
Lámina hierro negro calibre 1/16"	3'x6'	1.5	1.8	Q 315.00	Q 567.00
Lámina hierro negro calibre 3/64"	4'x8'	1	1.2	Q 225.00	Q 270.00
Angular 1 1/4"x1/8"	6 metros	0.5	0.6	Q 75.00	Q 45.00
Angular 3/4"x1/8"	6 metros	0.4	0.48	Q 34.00	Q 16.32
Tubo de acero 1"	6 metros	0.05	0.06	Q 118.80	Q 7.13
Hembra 1 1/2"	6 metros	0.3	0.36	Q 78.00	Q 28.08
Accesorios					
Electrodo punto café	Libra	6		Q 11.00	Q 66.00
Disco de corte	Unidad	8		Q 12.99	Q 103.92
Tornillo 2" x 3/16"	Unidad	8		Q 1.50	Q 12.00
Tornillo 3/4"x 3/16"	Unidad	16		Q 0.30	Q 4.80
Taco de hule para tubo cuadrado 1 1/4"	Unidad	6		Q 2.00	Q 12.00
Empaque universal	5 metros	0.5		Q 130.00	Q 65.00
Chapa tipo pitón largo ECO	Unidad	2		Q 64.00	Q 128.00
Riel de extensión negro 22"	Unidad	2		Q 42.00	Q 84.00
Jalador cilindro aluminio 30 cms	Unidad	2		Q 22.25	Q 44.50
Jalador cilindro aluminio 15 cms	Unidad	2		Q 12.00	Q 24.00
Cojinete 25mm sello de hule	Unidad	4		Q 45.00	Q 180.00
Mango de bicicleta	Unidad	2		Q 5.00	Q 10.00
Calcomanía vinil	Unidad	2		Q 6.00	Q 12.00
Piñón de bicicleta	Unidad	2		Q 10.10	Q 20.20

	<b>Acabado</b>			
Fondo a base de aceite color gris	Galón	0.5	Q 164.90	Q 82.45
Fondo y esmalte epoxico	Galón	0.5	Q 737.00	Q 368.50
Esmalte a base de aceite, negro satinado	Galón	0.5	Q 164.90	Q 82.45
Bola wippe	Unidad	2	Q 8.00	Q 16.00
Thinner Laca	galón	1.5	Q 45.00	Q 67.50
	<b>Piezas a medida</b>			
Masa para manivela	Unidad	2	Q 180.00	Q 360.00
Tapaderas de acrílico	Unidad	2	Q 40.00	Q 80.00
	<b>Mano de obra</b>			
Cortes, dobleces, soldadura y pulido	Hora	1	Q 900.00	Q 900.00
Pintura	Unidad	3	Q 100.00	Q 300.00
	<b>TOTAL PRODUCCIÓN</b>			Q 4,232.85
Costos de diseño	Proyecto	45%		Q 1,904.78
	<b>TOTAL VENTA</b>			Q 6,137.63
	<b>+ IVA</b>			Q. 6,567.26

Tabla 23. Detalles de costos. Elaboración propia

### DETALLE DE COSTOS MÓDULO 2 (LÍQUIDOS)

Material	Materiales					Precio total
	Presentación	Cantidad	Margen de error 2%	Precio unidad		
Tubo cuadrado hierro negro 1/2" chapa 20	6 metros	2	2.4	Q 25.00	Q	60.00
Tubo cuadrado hierro negro 1 1/4" chapa 20	6 metros	3	3.6	Q 50.00	Q	180.00
Lámina hierro negro calibre 3/64"	3'x6'	0.2	0.24	Q 225.00	Q	54.00
Accesorios						
Electrodo punto café	libra	2		Q 11.00	Q	22.00
Disco de corte	unidad	5		Q 12.99	Q	64.95
Taco de hule para tubo cuadrado 1 1/4"	unidad	4		Q 2.00	Q	8.00
Garrafa 5 galones	unidad	2		Q 56.00	Q	112.00
Pichel 2 lts	unidad	2		Q 20.00	Q	40.00
Válvula para dispensador	unidad	2		Q 19.00	Q	38.00
Acabado						
Fondo a base de aceite color gris	galón	0.25		Q 164.90	Q	41.23
Esmalte a base de aceite, negro satinado	Galón	0.5		Q 164.90	Q	82.45
Bola wippe	unidad	1		Q 8.00	Q	8.00
Thinner Laca	galón	0.25		Q 45.00	Q	11.25
Mano de obra						
Cortes, dobleces, soldadura y pulido	horas	8		Q 30.00	Q	240.00
Pintura	unidad	1		Q 100.00	Q	100.00
					<b>TOTAL PRODUCCIÓN</b>	<b>Q 1,061.88</b>
Costos de diseño	Proyecto	45%				Q 477.85
					<b>TOTAL VENTA</b>	<b>Q 1,539.73</b>
					<b>+ IVA</b>	<b>Q. 1,647.51</b>

Tabla 24. Detalles de costos. Elaboración propia

## G. VALIDACIÓN

En esta guía se comprobarán los resultados obtenidos con el prototipo en base a la situación anterior de la empresa y los requerimientos y objetivos planteados para el proyecto.

