

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Rediseño del almacenamiento de ácido fosfórico en una empresa que
produce harina y solubles de cabezas de camarón”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Industrial

Presentado por:

Jean Carlos Franco Vargas

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

Este proyecto integrador lo dedico a mis padres, que han sido pieza fundamental en todo este proceso de carrera universitaria. De no ser por ellos, no estaría hoy cumpliendo esta meta.

Así también, agradezco a mi hermana, quien ha sido un ejemplo para seguir desde niño, y a quien debo toda mi admiración. Y a mi gran amigo Álvaro Álvarez que me ha apoyado en los momentos duros de mi vida.

Finalmente, a toda mi familia que brindaron su confianza en mí y me demostraron a luchar por mis sueños.

Jean Carlos Franco

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por estar siempre guiándome y darme la fuerza para que todo esto sea posible. Un especial agradecimiento a los docentes: Isabel Alcívar, Jaime Macias y Jenny Gutiérrez, quienes con sus conocimientos, experiencias y consejos me hicieron amar esta carrera.

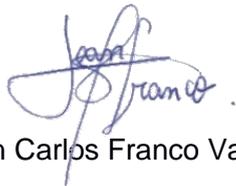
Agradezco a mi familia, por su esfuerzo, disciplina, apoyo y guía durante toda mi vida. Que sepan que este logro no es solo mío sino de todos ustedes.

Finalmente, agradezco a mis amigos Jorge, Ximena, Cristhina, Anthony, Christopher, Álvaro quienes me brindaron su amistad y me demostraron que siempre es importante la colaboración y el apoyo entre nosotros.

Jean Carlos Franco

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Yo, *Jean Carlos Franco Vargas* doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jean Carlos Franco Vargas', with a stylized flourish.

Jean Carlos Franco Vargas

EVALUADORES

.....
María Fernanda López S., M.Sc.

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Isabel Alcívar G., M.Sc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este proyecto se realiza en un empresa dedicada a la producción de harina de cabezas de camarón. Actualmente existen oportunidades de mejora dentro del proceso de cocción y molienda de la materia prima donde se consume ácido fosfórico, ya que el ácido, que viene en tanques IBC, son almacenados temporalmente en áreas donde no se deben almacenar ese tipo de producto. Así también, el proceso de dosificación es realizado manualmente por los operadores, lo que ocasiona que existan actividades con niveles alto de riesgo. El objetivo de este proyecto es rediseñar el proceso de dosificación de ácido fosfórico mediante la centralización del almacenamiento y la inclusión de un sistema automatizado para dosificación.

El proyecto se realizó bajo el método “Diseño desde cero” con 5 etapas fundamentales: definición, recolección de datos, análisis, diseño e implementación. En la etapa de definición se identificaron los requerimientos del proyecto mediante la aplicación de la voz del cliente. La recolección de datos ayudó a cuantificar las variables más importantes en este proyecto. En la etapa de análisis, se plantearon alternativas de solución para el problema y se eligió la más apropiada de acuerdo con el cumplimiento de los requerimientos priorizados. Esta alternativa elegida fue desarrollada en las siguientes etapas del trabajo.

Una vez aprobada la opción de solución se realizó el diseño de solución y un plan de implementación de la solución. Con la implementación de la solución se espera una reducción del 96% del tiempo de dosificación y el almacenamiento del ácido en un lugar centralizado con todas las medidas de seguridad.

Palabras Clave: Tiempo de dosificación, niveles alto de riesgo, rediseñar el proceso, centralización del almacenamiento.

ABSTRACT

This project is carried out in a company dedicated to the production of shrimp head flour. Currently there are opportunities for improvement within the raw material cooking and grinding process where phosphoric acid is consumed, since the acid, which comes in IBC tanks, is temporarily stored in areas where this type of product should not be stored. Likewise, the dosing process is carried out by the operators manually, which causes activities with high levels of risk. The objective of this project is to redesign the phosphoric acid dosing process by centralizing storage and including an automated dosing system.

The project was carried out under the “Design from scratch” method with 5 fundamental stages: definition, data collection, analysis, design, and implementation. In the definition stage, the project requirements were identified by applying the voice of the customer. Data collection helped quantify the most important variables in this project. Being in the analysis stage, alternative solutions to the problem were proposed and the most appropriate one was chosen according to the fulfillment of the prioritized requirements.

Once the solution option was approved, the solution design and a solution implementation plan were made. With the implementation of the solution, a 96% reduction in the dosing time and the storage of the acid in a centralized place with all the security measures is expected.

Keywords: Dosing time, high risk levels, redesign the process, centralization of storage.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico	3
CAPÍTULO 2.....	6
2. Metodología.....	6
2.1 Definición	6
2.1.1 Macromapa.....	6
2.1.2 Voz del Cliente.....	7
2.1.3 Herramientas de calidad	8
2.1.4 Alcance.....	11
2.1.5 Declaración de oportunidad	11
2.1.6 Restricciones de diseño.....	12

2.1.7	Plan de trabajo.....	13
2.2	Recolección de datos	14
2.2.1	Plan de recolección de datos	14
2.2.2	Validación de los datos	15
2.3	Análisis.....	26
2.3.1	Opciones de solución.....	26
2.3.2	Opciones de diseño de la opción seleccionada.....	28
2.3.3	Análisis de costo de la opción seleccionada	32
2.4	Diseño.....	37
2.4.1	Diseño de solución	37
2.4.2	Plan de implementación.....	37
CAPÍTULO 3		39
3.	Resultados y análisis	39
3.1	Resultados del procedimiento de abastecimiento de ácido	39
3.2	Resultados del índice de satisfacción.....	41
3.3	Resultados de la evaluación de riesgos	42
3.4	Análisis de la solución	43
CAPÍTULO 4		46
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	46
4.1	Conclusiones.....	46
4.2	Recomendaciones.....	47

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
CTQ	Requerimientos críticos de calidad
SIPOC	Proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes
IBC	Contenedor a granel intermedio
VOC	Voz del cliente
QFD	Casa de la calidad
CSAT	Índice de satisfacción
POV	Punto de Vista
EPP	Equipo de protección personal
CO	Monóxido de Carbono
ASTM	Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales
PRFV	Plástico reforzado con vidrio
HMI	Interface Humano – Máquina

SIMBOLOGÍA

min	minutos
s	segundos
USD	Dólar estadounidense
m	metro
mm	milímetro
m ²	metros cuadrados
m ³	metros cúbicos
kg	Kilogramos
Ton	Toneladas
Km	Kilómetro
cm	centímetro
Ø	Diámetro

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Macromapa de la compañía [Elaboración propia].....	7
Figura 2.2 Voz del cliente (VOC) [Elaboración propia].....	8
Figura 2.3 Casa de la calidad (QFD) de la compañía [Elaboración propia].....	10
Figura 2.4 Diagrama SIPOC de la compañía [Elaboración propia]	11
Figura 2.5 Elementos del Punto de Vista (POV) [Elaboración propia]	12
Figura 2.6 Plan de trabajo del proyecto [Elaboración propia]	13
Figura 2.7 Diagrama de flujo del proceso de dosificación de ácido al reactor [Elaboración propia]	15
Figura 2.8 Montacarga considerado para la medición de distancia [Elaboración propia]	17
Figura 2.9 Área disponible para solución / prototipo en planos [Base de datos de la empresa]	18
Figura 2.10 Verificación de medidas en sitio [Elaboración propia]	18
Figura 2.11 Área disponible luego de la verificación en sitio [Elaboración propia]	19
Figura 2.12 Formato de encuesta de satisfacción del personal [Elaboración propia]....	22
Figura 2.13 Cálculo para dosificación de ácido en el reactor [Base de datos de la empresa]	24
Figura 2.14 Número de tanques IBC vacíos almacenados [Elaboración propia]	25
Figura 2.15 Reunión con el equipo de trabajo y con posibles contratistas [Elaboración propia].....	27
Figura 2.16 Alternativa 1: Colocar 1 cubeto [Elaboración propia]	29
Figura 2.17 Alternativa 2: Colocar 2 cubetos [Elaboración propia].....	29
Figura 2.18 Alternativa 1: Diseño de un tanque de 15 Ton. [Elaboración propia]	30
Figura 2.19 Alternativa 2: Diseño de un tanque de 33 Ton. [Elaboración propia]	30
Figura 2.20 Alternativas de ruta de tubería de ácido [Elaboración propia]	31
Figura 2.21 Mapa de tráfico con el recorrido de las tuberías de las alternativas [Elaboración propia]	32
Figura 2.22 Referencia de tanque de ácido en sucursal en Elven, Francia [Elaboración propia].....	33
Figura 2.23 Reunión para discusión del costo de solución [Elaboración propia].....	36

Figura 2.24 Reunión previo a implementación de solución [Elaboración propia]	37
Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso propuesto [Elaboración propia]	39
Figura 3.2 Evidencia de la capacitación del procedimiento al personal involucrado [Elaboración propia]	40
Figura 3.3 Resultados de la encuesta de satisfacción con la implementación de la solución [Elaboración propia]	41
Figura 3.4 Resumen de resultados de la encuesta de satisfacción [Elaboración propia]	42
Figura 3.5 Evaluación de riesgos segmentada por nivel de riesgo importante [Elaboración propia]	43
Figura 3.6 Medición de gases en el área de reactor [Elaboración propia]	44
Figura 3.7 Resultados de la medición de gases en el área de reactor [Elaboración propia]	44
Figura 3.8 Orden de compra de E.P.P con la implementación de la solución [Sistema interno de la empresa].....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Requerimientos críticos de calidad (CTQ) [Elaboración propia]	9
Tabla 2.2 Escala utilizada para la Casa de Calidad (QFD) [Elaboración propia].....	9
Tabla 2.3 Restricciones de diseño [Elaboración propia]	12
Tabla 2.4 Plan de recolección de datos [Elaboración propia]	14
Tabla 2.5 Resumen de estudios de tiempos [Elaboración propia]	16
Tabla 2.6 Examen crítico del proceso de dosificación de ácido [Elaboración propia] ...	17
Tabla 2.7 Criterios de evaluación para probabilidad y severidad [Elaboración propia] .	20
Tabla 2.8 Clasificación de prioridades y acciones para implementación de medidas de control de riesgos severidad [Elaboración propia]	20
Tabla 2.9 Opciones de solución [Elaboración propia]	26
Tabla 2.10 Escala usada en la evaluación [Elaboración propia]	27
Tabla 2.11 Resultado de la herramienta Matriz de Pugh [Elaboración propia].....	28
Tabla 2.12 Costo de la solución [Elaboración propia]	35
Tabla 2.13 Plan de implementación de la solución [Elaboración propia]	38
Tabla 3.1 Tabla de ahorro en tiempos [Elaboración propia]	39
Tabla 3.2 Tabla de resultados de la encuesta de satisfacción [Elaboración propia]	41
Tabla 3.3 Tabla de resultados de los niveles de riesgo [Elaboración propia]	43

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Diseño de base y cubeto para tanque de fibra de vidrio
PLANO 2	Diseño civil estructural de base y cubeto
PLANO 3	Recorrido de tuberías de proceso (1/2)
PLANO 4	Recorrido de tuberías de proceso (2/2)
PLANO 5	Recorrido de tuberías eléctricas
PLANO 6	Tanque para ácido fosfórico de 10 m ³ : Hoja de datos

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Ecuador es mundialmente reconocido por ser un país exportador de camarón. De acuerdo con cifras reveladas por la Cámara Nacional de Acuicultura, el camarón es el primer producto exportable ecuatoriano superando al banano. Solo en el año 2020 en plena pandemia se logró registrar un crecimiento en el Valor Agregado Bruto (VAB) de 5,2% respecto al año 2019. Del mismo modo, las exportaciones lograron ascender en un 25,5% más en comparación con 2019. (Coba, 2021).

Al ser el camarón un producto altamente demandado, son varias las empresa que se encargan de producir los alimentos para su correcta dieta. El balanceado es uno de los productos muy comúnmente usado para alimentar a los camarones de criadero, ya que cuenta con la necesaria cantidad de proteínas, grasas, hidratos que son necesarios para su correcta alimentación y crecimiento.

Las proteínas tienen un papel muy importante dentro de la alimentación de los camarones y esto se debe a que son un requerimiento dentro de la producción del balanceado. Este proyecto se centra en una empresa que elabora y proceso harina (proteínas) de cabezas de camarón. De manera general, el proceso productivo de esta empresa empieza con la recepción de la materia prima, cabezas de camarón, que es comprada de empresas empacadoras aledañas. Se realiza un primer filtro, seleccionando solo aquella materia prima que es apta para el siguiente proceso. Después ocurre el proceso de molienda y cocción de la materia prima, que se realiza en los reactores de la planta. Por lo que para el siguiente paso ya la materia prima está cocinada y prensada. Antes de pasar al proceso de secado, interviene la separación de cualquier sólido o residuo que exista. Finalmente, ocurre el proceso de secado, donde ya se obtiene la harina de camarón que es empacada y almacenada en la bodega de producto terminado hasta su respectiva venta.

Una de las actividades rutinarias presentes en el proceso de cocción y molienda de la materia prima, es la acidificación de la misma, mediante ácido fosfórico al 85%. Este ácido es dosificado por 2 operadores que tienen un contacto directo con el químico. La empresa busca centralizar el almacenamiento de ácido fosfórico y rediseñar el proceso de dosificación de ácido, buscando la manera de mitigar los riesgos presentes en el proceso y automatizar ciertas actividades.

De acuerdo con (Nutrien, 2021), el contacto de una persona con ácido fosfórico puede ocasionar graves quemaduras y lesiones oculares. Sin embargo, si sumado a esto existe un incorrecto almacenamiento de ácido fosfórico, se podría ocasionar reacciones peligrosas si entran en contacto con otras sustancias. Y es que actualmente se ha evidenciado que se almacena ácido fosfórico en: la bodega de tránsito, contenedores refrigerados y en la bodega de producto terminado. En ninguna de estas áreas se debería almacenar este producto.