### Por requerimientos

- 1) Debe adecuarse a la capacidad económica de la empresa, con un costo máximo de Q. 10,000.00
  - Este prototipo tiene un costo total de Q. 14,782.03 (Costos pág. 138) Q. 2,945.46 más de inversión que se pueden recuperar en 1 a 2 meses con el nuevo equipo.
- 2) Cada pieza individual debe tener una altura máxima de 210 cm y un ancho máximo de 60 cm.
  - El ancho máximo de cada módulo es de 60 cm y su altura de 208 cm (Véase medidas generales plano 2, pág. 99)
- 3) Se debe reducir la distancia recorrida por el operario en un 50%.

- Se redistribuyó la planta, reduciendo la distancia recorrida durante el proceso de 24 m. a 5.2 m. (78%)
- 4) Debe poder dosificarse entre 0.5 lb. a 6 lb. de cada producto en polvo y entre 0.5lt y 2lt. de producto líquido.
    - Cada vez que se gira la manivela del dosificador, cada aspa dispensa aproximadamente 4 oz. de químico. Esta medida varía según la densidad de cada químico.

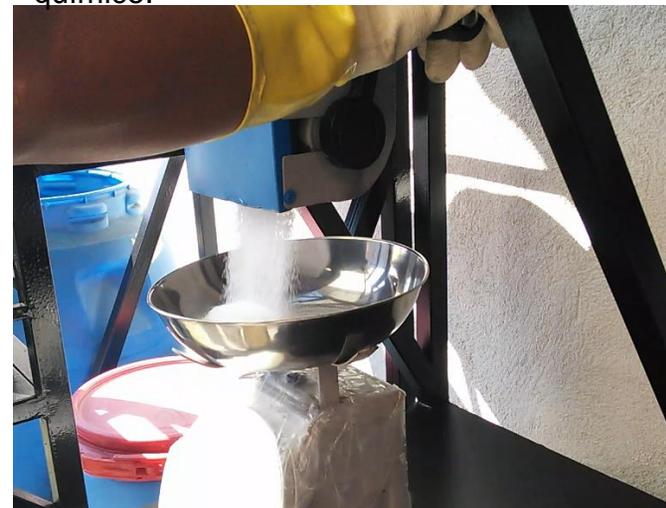


Imagen 48. Detalle de dosificación. Fotografía propia

- 5) El usuario deberá poder realizar la dosificación con una postura adecuada: erguido, con el peso distribuido entre ambas piernas y manejando fuerza intermitentemente.
- Se comprobó que el usuario puede realizar la dosificación del químico sin adquirir posturas inadecuadas (véase estudio ergonómico pág. 146)
- 6) Se debe mejorar la seguridad industrial del proceso, indicando gráficamente las precauciones necesarias para el manejo de cada químico.
- Se colocaron etiquetas en todos los contenedores con las indicaciones necesarias.

- 7) Cada químico debe estar contenido de tal manera que la piel del usuario no tenga contacto con los mismos durante el proceso.
- Se determinó por observación que el prototipo contiene el químico y que no hay contacto entre la piel del operario y el químico.



Imagen 46. Detalle de rótulo. Fotografía propia

## Objetivos

El prototipo se evaluó contra todos los requerimientos planteados anteriormente para comprobar que cumple con las necesidades de la empresa. Además de la evaluación de requerimientos se debe comprobar que se cumple con los objetivos específicos para el proyecto. Para determinar si estos se cumplen, se realizaron nuevamente análisis de medición del trabajo. Esta vez se tomaron los resultados utilizando el prototipo y se compararon con los anteriores. A continuación se muestran los resultados de las pruebas obtenidas tomando como base los objetivos específicos:

### OBJETIVO 1:

“Aumentar la seguridad del operario en el manejo de productos químicos” - Para evaluar el cumplimiento de este objetivo se realizó un estudio ergonómico. También se comprobó que el prototipo contenga las medidas de seguridad necesarias para que la piel del usuario no tenga contacto con los químicos.

## Estudio ergonómico

Se debe comprobar con imágenes tomadas durante el proceso productivo que se cumplen los requerimientos ergonómicos. Se utilizará una cámara durante la producción. Luego se comparará con los ángulos de confort adecuados utilizando un checklist.

### 1. Cargar el producto al contenedor



Imagen 49. Estudio de ángulos. Fotografía propia

- Extremidades superiores
  - ✓ Antebrazo entre  $60^{\circ}$  y  $100^{\circ}$  de flexión
  - ✓ Muñeca en posición neutra
  - ✓ Brazo entre  $20^{\circ}$  de flexión y  $20^{\circ}$  de extensión (sin rotación ni hombro elevado)
- Extremidades inferiores

- ✓ Tronco, bien apoyado, con un ángulo tronco-caderas de  $90^{\circ}$
- Tronco no rotado ni lateralizado
- ✓ Sentado o parado con el peso distribuido entre las dos piernas
- Actividad muscular y fuerzas ejercidas
  - ✓ Actividad dinámica, ocasional o no duradera
  - Fuerza menor a 2 kg realizada intermitentemente

### OBSERVACIONES:

- Al momento de cargar el producto a la tolva el operario debe cargar un peso de 25 kg durante aproximadamente 10 segundos.
- Utilizando una escalera mediana como la que se observa en las imágenes se debe colocar de lado, por lo que el operario tiene el tronco rotado durante el proceso. Esto se puede resolver utilizando una escalera pequeña, que le da espacio para cargar de frente y distribuir el peso entre las dos piernas.