En el proceso de dosificación de ácido intervienen 2 operadores; uno encargado de transportar un tanque IBC (Contenedor a granel intermedio) con ácido fosfórico a la zona de reactor y el otro que se encarga de conectar los distintos acoples, mangueras y de accionar la bomba de succión para dosificar la cantidad necesaria al reactor. A pesar de que el operador use los E.P.P. (Equipos de protección personal) necesarios para manipulación de químicos, siempre existirá un riesgo alto presente debido a que hay una manipulación directa del operador con el químico.

1.2 Justificación del problema

Desde el mes de octubre del año 2020 la empresa está en la búsqueda de implementar correctamente las 10 reglas de oro en la seguridad. Una de las reglas de oro presentes, es la gestión de riesgos, que pide que las actividades realizadas por el personal tengan niveles de riesgo bajos (tolerable o trivial). Por lo tanto, es importante primero que el almacenamiento se realice apropiadamente, siguiendo todas las medidas de seguridad necesarias para garantizar el bienestar de los trabajadores. Y una vez ya centralizado el almacenamiento, rediseñar el proceso de dosificación de tal modo que todas las actividades cumplan con este requerimiento.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Rediseñar el proceso de dosificación de ácido fosfórico mediante la centralización del almacenamiento y la inclusión de un sistema automatizado para dosificación.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Reducir el nivel actual de riesgo en las actividades que intervienen en el proceso de dosificación de ácido para garantizar la seguridad del operador.
2. Reducir el tiempo de dosificación en el proceso para aumentar la eficiencia del proceso.
3. Diseñar una solución/prototipo que permita automatizar el sistema de dosificación de ácido para reducir la manipulación directa del operador.
4. Mejorar el índice de satisfacción del operador en el proceso de dosificación de ácido para reducir el esfuerzo humano.

1.4 Marco teórico

- **Voz de cliente (VOC):** La voz de cliente es una herramienta que permite escuchar de manera atenta lo que un cliente necesita y determinar de forma más específica todos los aspectos que se deben atender para resolver alguna problemática (Gutiérrez Pulido, Gutiérrez González, Garibai López, & Díaz Caldera, 2013)
- **Casa de la calidad (QFD):** Es un sistema que permite que fácilmente se identifiquen las expectativas y necesidades de un cliente en específico. Permite traducir lo que necesita en requerimientos de calidad que se manejen internamente en la compañía. (Lorenzo, Mira, Olarte, Guerrero , & Moyano , 2004)
- **Requerimientos críticos de calidad (CTQ):** Los requerimientos críticos de calidad utilizan como principal insumo las necesidades determinadas con la voz del cliente; esta herramienta permite traducir aquellos requerimientos del cliente en requerimientos asertivos o especificaciones de diseño. (Zacapantzi Cordero, Gutiérrez Morales, Herrera Fernández, & Cruz Sánchez, 2012)

- **Macromapa de procesos:** El macromapa de procesos es una representación gráfica de la interacción de todos los procesos que existen en una organización. Permite identificar, desde la necesidad, los procesos estratégicos, claves y de soporte que permitirán satisfacer aquellas necesidades.
- **Proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes (SIPOC):** El SIPOC es la abreviatura para identificar a los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes en un proceso. Por lo tanto, esta herramienta permite identificar a detalle qué componentes intervienen en cada una de las etapas o fases que comprenden un proceso. (Cañedo Iglesias, Curbelo Hernández, Núñez Chaviano, & Zamora Fonseca, 2012)
- **Punto de Vista (POV):** El punto de vista es una técnica que permite declarar un problema considerando tres elementos principales: el usuario o a quien va dirigido una solución (¿Quién?); una necesidad que el usuario presente y que espera resolver mediante un proyecto (¿Qué?); y el hallazgo o percepción que corresponde a la razón o motivos necesarios por los que se debe resolver la necesidad que se ha detectado (¿Por qué?). (Caerio & Fernández Iglesias, 2019)
- **Plan de recolección de datos:** El plan de recolección de datos es un tabla que resume la información que se necesita recolectar previo al arranque de un proyecto. Es muy útil puesto que identifica de manera fácil al responsable de la recopilación de la información, la variable a medir, tipo de dato, fecha en la que se empezará a recolectar la información, cómo y dónde se recolectará aquellos datos y de una manera general menciona el futuro uso de esa información.
- **Evaluación de riesgos:** La Evaluación de Riesgos es un documento en el que se identifican todos los riesgos que existen en un área o incluso en toda la empresa. Una vez identificados se les asigna un nivel de riesgo y se establecen las medidas de control para cada uno de ellos. Este documento deberá ser lo suficientemente explícito para permitir tomar las decisiones adecuadas para establecer cualquier acción con el fin de preservar la salud de los trabajadores. (Ministerio de empleo y seguridad social, 2017)
- **Severidad del riesgo:** El término severidad se refiere a la gravedad del daño que se puede esperar si un riesgo termina ocurriendo, pudiendo ser: ligeramente

dañino, dañino y extremadamente dañino. (Ministerio de empleo y seguridad social, 2017)

- **Probabilidad del riesgo:** La probabilidad indica la “facilidad” o el nivel de frecuencia en que puede ocurrir algún riesgo. Se puede definir como baja, media y alta. (Ministerio de empleo y seguridad social, 2017)
- **Índice de satisfacción (CSAT):** El índice de satisfacción (CSAT) se utiliza comúnmente para medir el nivel de satisfacción del cliente al finalizar cada interacción con el servicio de alguna empresa. Es decir que mediante una encuesta considerando diversos criterios se puede medir que satisfecho se encuentra un cliente, en un escala definida por el evaluador. Finalmente, el CSAT se calcula mediante la división entre las valoraciones positivas entre el total de evaluaciones obtenidas multiplicado por 100. Usualmente las empresas establecen como objetivo un 80%. (Zendesk, 2020)
- **Diagrama de flujo de procesos:** El diagrama de flujo de procesos, a diferencia de un diagrama de flujo de actividades muestra costos ocultos como, por ejemplo, distancias recorridas, tiempos de actividades, retrasos y almacenamientos temporales. Además, permite tomar acciones a aquellas actividades no productivas a través de un examen crítico. (Niebel & Andris, 2014)
- **Matriz de Pugh:** Es un método de selección de opciones comúnmente utilizado para comparar diferentes candidatos de diseño que serán evaluados o ponderados de acuerdo con los diferentes criterios definidos por el usuario permitiendo elegir aquella opción que logre cumplir con todas las necesidades del cliente. (Burge, 2009)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición

Se realizó una reunión de manera presencial con el Coordinador de Seguridad de la empresa, quien tiene el papel de sponsor o encargado del proyecto. Luego de esta reunión de apertura, se coordinó con las distintas áreas involucradas del proyecto una reunión con el fin de recolectar las necesidades y expectativas respecto al problema planteado. Finalmente, con la ayuda de las herramientas apropiadas se establecieron los requerimientos, restricciones y el alcance del proyecto.

2.1.1 Macromapa

La primera herramienta utilizada fue el Macromapa de procesos, la cual permite conocer los procesos estratégicos, clave y de soporte que participan en la empresa con el fin de satisfacer todas las necesidades de sus clientes. En la Figura 2.1 se encuentra el gráfico del Macromapa de la empresa, en el cual se destaca la participación de los departamentos gerenciales como procesos estratégicos, los departamentos productivos desde la recepción de materia prima hasta las operaciones logísticas como procesos clave y lo que respecta a la gestión humana, seguridad, calidad, mantenimiento e innovación y desarrollo como procesos de soporte que ayudan a velar el cumplimiento con todos los estándares establecidos por los clientes.

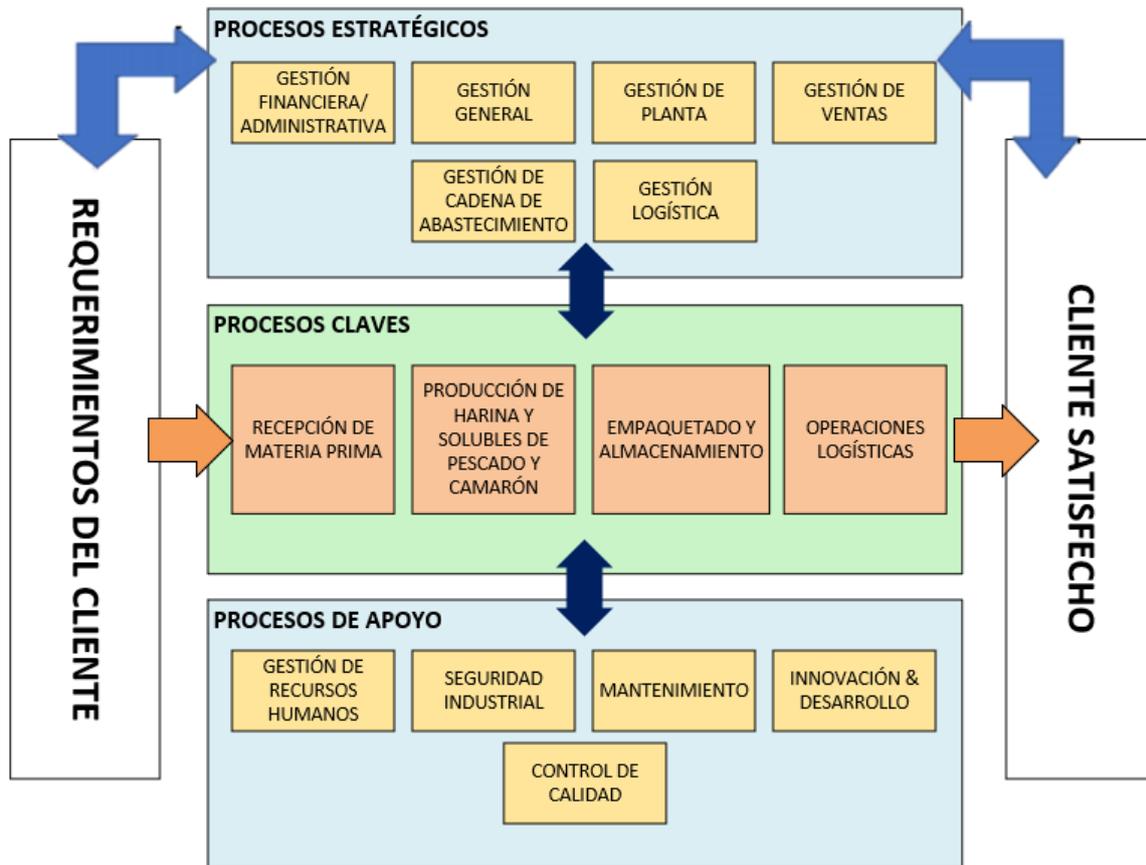


Figura 2.1 Macromapa de la compañía [Elaboración propia]

2.1.2 Voz del Cliente

La voz del cliente fue recolectada a través de una reunión presencial en la sala de reunión de Indicadores clave de rendimiento (KPI). Se contó con la presencia de: coordinador de calidad, coordinador de seguridad industrial, jefe de mantenimiento, jefa de producción y operador del área de reactor de la planta. Se discutió acerca de los problemas que intervienen en el proceso de dosificación y almacenamiento de ácido en planta.

En la Figura 2.2 se presentan las principales necesidades recolectadas en la reunión, considerando la perspectiva cada departamento involucrado en el proyecto.

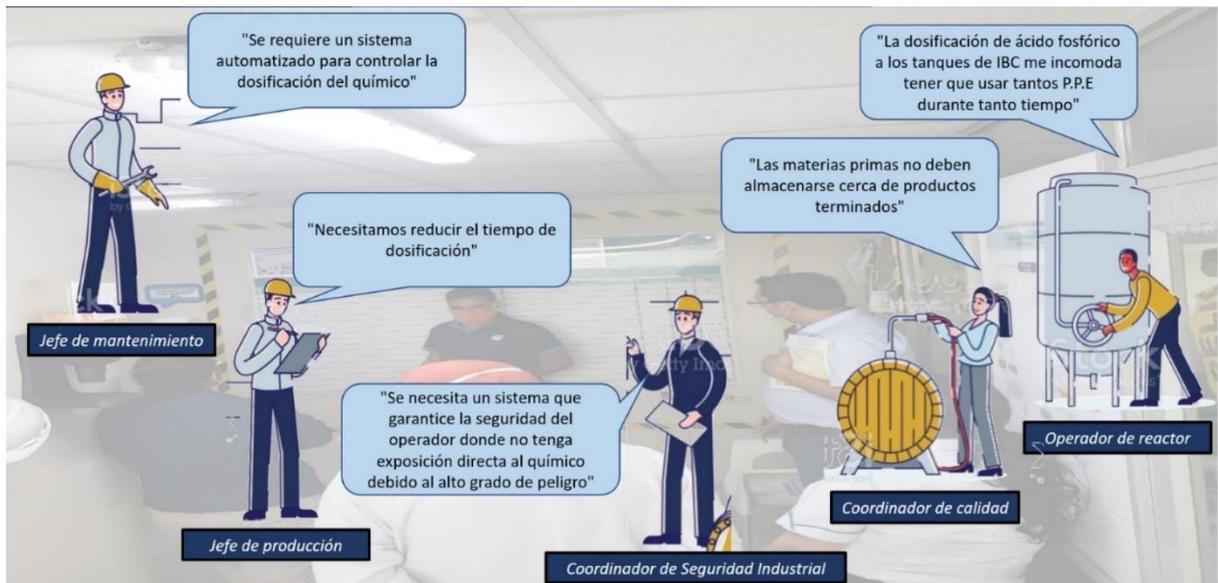


Figura 2.2 Voz del cliente (VOC) [Elaboración propia]

2.1.3 Herramientas de calidad

Para traducir las necesidades en requerimientos de calidad, se utilizó la herramienta Requerimientos críticos de calidad (CTQ), la cual se encarga de traducir las necesidades a requerimientos por medio de un conductor (el cual es comúnmente algo medible). En la tabla 2.1 se encuentra el resultado de la aplicación de dicha herramienta.