## 2. Dosificación



Imagen 50. Estudio de ángulos. Fotografía propia

- Extremidades superiores
  - ✓ Antebrazo entre  $60^{\circ}$  y  $100^{\circ}$  de flexión
  - ✓ Muñeca en posición neutra
  - ✓ Brazo entre  $20^{\circ}$  de flexión y  $20^{\circ}$  de extensión (sin rotación ni hombro elevado)
- Extremidades inferiores
  - ✓ Tronco, bien apoyado, con un ángulo tronco-caderas de  $90^{\circ}$
  - ✓ Tronco no rotado ni lateralizado
  - ✓ Sentado o parado con el peso distribuido entre las dos piernas
- Actividad muscular y fuerzas ejercidas
  - ✓ Actividad dinámica, ocasional o no duradera
  - ✓ Fuerza menor a 2 kg realizada intermitentemente

### OBSERVACIONES:

- El peso está distribuido uniformemente y los movimientos del usuario son intermitentes con una fuerza mínima.
- Hay una rotación de la muñeca durante la dosificación de líquidos, sin embargo no es por un tiempo significativo.

## Seguridad Industrial

Se debe demostrar por medio de imágenes que la piel del operario no tiene contacto con los químicos en ningún momento. Se utilizará una cámara para tomar las imágenes durante la producción de prueba.



Imagen 51. Seguridad industrial. Fotografía propia

Colocar el producto en la tolva

Tiene contacto: Si \_\_\_\_\_ No X



Imagen 52. Seguridad industrial. Fotografía propia

Dosificación de polvos

Tiene contacto: Si \_\_\_\_\_ No X



Imagen 53. Seguridad industrial. Fotografía propia

Dosificar líquidos

Tiene contacto: Si \_\_\_\_\_ No X

### OBSERVACIONES:

Se puede notar en las imágenes que aunque el usuario no tiene equipo de protección, no tiene contacto con el químico. Esto porque él solo debe tocar el grifo y la manivela para la dosificación, lo que hace que se cumpla con el requerimiento no. 10. Sin embargo, se recomienda que el usuario siempre utilice el equipo de protección como medida preventiva.

## OBJETIVO 2

“Mejorar los tiempos de trabajo mediante la reducción de movimientos y recorridos.”

Para comprobar el cumplimiento de este objetivo se realizó una producción idéntica a la primera. Esto es una producción de 40 galones, utilizando los siguientes componentes:

- 4 libras Componente A
- 3 libras Componente B
- 2 litros Componente E
- 1 litro Componente F

### 1. Preparar área

- 1.1. Colocar equipo de protección y revisar fórmula (0:55)
  - 1.2. Lavar un tonel con agua y jabón (2:30)
  - 1.3. Llenar con agua hasta el nivel deseado (3:36)
    - 1.4. Demora (0:36)
    - 1.5. Accionar mezcladora (0:03)
2. Componente A
  - 2.1. Pesar (0:24)
  - 2.2. Transportar (0:03)

- 2.3. Incorporar a la mezcla (0:02)
  3. Componente B
    - 3.1. Revisar fórmula (0:05)
    - 3.2. Pesar (0:20)
    - 3.3. Transportar (0:05)
    - 3.4. Incorporar a la mezcla (0:02)
  4. Componente E
    - 4.1. Medir líquido (0:26)
    - 4.2. Transportar (0:02)
    - 4.3. Incorporar a la mezcla (0:03)
  5. Componente F
    - 5.1. Medir líquido (0:15)
    - 5.2. Transportar (0:02)
    - 5.3. Incorporar a la mezcla (0:05)
  6. Envasado
    - 6.1. Colocar el colador y embudo (0:20)
    - 6.2. Llenado 4 garrafas (4:32)
    - 6.3. Demora por cambio (0:32)
  7. Sellar 4 garrafas (0:55)
  8. Producto terminado
- Total 11.43 minutos

Los resultados de estos diagramas se compararon con los obtenidos en los diagramas 4, 5 y 6 de las páginas 38-40. De esta manera se pudo comprobar una mejora en el tiempo de 12.04 minutos.