Tabla 2.1 Requerimientos críticos de calidad (CTQ) [Elaboración propia]

ELLOS DIJERON	REQUERIMIENTO DE DISEÑO	CONDUCTOR	REQUERIMIENTO DE CALIDAD
"Se requiere un sistema automatizado para controlar la dosificación del químico"	Reducir la manipulación manual de la sustancia química	Nivel de automatización en la dosificación de productos químicos	Dosificación automatizada
"Necesitamos reducir el tiempo de dosificación "	Reducir el tiempo de dosificación	Tiempo de dosificación	Tiempo de dosificación <= 10 min
"Se necesita un sistema que garantice la seguridad del operador donde no tenga exposición directa al químico debido al alto grado de peligro"	Reducir el nivel de riesgo de las actividades	Nivel de riesgo de la actividad	Nivel de riesgo <= Moderado (Riesgo trivial o riesgo tolerable)
"Las materias primas no deben almacenarse cerca de productos terminados"	Evitar contaminación cruzada en el almacenamiento	Diseño de alternativas	Localización de la solución / prototipo >= 15 de la bodega de producto terminado
		Capacidad de almacenamiento	Capacidad de almacenamiento >= 10 Ton.
"La dosificación de ácido fosfórico a los tanques de IBC me incomoda tener que usar tantos P.P.E durante tanto tiempo "	Mejorar la satisfacción y la seguridad del operador	Índice de satisfacción del operador (CSAT)	CSAT (%) = [(Número de valoraciones positivas / Total valoraciones obtenidas)] * 100 > = 80%

Una vez conocidos todos los requerimientos de calidad, se aplicó la herramienta Casa de la Calidad (QFD), que permite asignarles una ponderación a los requerimientos de diseño de acuerdo con la perspectiva de los involucrados. En la Tabla 2.2 se muestra un resumen de la escala que se utilizó.

Tabla 2.2 Escala utilizada para la Casa de Calidad (QFD) [Elaboración propia]

Criterio		
●	Relación fuerte	9
○	Relación media	3
▼	Relación baja	1
	Sin asignación	0
++	Fuerte correlación positiva	
+	Correlación positiva	
-	Correlación negativa	

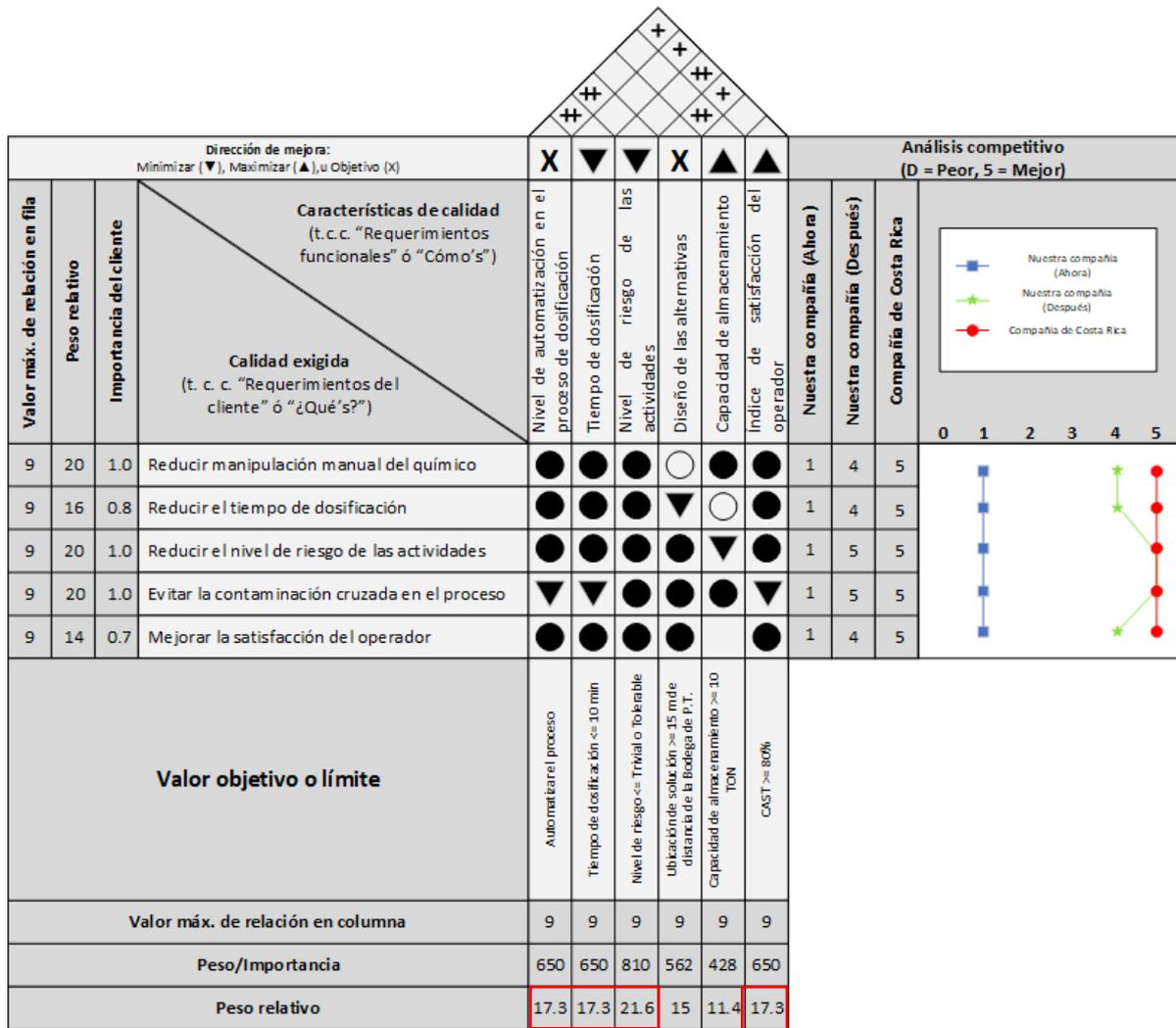


Figura 2.3 Casa de la calidad (QFD) de la compañía [Elaboración propia]

Junto con el equipo del proyecto, se priorizó los requerimientos de diseño en base a su peso relativo. Los requerimientos priorizados fueron: Automatizar el proceso de dosificación de ácido, Reducir el tiempo de dosificación, Reducir el nivel de riesgo de las actividades e incrementar el índice de satisfacción (CSAT) a los operadores involucrados en el proceso.

2.1.4 Alcance

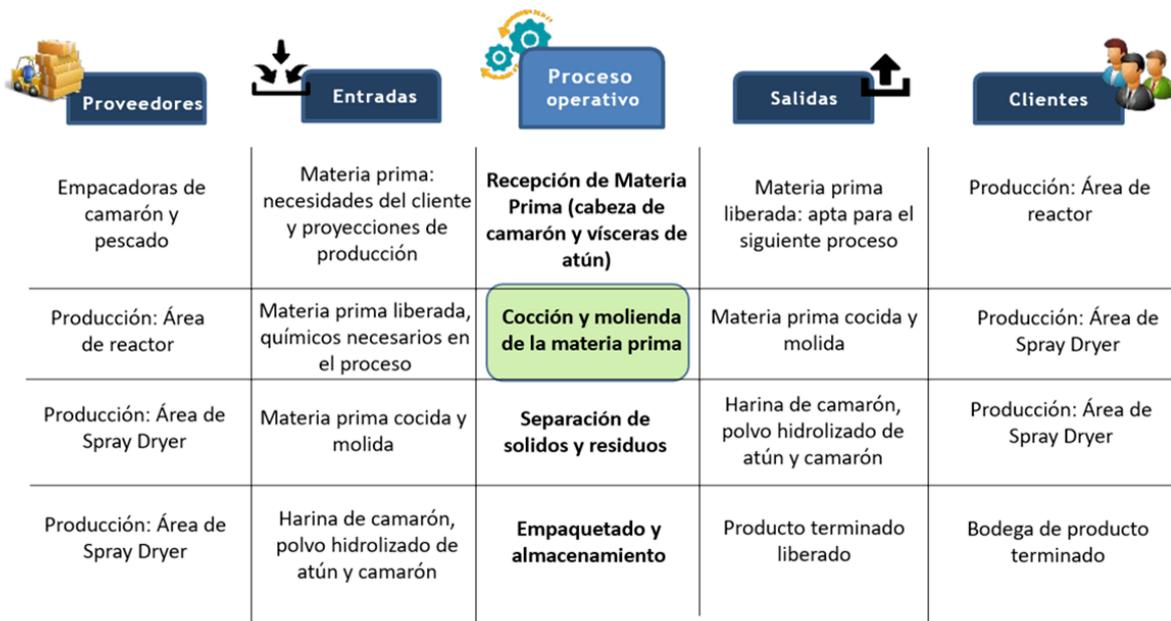


Figura 2.4 Diagrama SIPOC de la compañía [Elaboración propia]

Con la herramienta del Macromapa de proceso, se conocieron todos los procesos que intervienen en la empresa. Este proyecto se enfoca en la parte productiva, específicamente, en el proceso de cocción y molienda de la materia prima, que es donde el ácido fosfórico es consumido. La función que cumple el ácido fosfórico en este proceso es el de acidificar la materia prima para obtener los parámetros ideales del producto. En la Figura 2.4 se encuentra el diagrama de Proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes (SIPOC), en donde se puede ver que el proceso encerrado en un cuadro verde corresponde al alcance del proyecto.

2.1.5 Declaración de oportunidad

Para determinar oportunidad de mejora en el proyecto, se utilizó la metodología Punto de vista (POV) que se observa en la Figura 2.5.

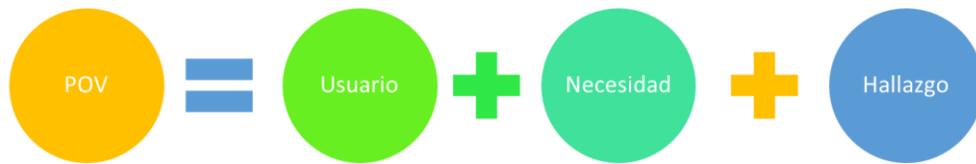


Figura 2.5 Elementos del Punto de Vista (POV) [Elaboración propia]

Finalmente, aplicando la metodología POV, la declaración de la oportunidad para la empresa es:

“La empresa necesita rediseñar el proceso de almacenamiento de ácido fosfórico porque los tanques IBC de ácidos fosfóricos se almacenan en cualquier espacio disponible de la planta, y representa un alto riesgo no solo para los trabajadores sino también al entrar en contacto con otras sustancias”.

2.1.6 Restricciones de diseño

Las restricciones de diseño se determinaron junto con el encargado del proyecto por parte de la empresa. El resumen de las restricciones se encuentra en la Tabla 2.3

Tabla 2.3 Restricciones de diseño [Elaboración propia]

Restricciones	Descripción	Cantidad/Cualidad
Recursos económicos	Presupuesto	Presupuesto para proyectos de seguridad (<= 80.000,00 USD)
Localización	Área disponible para solución / prototipo	Espacio disponible (Aproximadamente 400 m ²)
Capacidad	Capacidad de almacenamiento para solución / prototipo	Preferible 15 Ton.
Mano de obra	Número de trabajadores requeridos	Como máximo 2

2.1.7 Plan de trabajo

Se realizó un plan de trabajo que permita conocer las distintas actividades con sus tiempos de duración estimados para el proyecto. En la Figura 2.6 se detalla el plan de trabajo. Para este proyecto se utilizó la metodología de Diseño desde cero; por ello, se segmentó el plan de trabajo considerando las fases de la metodología: Definición, recolección de datos, análisis, Propuestas de mejora y prototipo.

Nombre de la tarea	Duración (días)	Fecha de inicio	Fecha de finalización	24-may	31-may	7-jun	11-jun	14-jun	21-jun	28-jun	2-jul	5-jul	12-jul	19-jul	26-jul	30-jul	2-ago	9-ago	13-ago	16-ago	23-ago	30-ago	3-sep			
PLAN DE TRABAJO	102	24-may	3-sep	[Barra negra]																						
1. Definición	18	24-may	11-jun	[Barra negra]																						
Situación actual	7	24-may	31-may	[Barra azul]																						
Conversación inicial	7	24-may	31-may	[Barra azul]																						
Identificar los requerimientos del champion del proyecto	7	24-may	31-may	[Barra azul]																						
GEMBA para la situación actual	7	24-may	31-may	[Barra azul]																						
Recolectar la voz de los clientes	7	24-may	31-may	[Barra azul]																						
Definir los objetivos del proyecto	10	31-may	10-jun	[Barra azul]																						
Definir las restricciones del proyecto	10	31-may	10-jun	[Barra azul]																						
Definir los requerimientos de los clientes	10	31-may	10-jun	[Barra azul]																						
Definir la declaración de oportunidad del proyecto	11	31-may	11-jun	[Barra azul]																						
Presentación 1	0	11-jun	11-jun																							
2. Recolección de datos	21	11-jun	2-jul	[Barra negra]																						
Desarrollar el plan de recolección de datos	12	11-jun	23-jun	[Barra azul]																						
Reunion con la tutora del proyecto	12	11-jun	23-jun	[Barra azul]																						
GEMBA para la recolección de los datos	18	11-jun	29-jun	[Barra azul]																						
Fiabilidad de los datos	2	29-jun	1-jul	[Barra azul]																						
Presentación 2	0	2-jul	2-jul																							
3. Análisis	28	2-jul	30-jul	[Barra negra]																						
Análisis técnico de alternativas de diseño	12	2-jul	14-jul	[Barra azul]																						
Análisis financiero de alternativas de diseño	12	2-jul	14-jul	[Barra azul]																						
Análisis de las alternativas en función de las necesidades	7	14-jul	21-jul	[Barra azul]																						
Evaluación de soluciones	7	21-jul	28-jul	[Barra azul]																						
Reunion con la tutora del proyecto	2	28-jul	30-jul	[Barra azul]																						
Presentación 3	0	30-jul	30-jul																							
4. Propuestas de mejora	14	30-jul	13-ago	[Barra negra]																						
Plan de prototipo	7	30-jul	6-ago	[Barra azul]																						
Análisis de sensibilidad	0	6-ago	6-ago																							
Comentarios de los clientes	5	6-ago	11-ago	[Barra azul]																						
Diseño de las soluciones	2	11-ago	13-ago	[Barra azul]																						
Reunion con la tutora del proyecto	2	11-ago	13-ago	[Barra azul]																						
Presentación 4	0	13-ago	13-ago																							
5. Prototipo	21	13-ago	3-sep	[Barra negra]																						
Desarrollo del prototipo con la herramienta adecuada	12	13-ago	25-ago	[Barra azul]																						
Presentar el prototipo al equipo del proyecto	0	25-ago	25-ago																							
Validar el prototipo con el equipo del proyecto	2	25-ago	27-ago	[Barra azul]																						
Proceso final y cierre	5	27-ago	1-sep	[Barra azul]																						
Reunion con la tutora del proyecto	2	1-sep	3-sep	[Barra azul]																						
Presentación 5	0	3-sep	3-sep																							

Figura 2.6 Plan de trabajo del proyecto [Elaboración propia]

2.2 Recolección de datos

2.2.1 Plan de recolección de datos

En la Tabla 2.4 se encuentra el Plan para recolección de datos que se consideró para el proyecto.

Tabla 2.4 Plan de recolección de datos [Elaboración propia]

¿QUÉ?				¿CUÁNDO?	¿QUIÉN?	¿DÓNDE?	¿CÓMO?		¿POR QUÉ?	MÉTODO DE VERIFICACIÓN
Variable	Significado operacional	Unidad de medida	Tipo de dato	Fecha	Responsable	Lugar - origen	Método de observación	Método de recolección	Uso Futuro	
X1	Actividades que no agregan valor al proceso de dosificación de ácido	%	Cuantitativo - Continuo	Desde el 16 de junio de 2021	Jean Carlos Franco	Área de dosificación (Reactor)	Observación directa	Mapeo del proceso de dosificación de ácido y verificación en el sitio del número de actividades que no agregan valor en el proceso.	Ver en qué parte del proceso se generan cuellos de botella o qué actividades se pueden rediseñar. Estos datos se utilizarán en la fase de análisis y diseño.	Realizar un diagrama de proceso junto con el encargado del proyecto y luego realizar un examen crítico para conocer las actividades que no agregan valor.
X2	Área disponible para desarrollar la solución / prototipo	m ²	Cuantitativo - Continuo	Desde el 16 de junio de 2021	Jean Carlos Franco	Base de datos (Carpeta compartida con todos los departamentos)	Observación directa	Descarga del plano de la planta y junto con el encargado del proyecto definir el área disponible para la solución	Ser capaz de conocer los límites existentes para el desarrollo de la solución / prototipo y conocer la distancia entre la solución y las áreas involucradas en el proceso. Estos datos se utilizarán en la fase de análisis y diseño.	Apuntar las medidas en hoja de papel después de haber medido todas las dimensiones necesarias con una cinta métrica. Luego verificar la información con el plano de AUTOCAD.
X3	Evaluación de riesgos para el proceso de dosificación de ácido	NA	Discreto	Desde el 21 de junio de 2021	Jean Carlos Franco	Área de dosificación (Reactor)	Observación directa	Crear un documento en Excel con la matriz de identificación y evaluación de aspectos, peligros y riesgos en el proceso de dosificación de ácido	Determinar el nivel de riesgo del proceso de dosificación y conocer el nivel de riesgo actual y en base a ello tomar acciones que permitan cumplir con el objetivo de nivel de riesgo establecido. Estos datos se utilizarán en la fase de análisis y diseño.	Realizar, junto con el encargado del proyecto, la evaluación de riesgos del proceso de dosificación, verificando in situ todos los peligros y riesgos con sus respectivos controles existentes.
X4	Satisfacción del operador	%	Cuantitativo - Continuo	Desde el 24 de junio de 2021	Líder de proyecto	Área de dosificación (Reactor)	Observación directa	Realizar un formato de encuesta que permita calcular el índice de satisfacción del operador. Realizar la encuesta al operador involucrado	Conocer el porcentaje actual de satisfacción del operador y en base a ello tomar acciones que permitan cumplir con el objetivo de nivel de satisfacción establecido. Estos datos se utilizarán en la fase de análisis y diseño.	Realizar el formato de encuesta junto con el encargado del proyecto y desarrollar la encuesta a los operadores involucrados junto con la participación del encargado del proyecto.
X5	Consumo diario de ácido fosfórico	Kg/día	Cuantitativo - Continuo	Desde el 24 de junio de 2021	Jean Carlos Franco	Base de datos (Carpeta compartida con todos los departamentos)	Observación directa	Descarga el documento con el cálculo del consumo diario de ácido fosfórico en el proceso.	Conocer el consumo diario de ácido fosfórico y poder confirmar la capacidad adecuada en Toneladas según la demanda diaria del producto. Estos datos se utilizarán en la fase de análisis y diseño.	Compare la información de cálculo de la dosis de ácido proporcionada por el supervisor de producción con la dosis real en el sitio y verificar fecha de última calibración de la balanza.
X6	Número de tanques IBC de ácido vacíos almacenados por mes	#/mes	Discreto	Desde el 26 de junio de 2021	Jean Carlos Franco	Área de desechos generales	Observación directa	A través de una visita al sitio, se contará y registrará en una hoja la cantidad de tanques IBC vacíos.	Conocer el impacto ambiental que genera y que a través de la solución se reduce este monto. Estos datos se utilizarán en la fase de análisis y diseño.	Verificar en el sitio el número de tanques IBC vacíos existentes

2.2.2 Validación de los datos

El método de verificación para cada variable se encuentra detallado en el plan de recolección de datos. A continuación, se detallará cada variable.

- **Actividades que no agregan valor al proceso de dosificación de ácido:** La primera actividad por realizar fue levantar el proceso de dosificación de ácido, es decir hacer un listado de todas las actividades involucradas, el cual se puede ver en la Figura 2.7. Luego a través de un estudio de tiempo realizado por 10 días se calculó el tiempo promedio para cada actividad mientras que la distancia en metros fue tomada a través del odómetro del montacargas que marca la distancia en Kilómetros (Km).

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE ÁCIDO				
Localización: Área de Reactor		Resumen		
Actividad: Dosificación de ácido fosfórico de tanques IBC al Tolve del reactor		Event	Actual	Propuesto
Fecha: 18/06/2021		Operación	6	
Operadores: W.S., W.R.		Transporte	2	
Analista: Jean Franco		Inspección	1	
Encierre en un círculo el método y el tipo apropiado		Demora	1	
Método: <input type="checkbox"/> Actual <input type="checkbox"/> Propuesto		Almacenamiento	1	
Tipo: <input type="checkbox"/> Operador <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquina		Time (min)	34.2	
Comments: This process requires the participation of: the forklift operator, reactor operator. The longest distance of the stored IBCs was considered, which is in (Reefer Zone).		Distance(m)	282.2	
		Cost		
Descripción de los eventos	Simbología	Tiempo promedio (en minutos)	Distancia (en metros)	Recomendaciones al método
Área donde se almacenan los tanques IBC con ácido fosfórico	○ → □ D ▲			Construcción de una bodega especialmente para el almacenamiento de productos químicos de toda la planta.
Transporte del tanque IBC con ácido al área de dosificación	○ → □ D ▲	8.5	141.1	Reducir o eliminar esta actividad para reducir las emisiones de CO2 al interior de la planta y reducir desplazamientos innecesarios
Retirar la tapa superior del tanque IBC	● → □ D ▲	1.2		
Romper el sello de seguridad de la válvula dosificadora del tanque IBC	● → □ D ▲	0.25		
Conectar la manguera de acoplamiento a la válvula del tanque IBC	● → □ D ▲	1.5		
Conectar el otro extremo de la manguera a la boquilla de la bomba de succión	● → □ D ▲	1.5		
Accionar la válvula IBC y encendido de la bomba de succión	● → □ D ▲	0.25		Considerar un sistema que ayude a reducir la manipulación humana en el proceso.
Esperar a que todo el contenido del tanque IBC sea succionado por la tolva	○ → □ D ●	10.5		
Inspeccionar que todo el contenido de ácido en el tanque IBC haya sido succionado	○ → □ ■ D ▲	0.5		Considerar el uso de instrumentos de medición que permitan indicar al operador cuando el tanque está completamente vacío.
Desconectar la manguera del tanque IBC	● → □ D ▲	1.5		
Transportar el tanque IBC vacío desde el sitio a cualquier área disponible	○ → □ D ▲	8.5	141.1	Reducir o eliminar esta actividad para reducir las emisiones de CO2 al interior de la planta y reducir desplazamientos innecesarios

Figura 2.7 Diagrama de flujo del proceso de dosificación de ácido al reactor [Elaboración propia]

En la Tabla 2.5 se encuentra el resumen del estudio de tiempos realizado en los 10 días. Para medir el tiempo se utilizó el cronómetro de un celular Android marca Samsung, por lo tanto, existe una incertidumbre de ± 0.2 s.

Tabla 2.5 Resumen de estudios de tiempos [Elaboración propia]

Descripción de los eventos	Operador	16-jun	17-jun	18-jun	21-jun	22-jun	23-jun	24-jun	25-jun	29-jun	30-jun	Tiempo promedio
Transporte del tanque IBC con ácido al área de dosificación	W.S.	9.08	8.12	9.84	8.81	5.85	9.06	7.72	6.50	10.47	9.50	8.50
Retirar la tapa superior del tanque IBC	W.R.	1.17	1.09	1.19	1.27	1.09	1.58	1.04	1.28	1.22	1.10	1.20
Romper el sello de seguridad de la válvula dosificadora del tanque IBC	W.R.	0.23	0.24	0.27	0.18	0.22	0.21	0.36	0.24	0.29	0.26	0.25
Conectar la manguera de acoplamiento a la válvula del tanque IBC	W.R.	1.14	1.18	1.71	2.27	1.24	1.80	0.95	1.26	1.38	2.07	1.50
Conectar el otro extremo de la manguera a la boquilla de la bomba de succión	W.R.	1.51	1.67	1.59	1.79	1.48	1.55	1.44	1.31	1.42	1.25	1.50
Accionar la válvula IBC y encendido de la bomba de succión	W.R.	0.25	0.27	0.25	0.25	0.24	0.21	0.23	0.22	0.26	0.27	0.25
Esperar a que todo el contenido del tanque IBC sea succionado por la tolva	W.R.	10.48	10.53	10.47	10.49	10.51	10.53	10.47	10.48	10.54	10.46	10.50
Inspeccionar que todo el contenido de ácido en el tanque IBC haya sido succionado	W.R.	0.48	0.45	0.38	0.44	0.49	0.44	0.51	0.28	0.57	0.48	0.45
Desconectar la manguera del tanque IBC	W.R.	1.52	1.57	1.42	1.47	1.37	1.35	1.39	1.55	1.52	1.38	1.45
Transportar el tanque IBC vacío desde el sitio a cualquier área disponible	W.S.	8.57	8.10	8.47	9.17	9.01	9.35	8.17	7.47	9.26	7.39	8.50

Para medir la distancia en las actividades que involucran transporte, se consideró uno de los lugares donde es más común el almacenamiento de los tanque IBC con ácido: los contenedores refrigerados. Esta distancia fue medida a través del odómetro del montacarga usado en la planta, que es marca Yale, el cual tiene una incertidumbre de ± 1 Km y se muestra en la Figura 2.8.



Figura 2.8 Montacarga considerado para la medición de distancia [Elaboración propia]

Finalmente, para ver las actividades que no agregan valor, se realizó un examen crítico para cada una de las actividades, el cual se resumen en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Examen crítico del proceso de dosificación de ácido [Elaboración propia]

Descripción de los eventos	Mejora potencial
Transporte del tanque IBC con ácido al área de dosificación	Redefinir la localización del almacenamiento
Retirar la tapa superior del tanque IBC	Verificar si el transporte se puede eliminar
Romper el sello de seguridad de la válvula dosificadora del tanque IBC	Simplificar las actividades, redefinir el proceso tratando de incluir automatización en el mismo
Conectar la manguera de acoplamiento a la válvula del tanque IBC	
Conectar el otro extremo de la manguera a la boquilla de la bomba de succión	
Accionar la válvula IBC y encendido de la bomba de succión	
Esperar a que todo el contenido del tanque IBC sea succionado por la tolva	Reducir el tiempo de espera, para que el operador pueda realizar alguna otra actividad
Inspeccionar que todo el contenido de ácido en el tanque IBC haya sido succionado	Eliminar esta actividad, incluyendo un sensor de nivel que indique la cantidad que se dosifica
Desconectar la manguera del tanque IBC	Verificar si esta actividad se puede eliminar mediante la recepción de ácido por medio de un tanquero
Transportar el tanque IBC vacío desde el sitio a cualquier área disponible	Verificar si el transporte se puede eliminar

En el proceso actual se puede decir que un 40% de las actividades no agregan valor; estas actividades involucran transporte, espera o inspección. Sin embargo, aproximadamente un 40% adicional tiene opción de mejora puesto que es ahí donde existe un alto nivel de riesgo por manipulación directa de los operadores con el químico.