Diagrama de recorridos utilizando el diseño propuesto

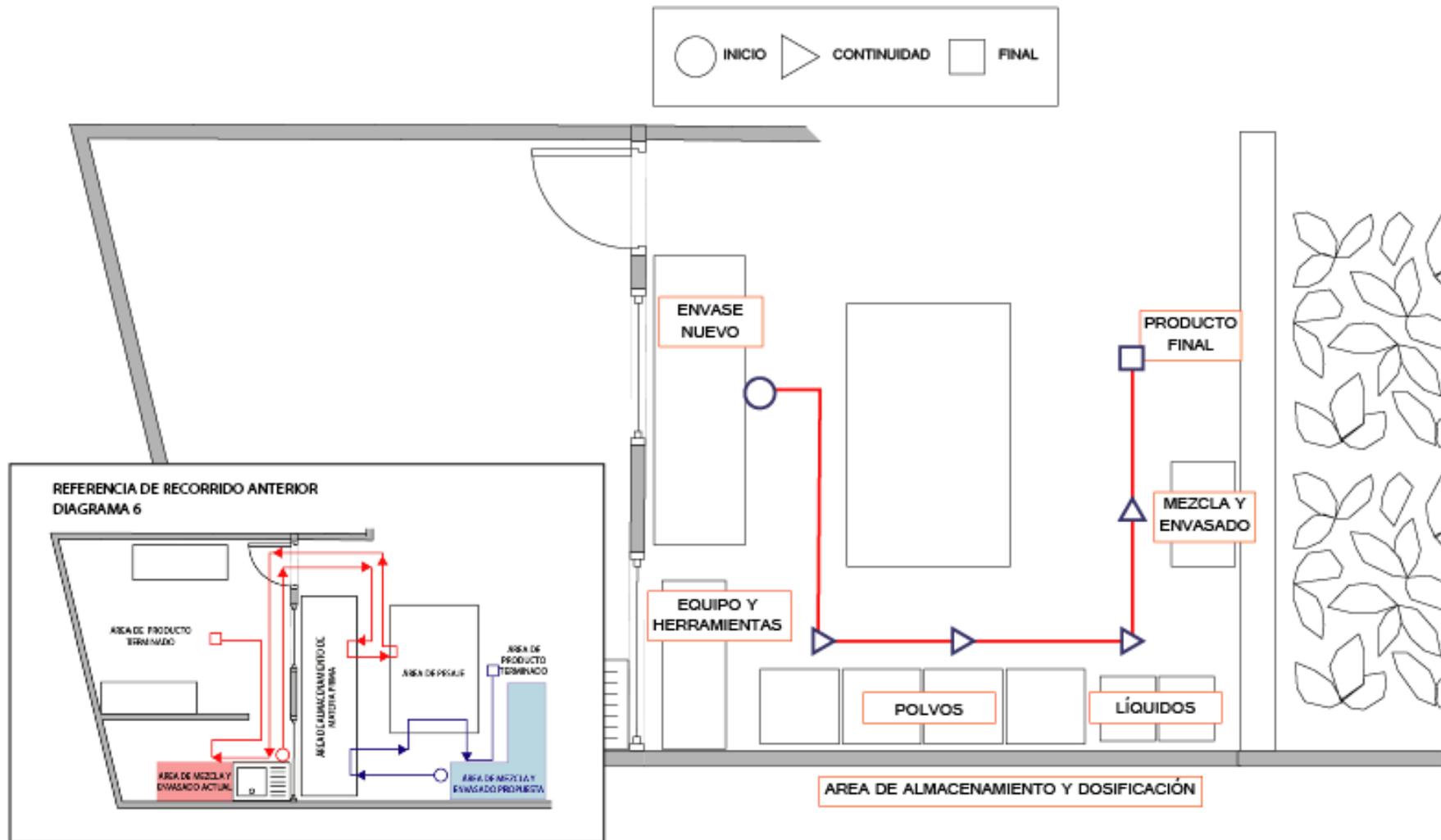


Diagrama 14. Recorridos necesarios para el proceso productivo. Elaboración propia