- **Área disponible para desarrollar la solución / prototipo:**

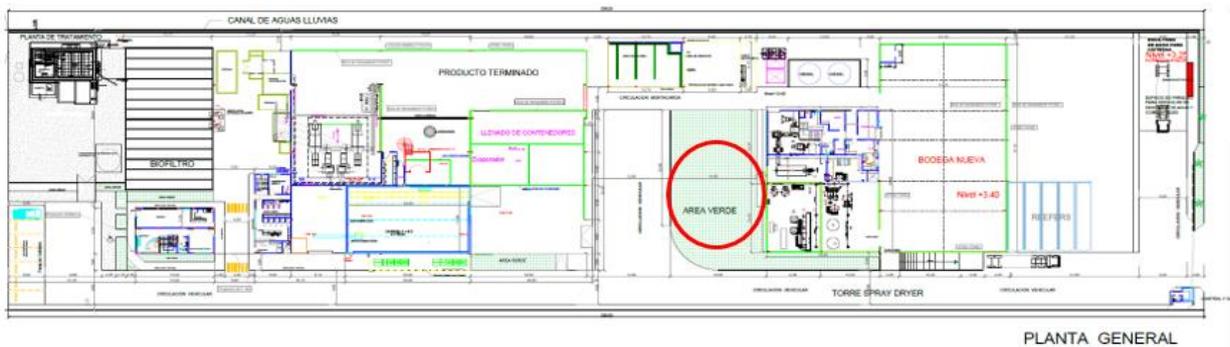


Figura 2.9 Área disponible para solución / prototipo en planos [Base de datos de la empresa]

Se solicitó a través de correo electrónico el plano general de la planta y junto con el encargado del proyecto, se decidió el área para desarrollo de solución/prototipo. En la Figura 2.9 la sección que se encuentra en círculo rojo es el área que se ha considerado como disponible para realizar la solución/prototipo. Sin embargo, el método de verificación del área fue en el sitio; se utilizó un flexómetro como instrumento de medición el cual tiene una incertidumbre de ± 0.1 cm.



Figura 2.10 Verificación de medidas en sitio [Elaboración propia]

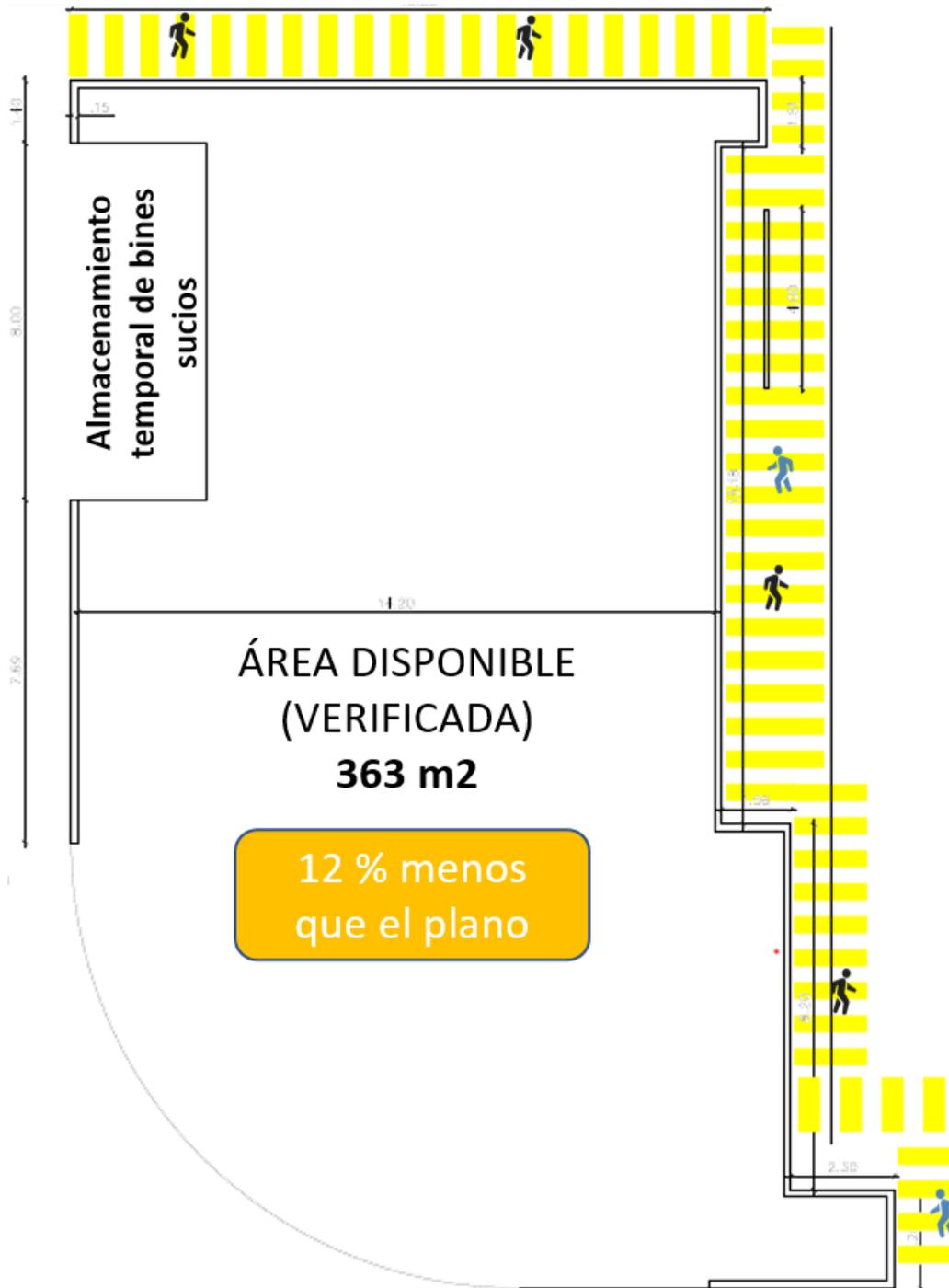


Figura 2.11 Área disponible luego de la verificación en sitio [Elaboración propia]

En la Figura 2.11 se observa el área que se tiene disponible luego de la verificación en sitio. Entre los cambios más evidentes están: una contrapiso pequeño para almacenamiento de bines sucios luego de la recepción de materia prima; en la

parte derecha se encuentra un paso peatonal para trabajadores y visitas o proveedores.

- **Evaluación de riesgos para el proceso de dosificación de ácido:**

Se realizó una evaluación de riesgos junto con el coordinador de seguridad y ambiente de la empresa. Se consideraron los siguientes criterios de evaluación para probabilidad de riesgo y severidad, que se muestran en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Criterios de evaluación para probabilidad y severidad [Elaboración propia]

SEVERIDAD	Ligeramente Dañino	Dañino	Extremadamente Dañino
	Daños superficiales (cortes y magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo, etc.). Molestias e irritación (dolor de cabeza, disconfort, etc.), entre otras.	Laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores.	Amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales. Cáncer y otras enfermedades crónicas que acorten severamente la vida.
PROBABILIDAD	Baja	Media	Alta
	El daño se materializará raras veces.	El daño se materializará en algunas ocasiones.	El daño se materializará siempre o casi siempre.

Para la debida identificación de nivel de riesgo de cada actividad, en la Tabla 2.8 se encuentra la clasificación de acuerdo con el tipo de riesgo, qué acciones se requieren, el nivel o valor de propiedad y el nivel de riesgo.

Tabla 2.8 Clasificación de prioridades y acciones para implementación de medidas de control de riesgos severidad [Elaboración propia]

Riesgo	Acción y temporización	Prioridad de actuación	Nivel de Riesgo
Riesgo Trivial T	No se requiere acción específica.	Prioridad 4	1
Riesgo Tolerable TO	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.	Prioridad 3	2
Riesgo Moderado MO	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.	Prioridad 2	3
Riesgo Importante I	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponde a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.	Prioridad 1	4
Riesgo Intolerable IN	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados debe prohibirse el trabajo.	Acción inmediata	5

Finalmente, se realizó la evaluación de riesgos del proceso, utilizando el formato proporcionado por el coordinador de Seguridad. Cabe señalar que la evaluación de riesgos fue realizada junto con él y dicha matriz no había sido previamente creada antes por lo que recién se levantó esa información. En el Apéndice A se encuentra con mayor detalle la evaluación de riesgos realizada. Sin embargo, de los 14 riesgos encontrados, 6 de ellos tienen un nivel de riesgo 4; es decir, Riesgo Importante. Por lo tanto, esos riesgos son aquellos que se priorizaron para reducir o eliminar en este trabajo.

- **Satisfacción del operador:**

Para evaluar la satisfacción de los operadores involucrados en el proceso de dosificación de ácido en planta, se realizó un formato de encuesta considerando 4 aspectos importantes: Condiciones del trabajo, condiciones físicas del trabajo, supervisión y satisfacción del trabajo. Se realizó primero el formato de la encuesta que se muestra en la Figura 2.12; luego se realizó a manera de entrevista la encuesta al personal involucrado. Debido a que existen 3 turnos de trabajo, se realizó la entrevista a los 2 turnos de día y para el turno 3 que empieza a las 11 pm se requirió la ayuda del supervisor de producción de dicho turno. En total se obtuvieron 6 respuestas.

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL PERSONAL ENCARGADO EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE ÁCIDO

Instrucciones:

El propósito de esta encuesta es identificar las áreas de oportunidad que nos permitan determinar y gestionar el ambiente de trabajo colaborando para cumplir con los requerimientos de la empresa XYZ.

Recuerde que las respuestas son opiniones basadas en su experiencia de trabajo, por lo tanto no hay respuestas correctas o incorrectas.

Por favor, le sugiero que lea cuidadosamente cada una de las preguntas y marque el número que describa mejor su opinión, con base en la escala siguiente:

5	4	3	2	1
Totalmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Indiferencia	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo

Su opinión es confidencial

1.- CONDICIONES DEL TRABAJO

		5	4	3	2	1
1	Tiene definidas claramente las funciones de su puesto.					
2	La carga de trabajo que hace es mayor a la de sus compañeros.					
3	Cuenta con el equipo y material necesario para ejecutar su trabajo.					
4	Considera que realiza su trabajo bajo condiciones seguras.					
5	Su trabajo no le estresa.					
6	Está capacitado lo suficientemente para hacer bien su trabajo.					
7	Desempeña cada una de las funciones de su puesto señaladas por su jefe sin necesidad de que se lo tengan que recordar.					
8	Tiene definidas claramente las funciones de su puesto.					

2.- CONDICIONES FÍSICAS DEL TRABAJO

		5	4	3	2	1
1	Cuenta con espacio físico adecuado para la realización de sus actividades.					
2	Realiza su trabajo en condiciones seguras.					
3	Los niveles de ruido son aceptables para la realización de su actividad.					
4	Los niveles de temperatura son aceptables para la realización de su actividad.					
5	Los niveles de iluminación son aceptables para la realización de su actividad.					

3.- SUPERVISIÓN

		5	4	3	2	1
1	Su jefe es respetuoso con usted.					
2	Su jefe conoce lo suficiente para resolver los problemas que se presentan.					
3	Su jefe atiende sus dudas e inquietudes rápidamente.					
4	Esta de acuerdo que su trabajo sea supervisado.					
5	Su jefe le apoya en la solución de problemas que se presentan en su trabajo.					

4.- SATISFACCIÓN EN EL TRABAJO

		5	4	3	2	1
1	Le gusta su trabajo.					
2	Le gusta su horario.					
3	Se iría de la empresa si le ofrecieran un trabajo similar por el mismo sueldo.					
4	Le gustaría permanecer en su departamento.					
5	Se siento satisfecho con su jefe.					

Figura 2.12 Formato de encuesta de satisfacción del personal [Elaboración propia]

En el Apéndice B se muestran los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los 6 operadores involucrados.

El siguiente paso fue calcular el índice de satisfacción (CSAT) actual de los operadores involucrados en el proceso de dosificación de ácido. Para ello se utilizó la ecuación 2.1.

$$CSAT (\%) = \frac{\text{Número de evaluaciones positivas}}{\text{Total de evaluaciones}} \times 100 \quad (2.1)$$

Para el correcto cálculo del CSAT, es importante definir que el CSAT hay que recordar que el Número de evaluaciones positivas serán aquellos ítems que los operadores marcaron como parcial y totalmente de acuerdo. Por lo tanto, el CSAT actual es:

$$CSAT (\%) = \frac{102}{142} \times 100$$

$$CSAT (\%) = 71.01 \%$$

El índice de Satisfacción actual está por debajo del límite establecido por la empresa (80%). Por lo tanto, el proyecto se enfocó en desarrollar una solución que lograra incrementar el nivel de satisfacción actual.

- **Consumo diario del ácido fosfórico:**

En el proceso de cocción y molienda, la dosificación del ácido fosfórico dependerá de la cantidad en Kg de materia prima que ingresa al reactor. En la Figura 2.13 se muestra el cálculo en base al peso al finalizar la pasteurización y el rendimiento promedio semanal de la harina de camarón. Por lo tanto, la dosificación de químico podrá variar cada semana en base a la producción y su eficiencia. Este cálculo fue realizado por el Jefe de Producción de la empresa y el cumplimiento del mismo es responsabilidad principal de por los Ingenieros en Proceso.

Cálculo B005 para HL19	
Ingrese peso de R1 al finalizar pasteurización	13935
Rendimiento promedio semanal HL19	77%
Cantidad de B005 a añadir:	697.45 KG
Peso estimado a descargar	10729.95
Ingrese peso real descargado a R2	
SI Ph es mayor a 3,3 entonces => agregar Dosis 2	
Dosis 2	
Ingrese peso de R2	16321
Cantidad de B005 a añadir:	81.61 KG
<p>(A) Peso estimado a descargar (% de rendimiento semanal promedio x total A113 en R1):</p> <p>Dosis 1 de B005 (Calculada por el Ing. De Procesos) : peso A x 6.5%</p> <p>Dosis 2 de B005 (Calculada por el Ing. De Procesos): peso de R1 x 0,5%</p>	

Figura 2.13 Cálculo para dosificación de ácido en el reactor [Base de datos de la empresa]

- **Número de tanques IBC de ácido vacíos almacenados por mes:**

Diariamente la compañía almacena tanques IBC vacíos como se observa en la Figura 2.14, tanques IBC que contenían ácido fosfórico y son almacenados temporalmente cerca de la estación general de desechos. El objetivo de contabilizar el número de tanques IBC es para tener una idea de la cantidad de ácido fosfórico que la empresa consume diariamente.