Diagrama de flujo utilizando el diseño propuesto

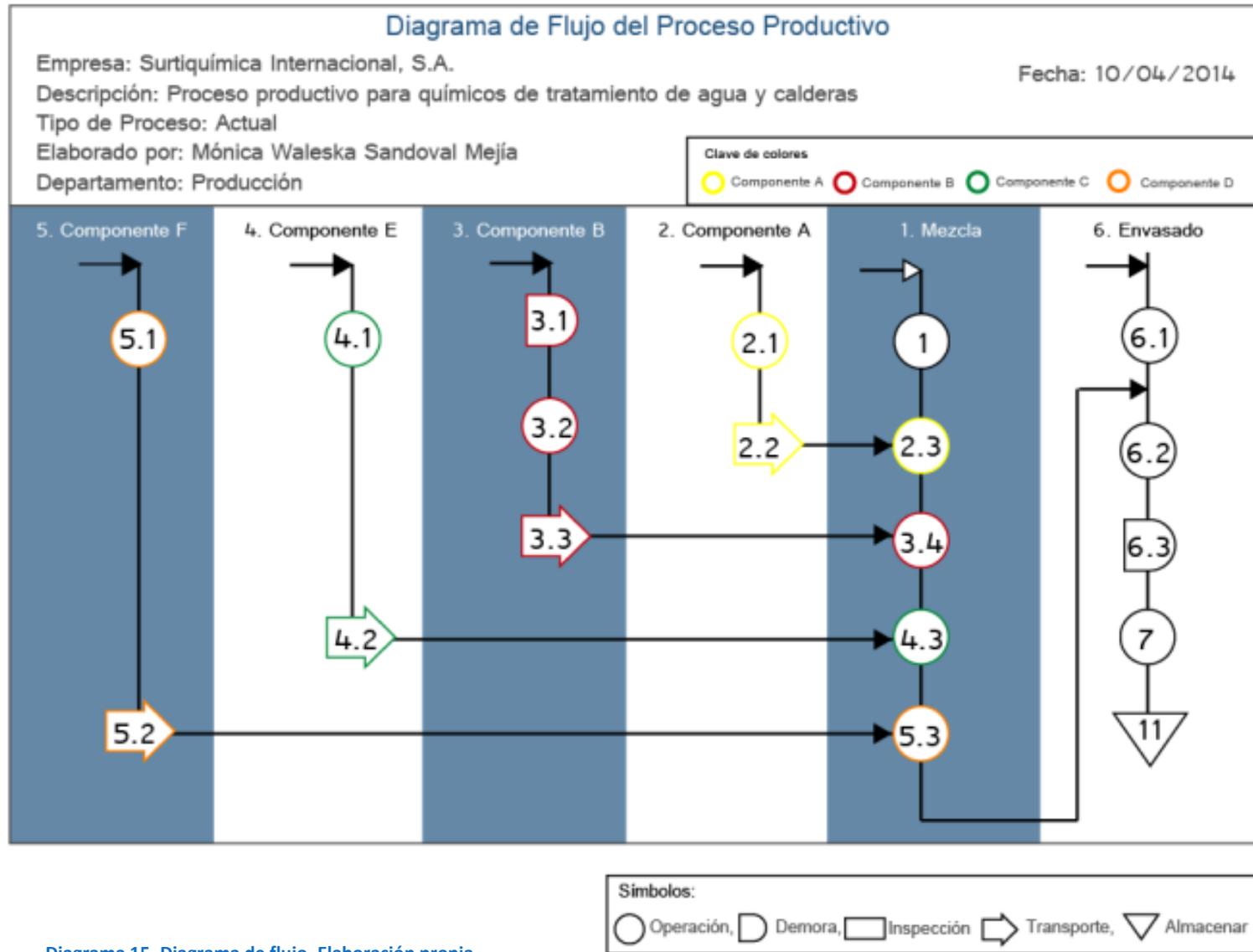


Diagrama 15. Diagrama de flujo. Elaboración propia

Diagrama de flujo analítico utilizando el diseño propuesto

Diagrama de Flujo analítico del Proceso Productivo				Resumen					
Empresa: Surtiquímica Internacional, S.A. Descripción: Proceso productivo para químicos de tratamiento de agua y calderas Tipo de Proceso: Actual Elaborado por: Mónica Waleska Sandoval Mejía Departamento: Producción Fecha: 04/09/2014				Operación: 11.86 mins. Transporte: 0.2 mins. Demoras: 0.47 mins. Inspecciones: 0.08 mins Almacenajes: 0.00 Tiempo total: 15.83 mins. Distancia: 5.2 metros					
Descripción	Cantidad	Distancia metros	Tiempo mins.	Símbolo					Observaciones
				○	➡	D	□	▽	
1.1. Operación			0:55						
1.2. Operación			2:30						
1.3. Operación			3:36						
1.4. Demora			0:36						
2.1. Operación			0:24						
2.2 Transporte		1.5 metros	0:03						
2.3 Operación			0:02						
3.1. Inspección			0:05						
3.2. Operación			0:20						
3.3 Transporte		1.7 metros	0:05						
3.4. Operación			0:02						
4.1. Operación			0:26						
4.2. Transporte		1 metros	0:02						
4.3 Operación			0:03						
5.1. Operación			0:15						
5.2. Transporte		1 metros	0:02						
5.3 Operación			0:05						
6.1. Operación			0:20						
6.2. Operación			4:32						
6.3. Demora			0:32						
7. Operación			0:55						
8. Almacenamiento			0:00						

Diagrama 16. Diagrama de flujo analítico. Elaboración propia

## CONCLUSIONES DE VALIDACIÓN

Los módulos de almacenamiento y dosificación evitan que el químico tenga contacto con la humedad del ambiente. Esto tiene como consecuencia que el área de mezcla y envasado se traslade al exterior, reduciendo el tiempo de producción en un 22% y el espacio recorrido por el usuario en un 80%. También, se compararon los resultados en a la capacidad productiva y su impacto en los costos de producción de la empresa. Esto se hizo base a la tabla 8 (pág. 41) en la que se calculó que se tiene un ahorro de aproximadamente Q. 4,356.00 mensuales. Esto implica que se puede recuperar la inversión inicial de aproximadamente Q.15, 000.00 en tres a cuatro meses.