Figura 2.14 Número de tanques IBC vacíos almacenados [Elaboración propia]

2.3 Análisis

Durante esta fase de análisis se realizó una reunión presencial con el encargado del proyecto y los demás integrantes del proyecto. El cual tuvo como principal objetivo determinar las alternativas de solución más viables a implementarse que ayuden a resolver la problemática. Al mismo tiempo, se realizó la respectiva selección de la opción más viable mediante el uso de la herramienta Matriz de Pugh.

2.3.1 Opciones de solución

En la Tabla 2.9 se muestran las opciones de solución que se consideraron en el proyecto, y en la Figura 2.15 una evidencia fotográfica de las reuniones con el equipo del proyecto y con posibles contratistas para explicar cada una de las alternativas.

Tabla 2.9 Opciones de solución [Elaboración propia]

N°	OPCIONES	DESCRIPCIÓN
0	<i>Situación Actual</i>	Actualmente, la empresa no cuenta con un lugar centralizado para almacenar ácido fosfórico y además algunas actividades en el proceso de dosificación tienen un nivel de riesgo tolerable e importante.
1	Diseñar un almacén especialmente para el almacenamiento de productos químicos de toda la planta.	El almacén permitirá almacenar todos los productos químicos en el sitio en condiciones seguras, incluyendo las siguientes: protección contra incendios, ubicación alejada de fuentes de ignición, cantidad adaptada al lugar, ventilación adecuada, compatibilidad evaluada y respetada, área de terreno, acceso restringido a personas autorizadas
2	Diseñar un tanque de almacenamiento de ácido con un sistema automatizado de dosificación	La alternativa comienza con la construcción de un tanque de almacenamiento de ácido fosfórico que cuenta con todos los dispositivos de seguridad necesarios debido al alto grado de peligro para la salud humana. La capacidad del tanque se estima en 15 toneladas. Además, la solución incluye el diseño de un sistema automatizado en el proceso de dosificación de ácido en el que el operador no tenga contacto directo con el químico y solo sea el encargado de indicar la cantidad a dosificar al reactor.



Figura 2.15 Reunión con el equipo de trabajo y con posibles contratistas [Elaboración propia]

Para seleccionar la opción de solución a implementar, se utilizó la Matriz de Pugh, la cual considera las necesidades, requerimientos y restricciones del proyecto. Para realizar la evaluación de cada alternativa, se utilizó como referencia la siguiente escala presentada en la Tabla 2.10. La evaluación fue dada en consenso por todo el equipo de trabajo.

Tabla 2.10 Escala usada en la evaluación [Elaboración propia]

Criterio	
1	Importancia Baja
2	Importancia Media Baja
3	Importancia Media
4	Importancia Media Alta
5	Importancia Alta
0	Misma que la situación actual
+	Mayor que la situación actual
-	Menor que la situación actual

En la Tabla 2.11 se muestra el resultado de la aplicación de la herramienta de Matriz de Pugh, del cual se resalta que la opción 2 es aquella que sí satisface todos los requerimientos priorizados por el cliente. Por tal motivo, esa alternativa fue analizada más detalladamente.

Tabla 2.11 Resultado de la herramienta Matriz de Pugh [Elaboración propia]

	Criterio	Importancia	Situación actual	Opción 1	Opción 2
Necesidades	Reducir la manipulación manual de la sustancia química.	5		0	+
	Reducir el tiempo de dosificación	5		0	+
	Reducir el nivel de riesgo de las actividades	5		0	+
	Evitar la contaminación cruzada	5		+	+
	Mejorar la satisfacción y seguridad de los operadores involucrados	4		0	+
Requerimientos	Automatizar el sistema de dosificación	5		0	+
	Tiempo de dosificación <=10 min	5		0	+
	Nivel de riesgo <= Moderado (Para cada riesgo encontrado)	5		0	+
	Capacidad de almacenamiento >= 10 Ton.	5		+	+
	Índice CSAT >= 80%	4		0	+
Restricciones	Presupuesto para implementación (<= 80,000 USD)	5		+	+
	Área disponible para solución	5		+	+
	Capacidad de almacenamiento de solución (Preferible 15 Ton)	5		+	+
	Número de trabajadores requeridos (Máximo 2)	3		+	+
	TOTAL (+)			6	14
	TOTAL (-)			0	0
	Importancia Total (+)			28	66
	Importancia Total (-)			0	0
	Importancia Total			28	66

2.3.2 Opciones de diseño de la opción seleccionada

Para realizar alternativas de diseño, se partió de la pregunta: ¿Cómo será el abastecimiento del ácido? Actualmente se recibe ácido fosfórico en tanques IBC, sin embargo, la empresa quiere que a futuro el suministro sea por medio de camiones cisterna y que la compra sea al granel. Por lo tanto, la opción de diseño debía considerar estas dos formas de suministro. La manera en que se cumpliría con este

requisito era colocando un cubeto de concreto de 5m x 5m dentro de la cabina del tanque que permita colocar el tanque IBC con comodidad y así prevenir derrames. La inquietud que surgió después fue: ¿cuántos cubetos colocar? Para ello se consideraron 2 alternativas de diseño, que se muestran a continuación (Figuras 2.16 y 2.17).

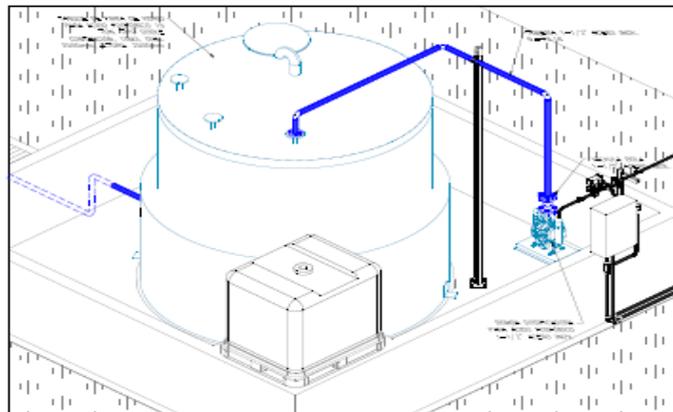


Figura 2.16 Alternativa 1: Colocar 1 cubeto [Elaboración propia]

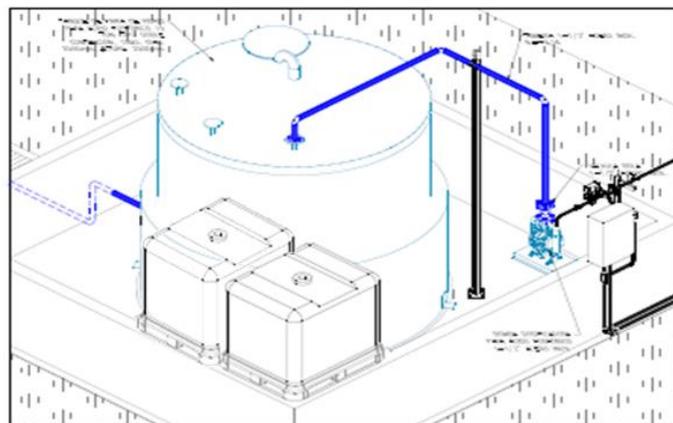


Figura 2.17 Alternativa 2: Colocar 2 cubetos [Elaboración propia]

Al colocar 2 cubetos en el extremo, se incurriría en la adquisición de una bomba de succión adicional que está valorada en el mercado local en unos \$4.000,00 además que requeriría de un operador adicional por lo que no se cumpliría con la restricción del diseño de máximo 2 operadores en la solución. Por tales motivos, la alternativa de diseño escogida es la de colocar 1 cubeto.

La siguiente interrogante va direccionada con la capacidad de almacenamiento de la solución, recordando que como restricción del proyecto se desea una capacidad mayor a 10 Ton (siendo preferible 15 Ton).

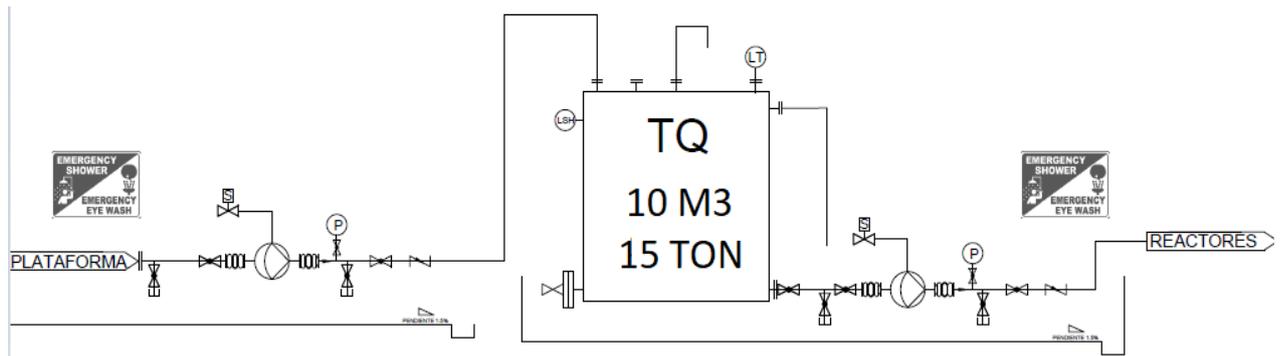


Figura 2.18 Alternativa 1: Diseño de un tanque de 15 Ton. [Elaboración propia]

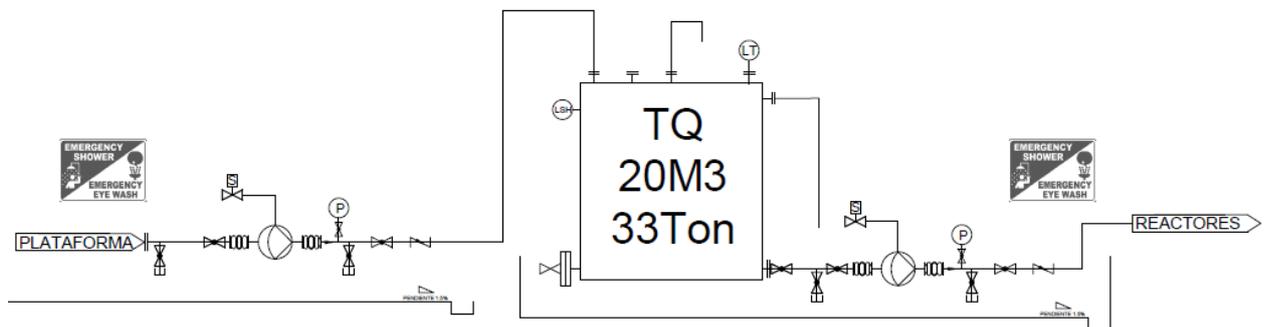


Figura 2.19 Alternativa 2: Diseño de un tanque de 33 Ton. [Elaboración propia]

Para la capacidad de la solución se utilizó como referencia el consumo de ácido fosfórico diario, el cual se definió en el capítulo 2 de recolección de datos, es de aproximadamente 1.5 Toneladas, por lo que, considerando paros programados, el tiempo de duración del ácido en el tanque en el escenario en que se lo llena a su capacidad máxima es de unos 15 a 20 días para la opción 1 y unos 30 a 35 días para la alternativa 2. Es decir, después de 15 a 20 días la compañía deberá abastecer nuevamente de ácido al tanque. Ahora bien, actualmente la compañía se abastece de ácido fosfórico por medio de tanques IBC en lotes de 20 Toneladas, aproximadamente 20 tanques IBC. Por lo tanto, para la alternativa 1 la compañía puede seguir comprando la misma cantidad de ácido fosfórico como lo hace actualmente, y además puede en futuro abastecerse por camiones cisterna al granel. Sin embargo, para la alternativa 2 la empresa debería comprar al menos el doble de lo que compra actualmente y considerar por lo menos 2 viajes si quisiera abastecerse por camiones cisterna, puesto que la capacidad máximo de ese tipo de camiones es de 10 m³:

La última inquietud que surgió es sobre la ruta que seguiría la tubería desde el tanque hasta el reactor, para lo cual se propuso 2 alternativas que se presentan a continuación. Para ello se realizó un bosquejo general del lugar donde se ubicaría el tanque y el recorrido de la tubería.

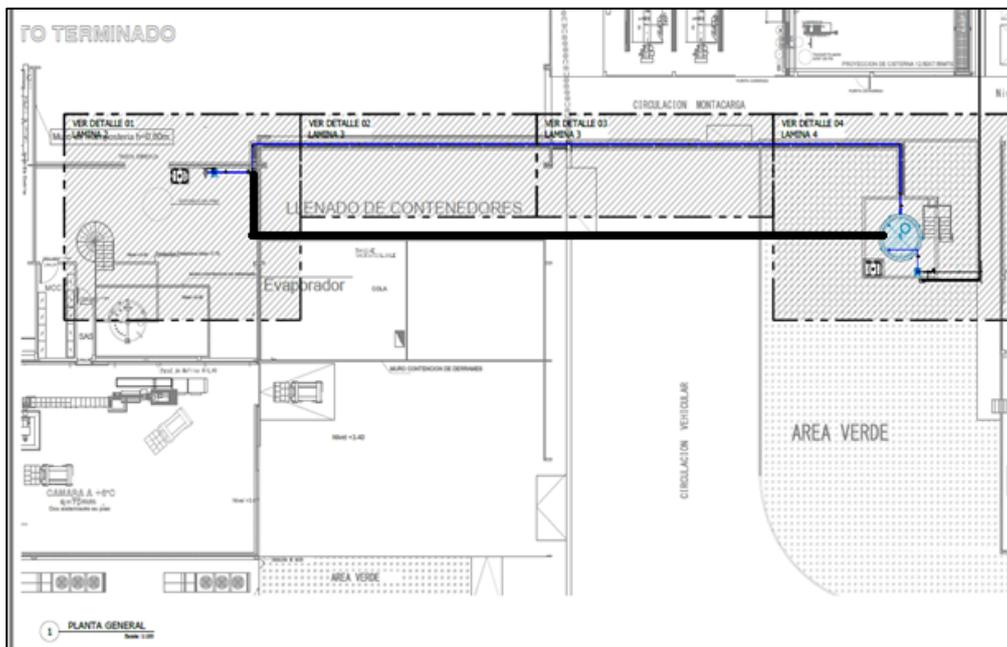


Figura 2.20 Alternativas de ruta de tubería de ácido [Elaboración propia]

En la Figura 2.20 se observan gráficamente dos rutas, hemos denominado alternativa 1 a la ruta de color azul y a la ruta de color negro como la alternativa 2. Para poder definir la ruta más apropiada, se elaboró un mapa de tráfico de la empresa y se le incluyó la ubicación del tanque y el recorrido de ambas rutas.



Figura 2.21 Mapa de tráfico con el recorrido de las tuberías de las alternativas
[Elaboración propia]

De acuerdo con el mapa de tráfico (Figura 2.21), se puede apreciar que la alternativa 2 es aquella que estaría con presencia constante de vehículos: camiones y montacargas. Por lo tanto, las rejillas para la protección de la tubería estarían más vulnerables a ser dañadas por el paso de vehículos. Por lo que se incurriría en gastos adicionales de cambio de rejillas. Por lo tanto, la alternativa 1 es la más idónea puesto que no está en constante uso vehicular.

2.3.3 Análisis de costo de la opción seleccionada

Para el análisis de costo se realizó una cotización al contratista seleccionado por gerencia que comúnmente realiza proyectos dentro de la empresa. Sin embargo, para los requerimientos específicos del tanque se utilizó como referencia un tanque para ácido fosfórico localizado en una sucursal de la compañía localizada en Elven, Francia (ver Figura 2.22).



Figura 2.22 Referencia de tanque de ácido en sucursal en Elven, Francia [Elaboración propia]

Los principales requerimientos específicos fueron:

- ✓ El sitio de tablero de control de la bomba de succión debe estar sobrepuesto en la pared de la cabina del tanque, techado y de fácil acceso y control visual para el operador asignado, tanto para el interior del tanque como de la operación de descarga.
- ✓ El control del proceso de dosificación debe ser única y exclusivamente desde las pantallas HMI ubicadas en la empresa.
- ✓ La programación de las pantallas será realizada por el contratista escogido.
- ✓ Incluir una válvula de dosificación de precisión para evitar errores o mermas en el proceso.
- ✓ En el tablero de control cerca del tanque se controlará exclusivamente el encendido de la bomba de llenado.
- ✓ El tanque debe incluir un sensor de nivel alto, y bajo.
- ✓ El material del tanque será de fibra de vidrio, material que no es corroído por el químico que almacenará.
- ✓ El tablero de control deberá tener un indicador de monitoreo del nivel de llenado del tanque, con el fin de evitar desbordamiento de líquido.
- ✓ El tanque deberá incluir una tubería para el flujo del producto en caso de exceder el nivel superior con un dispositivo automático que cierre las válvulas de suministro al obtener una alarma de nivel alto.

- ✓ El tanque debe tener una ventilación de respiración para evitar la sobrepresión (o depresión) al llenar (o vaciar) el tanque y se deberá colocar en la parte superior del tanque para evitar el contacto humano.
- ✓ El tanque debe estar delimitado por un muro de contención con un material resistente al producto que se almacena, el muro debe contener el volumen total del tanque.
- ✓ Las tuberías deben instalarse bajo tierra y ser visibles, accesibles y protegidas contra daños mientras que las bombas deben localizarse dentro de la cabina del tanque.

Por lo tanto, los costos de la solución son los presentados en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12 Costo de la solución [Elaboración propia]

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO TOTAL
1	<p><u>Tanque para ácido Fosfórico:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Construido de fibra de vidrio - 2500 mm ancho x 2500 mm alto - Norma de fabricación: ASTM 3299, ASTM 4097 - Agujero para hombre (Manhole) superior Ø20 pulgadas - Neplos para instrumentos - Neplo bridado para carga de producto. Ø2 pulgadas - Venteo, Ø4 pulgadas, Brida c 	Unidad	1	6.500,00 USD
2	Bombas dosificadoras para ácido fosfórico	Unidad	2	8.000,00 USD
3	Medidor de flujo para ácido fosfórico	Unidad	1	7.500,00 USD
4	Sensores de nivel	Unidad	2	5.000,00 USD
5	<p><u>Obra eléctrica:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Acometida para alimentación del Tablero de control - Tablero de Fibra PRFV, Incluye HMI, Logo Siemens, borneras, contactores, totalmente cableado. - Tablero remoto de encendido/apagado de bomba de llenado - Cableado superflex para conexiones de fuerza y control. - Tubería Rígida 3/4 pulgadas con accesorios, para conexiones de control - Sistema de puesta a tierra 	Global	1	17.675,71 USD
6	<p><u>Obra civil:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Base de hormigón para tanque - Dique de hormigón - Pintado de dique y bases - Readecuación de piso - Canal de hormigón para tubería con rejilla metálica - Ducha lavaojos - Escalera para tanque 	Global	1	7.500,00 USD
7	Dirección técnica, diseño e ingeniería del sistema	Global	1	1.500,00 USD
			COSTO TOTAL:	53.675,71 USD

El costo total de la solución del tanque para ácido fosfórico con el sistema de dosificación automatizado es de 53.675,71 USD el mismo que fue presentado a los departamentos involucrados como: mantenimiento, proyectos, seguridad, producción, compras y logística. En la Figura 2.23 se observa la evidencia de la reunión presencial y la aceptación de la implementación de la solución.



Figura 2.23 Reunión para discusión del costo de solución [Elaboración propia]

2.4 Diseño

2.4.1 Diseño de solución

El diseño técnico de la solución fue realizado por el contratista escogido para implementar el proyecto. El diseño consideró todas las restricciones y requerimientos específicos del cliente. En el Apéndice D se muestran los planos de la solución.

Se realizó una reunión entre el equipo de trabajo y el contratista responsable de la ejecución del proyecto, para detallar los requerimientos técnicos, costos y días de ejecución de todo el proyecto. En la Figura 2.24 se muestra la evidencia de la reunión.



Figura 2.24 Reunión previo a implementación de solución [Elaboración propia]

2.4.2 Plan de implementación

En la Tabla 2.13 se observa el plan de implementación tanto de la solución de la construcción del tanque de ácido fosfórico con el sistema de dosificación automatizada como la implementación de un procedimiento para abastecimiento de ácido al tanque, el mismo que servirá de guía para el personal que estará a cargo de dicha actividad.

Tabla 2.13 Plan de implementación de la solución [Elaboración propia]

Descripción	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Herramientas	Responsables	Costo	Etapas de validación	% Progreso
Elaborar el diseño del diagrama de flujo de dosificación y almacenamiento de ácido	Agosto 9, 2021	Agosto 11, 2021	Diagrama de flujo	Jean Carlos Franco	\$0,00	Retroalimentación del cliente	100%
Elaborar el procedimiento para suministrar ácido fosfórico al tanque.	Agosto 12, 2021	Agosto 20, 2021	Microsoft Word	Jean Carlos Franco	\$0,00	Retroalimentación del cliente	100%
Validar el procedimiento con el encargado del proyecto	Agosto 20, 2021	Agosto 25, 2021	Reunión presencial	Jean Carlos Franco	\$0,00	Retroalimentación del cliente	100%
Capacitar al personal involucrado en el procedimiento	Agosto 25, 2021	Agosto 26, 2021	Capacitación en sitio	Jean Carlos Franco	\$0,00	Evidencia fotográfica	100%
Adquisición de equipos y materiales para implementación	Agosto 3, 2021	Agosto 8, 2021	Dispositivos eléctricos (válvulas, tuberías, bombas de succión, sensores de nivel, etc.), mano de obra, vehículos de transporte, dispositivos mecánicos, probadores mecánicos y de fluidos.	Contratista seleccionado	Para este Proyecto hay 4 pagos que se cancelarán cada 15 días. El primer pago es de \$ 8.051,30 y el resto de \$ 15.208.14	Revisión en sitio del avance de obra	100%
Trabajo civil	Agosto 6, 2021	Agosto 20, 2021					100%
Trabajo mecánico	Agosto 11, 2021	Agosto 24, 2021					100%
Construcción de tanque de fibra de vidrio	Agosto 6, 2021	Agosto 23, 2021					100%
Instrumentación industrial	Agosto 20, 2021	Agosto 25, 2021					85%
Trabajo eléctrico	Agosto 20, 2021	Septiembre 2, 2021					0%
Pruebas eléctricas y puesta en marcha	Septiembre 2, 2021	Septiembre 4, 2021					

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Resultados del procedimiento de abastecimiento de ácido

Previo a la elaboración del procedimiento de abastecimiento de ácido, se realizó la propuesta del diagrama de flujo de proceso con la solución implementada. En la Figura 3.1 se observa el resultado del diagrama de flujo de proceso propuesto.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DE ÁCIDO FOSFÓRICO

Localización: Área de solución y área de reactor		Resumen			
Actividad: Abastecimiento ácido fosfórico al tanque y dosificación al reactor		Evento	Actual	Propuesto	Ahorros
Fecha: 10/08/2021		● Operación	6	4	2
Operadores: W.S., W.R. Analista: Jean Carlos Franco		➡ Transporte	2	0	2
Encierre en un círculo el método y el tipo apropiado Método: Actual Propuesto Tipo: Operador Material Máquina		■ Inspección	1	0	1
		⏸ Demora	1	2	
Comentarios: Este proceso requiere la participación de: operador de almacén, operador de reactor. Se consideró el suministro de ácido al tanque a través de tanques IBC, aunque el suministro a granel también se puede realizar a través de camiones cisterna.		▲ Almacenamiento	1	0	1
		Tiempo (min)	34.2	61.75	
		Distancia (m)	282.2	0	282.2
		Costo			
Descripción de los eventos	Simbología	Tiempo esperado (en minutos)	Distancia (en metros)	Observaciones	
Esperar que el camión cisterna llegue al tanque de ácido (desde la puerta de acceso al tanque de ácido)	○ ➡ □ ● ▲	8			
Conectar la manguera de acoplamiento a la válvula del camión cisterna.	● ➡ □ ⏸ ▲	1.5			
Operar la válvula IBC y encender la bomba de succión	● ➡ □ ⏸ ▲	0.25			
Esperar a que el tanque de ácido se llene hasta el nivel definido por la empresa.	○ ➡ □ ● ▲	50		De acuerdo con el consumo diario de ácido en el proceso y considerando los días de paradas programadas, se espera que la capacidad de ácido almacenada en el tanque dure de 15 a 20 días.	
Desconectar la manguera del camión cisterna.	● ➡ □ ⏸ ▲	1.5			
Dosificar la cantidad necesaria de ácido al reactor	● ➡ □ ⏸ ▲	0.5		Esta actividad es 100% automatizada, por lo que el tiempo se estima en base a las actividades de control y seguimiento que se realizan en el	

Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso propuesto [Elaboración propia]

En la Figura 3.1 se muestra la comparación entre la situación antes del proyecto y la situación con la implementación de la solución (sección Resumen en el diagrama). Para la estimación de tiempos se realizó una simulación en sitio de cada una de las actividades cuando ya el trabajo civil fue implementado en un 100%.

Tabla 3.1 Tabla de ahorro en tiempos [Elaboración propia]

Actividad	Tiempo antes del proyecto	Tiempo con la implementación	Ahorros
Dosificación de ácido	11 min	0.5 min	10.5 min equivalente a una reducción del 96% del tiempo
Transporte de IBC al área de reactor	17 min	0 min	Ahorro del 100% del tiempo de transporte ya que esta actividad se elimina puesto a que el recorrido del ácido es por medio de tuberías.

El procedimiento de abastecimiento de ácido se realizó con la ayuda del coordinador eléctrico de la compañía. El mismo se presenta en el Apéndice C. La capacitación y entrenamiento se llevó a cabo durante dos días y en la Figura 3.2 se observa la evidencia fotográfica del mismo.