Variable	Proceso anterior	Proceso actual
<b>Tiempo de operación</b>	20.47 minutos	11.86 minutos
<b>Tiempo de transporte</b>	2.13 minutos	0.2 minutos
<b>Tiempo total de proceso</b>	23.47 minutos	15.83 minutos
<b>Distancia recorrida</b>	24 metros	5.2 metros

Tabla 25. Comparación de resultados. Elaboración propia

## CÁLCULO DE GANANCIAS (HORAS/UNIDAD) CON EL PROCESO ACTUAL

**Aumento de capacidad productiva**

22% ≈ 20%

**Costo aproximado por unidad**

Q. 180.00

**Unidades producidas por mes en proceso anterior**

115 unidades \* 180 = Q. 20,700.00

**Unidades producidas por mes en proceso actual**

138 unidades + 180 = Q. 24,840.00

**Aumento económico en capacidad productiva mensual**

Q. 24,840.00 - Q. 20,700.00 = **Q. 4,140.00**

Tabla 26. Comparación de resultados. Elaboración propia

## CÁLCULO DE TIEMPOS (HORAS/HOMBRE) CON EL PROCESO ACTUAL

**Aumento de capacidad productiva**

22% ≈ 20%

**Unidades producidas por mes**

115 unidades + 20% = 138

**Cantidad de horas/hombre trabajadas por mes**

80 horas/mes = Q. 15.63 / hora

**Horas/hombre promedio por unidad producida**

80h/138u = 0.57 h/u = Q.8.91

**Horas/ hombre promedio del proceso anterior**

80h/115u = 0.69 h/u = Q. 10.78

**Ahorro económico en horas hombre**

Q10.78 - Q.8.91 = Q1.87 \*115 = **Q215.05**

Tabla 27. Comparación de resultados. Elaboración propia

Fotografía del espacio de trabajo

Antes y después



Imagen 54. Comparación de resultados. Elaboración propia

## H. CONCLUSIONES

- Los productos en polvo se logran dosificar con mayor exactitud con el rodillo dosificador, pues el operario puede medir cantidades menores a 0.5 libras.
- Al contar con un contenedor adecuado, el operario ya no debe agacharse al momento de dosificar, por lo que se reduce su fatiga durante el tiempo de trabajo.
- Diluir los componentes E y F previamente y dosificarlos en líquido reduce aproximadamente 6 minutos del proceso productivo.
- El uso de piezas existentes, como el piñón de bicicleta y materiales alternativos permitió obtener un prototipo por un precio menor a los existentes en el mercado.
- Con la utilización de los envases plásticos que utiliza la empresa se encontró una alternativa para dosificar líquidos a la vez que se redujeron costos y aprovechar los recursos con los que cuenta la empresa actualmente.
- El cambio de la dosificación de los componentes E y F ayudó a reducir el tiempo de mezcla en 5:58 minutos.
- Puesto que el químico corrosivo se colocó en un envase plástico se logró cambiar el material de las tolvas a hierro con recubrimiento anticorrosivo en lugar de acero inoxidable, reduciendo los costos del prototipo.
- El uso del prototipo, así como la implementación de las recomendaciones durante el proceso de diseño contribuyeron a reducir el tiempo de producción de la empresa en un 22%, mejorando su capacidad productiva y aumentando su competitividad en el mercado.

## I. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ubicar la estación de mezcla y envasado a un lado del prototipo para reducir los tiempos de producción y distancia de los recorridos.
- Es recomendable dar un mantenimiento anual al prototipo lijando y aplicando pintura nuevamente en la superficie, especialmente en la caja del dosificador.
- De preferencia el rodillo dosificador deberá fabricarse de acero inoxidable, aunque el resto del contenedor sea de hierro para que resista mejor el uso.
- Se recomienda que se utilice pintura epóxica en las tolvas para asegurar una mejor durabilidad.
- El químico almacenado en las tolvas deberá ser siempre el mismo, de lo contrario se deberá limpiar a fondo y cambiar la etiqueta de seguridad.
- Si se desea en un futuro se puede automatizar el dosificador de las tolvas adecuando la velocidad del rodillo con motor para que funcione como un sistema gravimétrico.
- Se recomienda cambiar de lugar la dosificación de líquidos con la estantería de herramienta para evitar que reciba la luz de sol. De lo contrario, colocar una pared o cortina en la parte frontal del espacio para cubrir los productos de los rayos solares.
- Para evitar lesiones del usuario utilizar una escalera pequeña para cargar la tolva.
- Será conveniente implementar un sistema de envasado utilizando una bomba. Esto servirá para reducir aún más el tiempo de producción y mejorar las posturas del operario en esta fase del proceso.

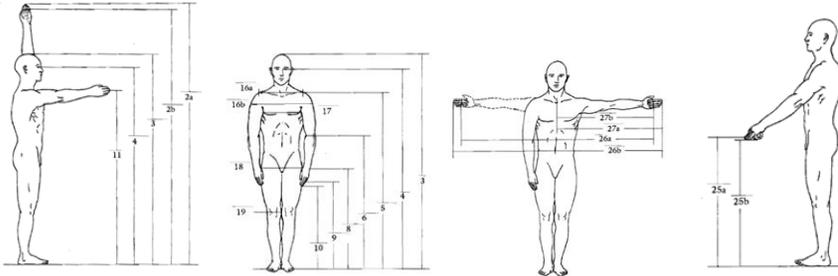
**VIII. ANEXOS**

## A. Cédula ergonómica

Nombre \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_ Sexo F \_\_\_\_\_ M \_\_\_\_\_

Lugar de nacimiento: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_

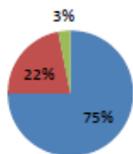


1. Estatura \_\_\_\_\_ mm
2. Altura ocular \_\_\_\_\_ mm
3. Alcance vertical
  - a. Mano extendida \_\_\_\_\_ mm
  - b. Mano cerrada \_\_\_\_\_ mm
4. Altura al codo \_\_\_\_\_ mm
5. Altura al hombro \_\_\_\_\_ mm
6. Alcance frontal del brazo
  - a. Mano extendida \_\_\_\_\_ mm
  - b. Mano cerrada \_\_\_\_\_ mm
7. Alcance lateral del brazo
  - a. Mano extendida \_\_\_\_\_ mm
  - b. Mano cerrada \_\_\_\_\_ mm
8. Largo de la mano \_\_\_\_\_ mm
9. Cuando usa una máquina ¿Qué cree que es lo más importante en cuanto a comodidad? \_\_\_\_\_
10. ¿Existe alguna que le incomode? ¿Por qué? \_\_\_\_\_

## B. Encuesta a clientes

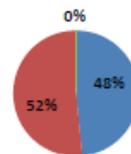
1. ¿Está satisfecho con los resultados que han tenido nuestros productos en su equipo?

■ Siempre ■ Casi siempre ■ A veces



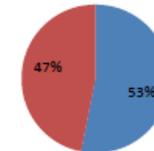
3. ¿Cómo califica la calidad de nuestros productos en relación al mercado?

■ Mejor ■ Similar ■ Menor



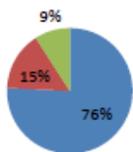
5. Considera nuestro tiempo de entrega es:

■ Rápido ■ Adecuado ■ Lento



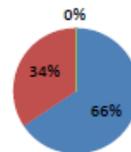
2. ¿Considera que el producto tiene siempre la misma calidad?

■ Siempre ■ Casi siempre ■ A veces



4. ¿Cómo califica la presentación de nuestros productos?

■ Excelente ■ Regular ■ Deficiente



### COMENTARIOS

- "Ultima orden el producto mostró una apariencia diferente"
- "Nos atienden bien pero a veces el producto viene incompleto"
- "Por lo regular siempre pedimos reforzar el producto, pero el problema lo tenemos con lo fuerte del olor"
- "Hay veces donde necesitamos que la entrega sea rápida, pero no siempre es factible"
- "Se ha notado que el químico no siempre viene igual"
- "A veces falta químico"
- "El color no siempre viene igual"

### C. PROPIEDADES DE LOS QUÍMICOS

	DESCRIPCIÓN	ALMACENAMIENTO	PELIGROS	
<b>COMPONENTE A</b>	<p>Clasificación GHS Atención</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polvo blanco, cristalino e inodoro</li> <li>- Soluble en agua, con desprendimiento de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenar en un lugar fresco, seco y ventilado.</li> <li>- Lejos de fuentes de polvo, calor o humedad.</li> <li>- Contenedores altamente sellados.</li> <li>- Incompatible con aluminio.</li> <li>- Lejos de ácidos por riesgo de reacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toxicidad aguda</li> <li>- Es corrosivo al contacto con los ojos.</li> <li>- Puede causar quemaduras en la piel.</li> <li>- Por inhalación causa irritación al tracto respiratorio.</li> </ul>
<b>COMPONENTE B</b>	<p>Clasificación GHS Peligro- Exposición única</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polvo o cristales blancos</li> <li>- Soluble en agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenar separado de oxidantes fuertes y ácidos.</li> <li>- Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nocivo en caso de ingestión.</li> <li>- Puede provocar síntomas de alergia, asma o dificultades Respiratorias si se inhala.</li> <li>- Puede provocar una reacción cutánea alérgica.</li> </ul>
<b>COMPONENTE C</b>	<p>Clasificación GHS Advertencia</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polvo blanco o gránulos</li> <li>- Soluble en agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenar en un lugar fresco, seco y ventilado.</li> <li>- Lejos de fuentes de polvo, calor o humedad.</li> <li>- Contenedores altamente sellados.</li> <li>- Incompatible con aluminio.</li> <li>- Lejos de ácidos por riesgo de reacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toxicidad aguda</li> <li>- Es corrosivo al contacto con los ojos.</li> <li>- Puede causar quemaduras en la piel.</li> <li>- Por inhalación causa irritación al tracto respiratorio</li> </ul>
<b>COMPONENTE D</b>	<p>Clasificación GHS Atención</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polvo cristalino incoloro</li> <li>- Soluble en agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenar separado de oxidantes fuertes y bases fuertes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por inhalación causa tos y dolor de garganta.</li> <li>- Enrojecimiento de piel y ojos</li> <li>- Por ingestión causa dolores y diarrea.</li> </ul>

Tabla 28. Características de los químicos usados en la empresa. Elaboración propia

		DESCRIPCIÓN	ALMACENAMIENTO	PELIGROS
COMPONENTE E	Clasificación GHS <b>Peligro</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólido blanco</li> <li>- Soluble en agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Separado de alimentos, ácidos fuertes y metales.</li> <li>- Almacenar en el recipiente original.</li> <li>- Mantener en lugar seco. Bien cerrado.</li> <li>- Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por inhalación causa tos y dolor</li> <li>- Por contacto con la piel causa enrojecimiento, dolor y quemaduras.</li> <li>- Causa enrojecimiento de ojos y quemaduras.</li> <li>- Por ingestión causa dolor, quemaduras, náuseas, vómitos y shock o colapso.</li> </ul>
COMPONENTE F	<b>Molesto, no peligroso</b>	Polvo marrón diluido en agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No exponer directamente a la luz del sol</li> <li>- Almacenar en un lugar seco y fresco.</li> <li>- No almacenar por más de 6 meses.</li> </ul>	En caso de ingestión puede causar un efecto laxante.

Tabla 28. Características de los químicos usados en la empresa. Elaboración propia

## IX. Bibliografía

Ashland Incorporated. (s.f.). *Composite Polymers*. Recuperado el 10 de 9 de 2014, de [http://www.plastiquimica.cl/pdf/Manual\\_de\\_Fabricacion\\_-\\_Resinas\\_Hetron-Ashland\\_%28Español%29.pdf](http://www.plastiquimica.cl/pdf/Manual_de_Fabricacion_-_Resinas_Hetron-Ashland_%28Español%29.pdf)

Ávila Chaurand, R., Prado León, L. R., & González, E. (2001). *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile*.

Baca, G., Cruz, M., Critóbal, M., Baca C. , G., Gutiérrez, J. C., Pacheco, A. A., . . . Rivera, I. A. (2007). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. México D.F.: Grupo editorial Patria.

Behn, A. O. (s.f.). *THERMAL ENGINEERING LTDA*. Obtenido de Artículo Técnico, Tratamiento de Agua para Calderas: <http://187.141.81.212/biblioteca/MAQUINAS/ArticuloTratamientoAguaCalderas.pdf>

Bonilla, E. (1993). *La técnica antropométrica aplicada al diseño industrial*. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Callón, J. (15 de 1 de 2015). *Hierro*. Obtenido de Elementos: <http://elementos.org.es/hierro>

Copeiron K-Tron. (s.f.). *Anatomía de un dosificador modular por pérdida de peso*. Recuperado el 23 de 8 de 2014, de Copeiron K-Tron: <http://www.ktron.es/process->

[equipment/feeders/feeding-equipment/loss-in-weight-feeders-overview.cfm](http://www.ktron.es/process-equipment/feeders/feeding-equipment/loss-in-weight-feeders-overview.cfm)

Gay, A., & Samar, L. (2004). *El diseño industrial en la historia*. Córdoba: Ediciones teC.

Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad*. México D.F.: McGraw-Hill.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (s.f.). *Ministerio de Empleo y Seguridad Social - Gobierno de España*. Recuperado el 24 de Febrero de 2014, de Clasificación y etiquetado de productos químicos: comparación entre el GHS y la reglamentación europea: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp\\_727.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_727.pdf)

Laura Frigenti, T. H. (2010). *Desarrollo de PyMEs en Guatemala*. Guatemala: Unidad de Finanzas y Desarrollo del Sector Privado- Banco Mundial. Obtenido de [http://siteresources.worldbank.org/GUATEMALAINSPANISHEXT/Resources/Desarrollo\\_de\\_PyMEs\\_en\\_Guatemala\\_\\_Banco\\_Mundial.pdf](http://siteresources.worldbank.org/GUATEMALAINSPANISHEXT/Resources/Desarrollo_de_PyMEs_en_Guatemala__Banco_Mundial.pdf)

Metal Actual. (2011). Consideraciones para trabajar acero inoxidable. *Metal Actual, 19*. Bogotá, Colombia: Arbol Tinta. Obtenido de Metal Actual: [http://www.metalactual.com/revista/19/procesos\\_consideraciones.pdf](http://www.metalactual.com/revista/19/procesos_consideraciones.pdf)

Mondelo, P., Gregori, E., & Barrau, P. (1994). *Ergonomía 1 Fundamentos*. Barcelona. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/027757/027757-1.htm>

Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.

Organización Internacional del Trabajo. (1993). *Seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo*. Ginebra.

Panero, j., & Zenik, M. (1979). *Dimensiones Humanas en los espacios interiores*. México, D.F.: Ediciones G. Gili.

Pérez Carrión, J., & Cánepa de Vargas, L. (1992). *Criterios de diseño para la dosificación y mezcla rápida*. Lima: CEPIS.

Perry, R., & Chilton, C. (1982). *Manual del Ingeniero Químico*. México: McGraw Hill.

Plastiquímica. (s.f.). *Resinas*. Obtenido de PlastiQuímica: <http://www.plastiquimica.cl/?cat=9>

Riesgolab. (s.f.). *Método de evaluación R.U.L.A. On Line*. Recuperado el 12 de septiembre de 2014, de RiesgoLab consulting group: <http://www.riesgolab.com/site/home/metodo-rula-on-line.html>

Sherwin Williams. (s.f.). *Anticorrosivos para acabados duraderos y uniformes*. Obtenido de

<http://sherwin.wsiefusion.net/arquitectura/brochures/BROCHUREBB.pdf>

TANQUES Y EQUIPOS INDUSTRIALES EFISA . (2014). *Plásticos reforzados con fibra de vidrio*. Obtenido de EFISA: <http://www.efisa.com.mx/materiales/plastico-reforzado/plasticos-reforzados-con-fibra-de-vidrio.html>