Capacitación del instructivo



Capacitación en el sitio

Figura 3.2 Evidencia de la capacitación del procedimiento al personal involucrado
[Elaboración propia]

3.2 Resultados del índice de satisfacción

RESULTS	CONDICIONES DEL TRABAJO								CONDICIONES FISICAS DEL TRABAJO						SUPERVISIÓN				SATISFACCIÓN LABORAL					
	Tiene definidas claramente las funciones de su puesto.	La carga de trabajo que hace su mayor a la de sus compañeros.	Cuenta con el equipo y material necesario para ejecutar su trabajo.	Considera que realiza su trabajo bajo condiciones seguras.	Su trabajo no le estresa.	Está capacitado lo suficiente para hacer bien su trabajo.	Desempeña cada una de las funciones de su puesto satisfactoriamente por su jefe sin necesidad de que le enseñen.	Tiene definidas claramente las funciones de su puesto.	Cuenta con espacio físico adecuado para la realización de sus actividades.	Realiza su trabajo en condiciones seguras.	Los niveles de ruido son aceptables para la realización de su actividad.	Los niveles de temperatura son aceptables para la realización de su actividad.	Los niveles de iluminación son aceptables para la realización de su actividad.	Los niveles de humedad son aceptables para la realización de su actividad.	Si jefe conoce lo suficiente para resolver los problemas que se presentan.	Si jefe responde con prontitud.	Si jefe atiende los dudas e inquietudes rápidamente.	Esta de acuerdo que su trabajo sea supervisado.	Si jefe le ayuda en la solución de los problemas que se presentan en su trabajo.	Le gusta su trabajo.	Le gusta su horario.	Se iría de la empresa si le ofrecieran un trabajo similar por el mismo sueldo.	Le gustaría permanecer en su departamento.	Se siente satisfecho con su jefe.
A.R. (Reactor Operador Turno 1)	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5
A.V. (Reactor Operador Turno 1)	5	4	5	3	5	5	5	4	5	3	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	2	2	4
K.A. (Reactor Operador Turno 2)	4	4	3	5	3	4	5	5	4	4	4	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
C.C. (Reactor Operador Turno 2)	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5	3	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5
W.A. (Reactor Operador Turno 3)	4	2	5	5	5	5	5	5	5	5	4	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5
W.S. (Reactor Operador Turno 3)	3	3	5	5	5	5	5	3	5	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	3	4	5
TOTAL	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Referencia	Tiene definidas claramente las funciones de su puesto.	La carga de trabajo que hace su mayor a la de sus compañeros.	Cuenta con el equipo y material necesario para ejecutar su trabajo.	Considera que realiza su trabajo bajo condiciones seguras.	Su trabajo no le estresa.	Está capacitado lo suficiente para hacer bien su trabajo.	Desempeña cada una de las funciones de su puesto satisfactoriamente por su jefe sin necesidad de que le enseñen.	Tiene definidas claramente las funciones de su puesto.	Cuenta con espacio físico adecuado para la realización de sus actividades.	Realiza su trabajo en condiciones seguras.	Los niveles de ruido son aceptables para la realización de su actividad.	Los niveles de temperatura son aceptables para la realización de su actividad.	Los niveles de iluminación son aceptables para la realización de su actividad.	Los niveles de humedad son aceptables para la realización de su actividad.	Si jefe conoce lo suficiente para resolver los problemas que se presentan.	Si jefe responde con prontitud.	Si jefe atiende los dudas e inquietudes rápidamente.	Esta de acuerdo que su trabajo sea supervisado.	Si jefe le ayuda en la solución de los problemas que se presentan en su trabajo.	Le gusta su trabajo.	Le gusta su horario.	Se iría de la empresa si le ofrecieran un trabajo similar por el mismo sueldo.	Le gustaría permanecer en su departamento.	Se siente satisfecho con su jefe.
5	50%	17%	83%	67%	67%	83%	100%	67%	100%	50%	33%	67%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	83%	50%	17%	50%	83%
4	33%	33%	0%	0%	17%	0%	17%	0%	17%	0%	17%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	50%	33%	17%	17%
3	17%	17%	17%	33%	17%	0%	0%	17%	0%	33%	17%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33%	17%	0%
2	0%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	17%	0%
1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Figura 3.3 Resultados de la encuesta de satisfacción con la implementación de la solución [Elaboración propia]

Para conocer cuánto incrementaría el nivel de satisfacción con la solución a implementarse, se realizó nuevamente la encuesta al mismo personal que la realizó anteriormente en la fase de recolección de datos. Fue importante comentarles los nuevos cambios en las actividades, indicarles los beneficios que conllevaría para ellos la implementación de la solución. La Tabla 3.2 se observa la tabulación de la encuesta realizada al personal involucrado.

Tabla 3.2 Tabla de resultados de la encuesta de satisfacción [Elaboración propia]

RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE SATISFACCIÓN		
Aspectos evaluados	Valor promedio antes del proyecto	Valor promedio con la implementación de la solución
Condición del trabajo	4.08	4.43
Condición física del trabajo	3.3	4.4
Supervisión	5	5
Satisfacción laboral	3.73	4.33

Gráficamente en la Figura 3.4 se muestra el resultado en promedio por aspecto evaluado, el cual muestra un incremento promedio en la satisfacción laboral de los operadores.

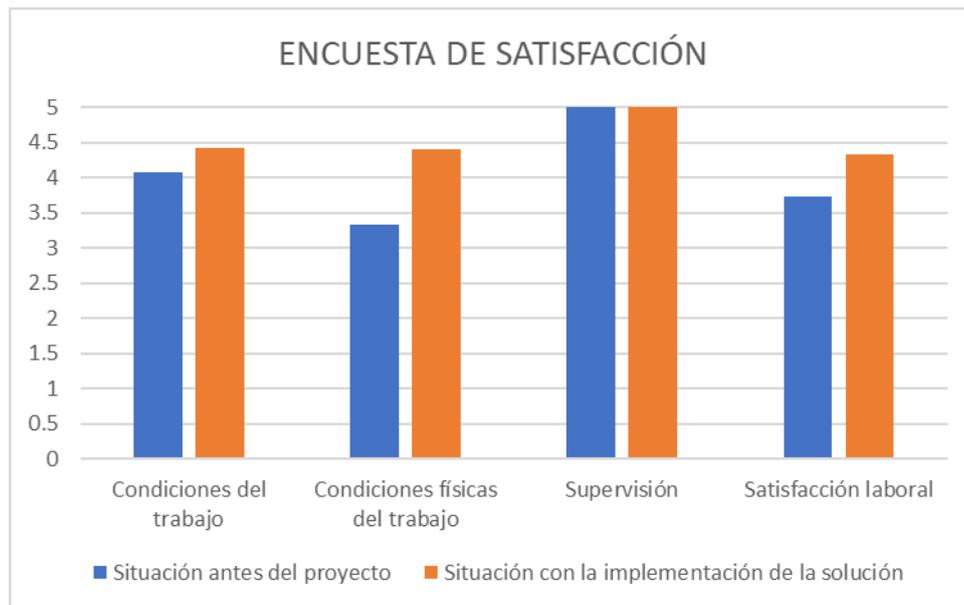


Figura 3.4 Resumen de resultados de la encuesta de satisfacción [Elaboración propia]

Si se aplica la ecuación del CSAT para la situación con la implementación de la solución obtenemos un resultado de:

$$CSAT (\%) = \frac{119}{142} \times 100$$

$$CSAT (\%) = 86.23 \%$$

Por lo tanto, con la implementación de la solución se incrementará el índice de satisfacción a un 86.23% cumpliendo con el requerimiento de porcentaje de satisfacción mínimo sugerido.

3.3 Resultados de la evaluación de riesgos

En la Figura 3.5 se presenta la evaluación de riesgos filtrada solo por aquellas riesgos con nivel Importante, que fue el máximo nivel de riesgo registrado en la empresa. Por lo tanto, el principal objetivo era reducir o eliminar el nivel de riesgo de los mismos, siendo cuanto mucho moderado.

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS	
Localización: ÁREA DE REACTOR	Fecha de la evaluación: Jun-21
Puesto o Cargo: OPERADORES DE REACTOR	Fecha de la última evaluación: N/A
# de trabajadores expuestos: 3	Medio: Montacarga, maquinaria y herramientas según la actividad del trabajo.
# de trabajadores expuestas: -	Actividad: Realizar la operación de dosificación de ácido fosfórico al reactor.
Evaluadores: JONATHAN ALEGRÍA - JEAN CARLOS FRANCO	

Riesgo	Factor de Riesgo	Causa	Probabili	Consecue	Nivel ries	MEDIDA DE CONTROL	RESPONSAB	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	INFORMACIÓ	FORMACIÓ	RECURS CONTROL	
Mecánico	Quemaduras	Por mala manipulación de equipos del área de reactor		X	X	Importante	Elaborar procedimientos de operación de colocación de ingredientes al reactor.	Coordinador Seguridad & SO Sig. Prevenc	Procedimiento de uso de EPP	Reporte de inspecciones de verificación de uso de EPP	N/A	X
	Ventilación insuficiente (reversión de aire)	Área de reactor a temperatura media-alta (>50°C)		X	X	Importante	Mejorar sistema de ventilación y reversión de aire en áreas de trabajo.	Coordinador de Seguridad & SO	N/A	N/A	N/A	X
Químico	Quemaduras graves	Contacto de líquido con la piel		X		Importante	Uso de EPP básicos para la seguridad • Guantes • Cálculo de seguridad.	Coordinador de Seguridad & SO	En caso de entrar en contacto a la piel. El operador debe: • Retirar la ropa o el calzado contaminado; • Rincarse de inmediato a la ducha y acciones: • Lavar la zona afectada con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. • Reportar al mando si la irritación persiste. • Comunicar inmediatamente al supervisor de turno ocurrido. • Si la situación no mejora buscar atención médica inmediata al ECU 311	Reporte de inspecciones de verificación de uso de EPP	Capacitación sobre uso de los EPP	X
	Irritación a los ojos	Contacto de líquido en los ojos		X		Importante		Coordinador de Seguridad & SO		Reporte de inspecciones de verificación de uso de EPP	Capacitación sobre uso de los EPP	X
Ergonómico	Posturas forzadas (de pie, costada, incorrecta, sostenida)	Realización de la tarea de siegar la muestra a la boquilla del tanque IBC y a la bomba de mezcla		X	X	Importante	Mejorar condiciones de operación en áreas de trabajo. Colocar alfombras para disminuir (presión de trabajo).	Coordinador de Seguridad & SO	Procedimiento de trabajo seguro, manipulación y carga de objetos.	N/A	Capacitación de riesgos ergonómicos.	X
Accidente Mayor	Manejo de productos y materiales inflamables y/o explosivos	Manejo de ácido fosfórico para el abastecimiento de líquido al proceso.		X		Importante	Conocer los MSDS y Ficha técnica de los productos que se manipulan (Ácido)	Coordinador de Seguridad & SO	Procedimiento para el manejo y almacenamiento de sustancias químicas (No se creata con un botique de sustancias químicas, inflamables y/o explosivos)	N/A	N/A	X

Figura 3.5 Evaluación de riesgos segmentada por nivel de riesgo importante [Elaboración propia]

Con la implementación de la solución se esperaría los siguientes resultados mostrados en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Tabla de resultados de los niveles de riesgo [Elaboración propia]

Tipo de riesgo	Factor de riesgo	Nivel de riesgo antes del proyecto	Nivel de riesgo con la implementación de la solución
Mecánico	Quemaduras	Importante	Trivial
	Ventilación insuficiente	Importante	Tolerable
Químico	Quemaduras graves	Importante	Trivial
	Irritación a los ojos	Importante	Trivial
Ergonómico	Posturas forzadas	Importante	Tolerable
Accidente mayor	Manejo de productos y materiales inflamables y/o explosivos	Importante	Tolerable

3.4 Análisis de la solución

La implementación de la solución lograría reducir significativamente los niveles de riesgo de importantes a trivial y/o tolerable. Esto con la eliminación de la tarea de dosificación del químico que se realizaba antes de forma manual mientras que con la

implementación sería de forma automatizada en la que el operador desde el cuarto de control se encargue única y exclusivamente de indicar la cantidad que desea dosificar al reactor.

De la misma manera el índice de satisfacción laboral incrementaría con la presencia de menos posturas incómodas, menos actividades de alto riesgo y el mayor tiempo dentro de un ambiente cómodo, como lo es el cuarto de control.

Respecto de los factores de sostenibilidad, se obtienen los siguientes resultados:

- **Social:** Reducción del nivel de riesgo de las actividades (**De nivel de riesgo “Importante” a “Tolerable” y/o “Trivial”**) en el proceso de dosificación de ácido, y un incremento en el índice de satisfacción del operador por las actividades menos estresantes a realizar (**Del 71% al 86%**).
- **Ambiental:** Reducción de las emisiones de CO en el área del reactor debido a la eliminación del proceso de dosificación en el reactor (**De 2 a 0 ppm**). Reducción de residuos de ácido fosfórico en el proceso de dosificación debido a la automatización del proceso de dosificación.



Figura 3.6 Medición de gases en el área de reactor [Elaboración propia]

HUELLA DE CARBONO		
UNIDAD	EMISIÓN	MÁXIMO NIVEL PERMITIDO
CO (PPM)	0	35
H2S (PPM)	6	10
NH3 (PPM)	0	25

Figura 3.7 Resultados de la medición de gases en el área de reactor [Elaboración propia]

- **Económico:** Reducción del costo del E.P.P consumido bimestralmente en el proceso de dosificación debido a la eliminación de las actividades manuales y la presencia frecuente de los| operadores con el químico (**Aprox. 500 USD por compra**). Reducción de costos de accidentes en el proceso de dosificación debido a la eliminación de actividades de riesgo potencial (**Aprox. 3000 USD por trabajador**).

SOLICITUD DE COMPRA 172

Fecha: 17-08-21

Solicitante: JONATHAN ALEGRIA

Departamento: SHE

Utilización: PLANTA GENERAL

Observaciones: EPI'S

Teléfono: 980175820

Presupuesto: OP'EX 1400\$

Fecha de entrega: NORMAL

Lugar de entrega: [REDACTED]

Cantidad	Item	Descripción
8	Pares	Guantes de Lana recubierto de Nitrilo
12	Pares	<u>Guantes de nitrilo manga corta</u>
6	Pares	Guantes de Napa
20	Unidades	Traje Protección Contra químicos
12	Unidades	Orejeras 3M
6	Unidades	Cascos con ames 3M
2	Pares	Botines Punta de Acero Talla 37
2	Pares	Botines Punta de Acero Talla 39
3	Pares	Botines Punta de Acero Talla 40
2	Pares	Botines Punta de Acero Talla 41
4	Pares	Botines Punta de Acero Talla 42
3	Pares	Botines Punta de Acero Talla 43
3	Pares	Botines Punta de Acero Talla 44
2	Unidades	Amés Cuerpo Completo con Eslinga
2	Pares	Bota de Caucho Talla 41
2	Pares	Botas de Caucho Talla 42
1	Par	Botas de Caucho Talla 43
1	Par	Botas de Caucho Talla 44
5	Cajas	Cofias desechables
15	Unidades	<u>Mandiles con beicro desechables</u>
3	Unidades	Cinta de peligro <u>amarillo negro</u>

Autorizado por Jefe de area: _____ Gerente de area: MARCO PANIAGUA

Forma de utilización: COMPRA BIMENSUAL

Figura 3.8 Orden de compra de E.P.P con la implementación de la solución [Sistema interno de la empresa]

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Este proyecto logró cumplir los objetivos propuestos mediante el diseño e implementación de una solución que garantizara tener un lugar estandarizado para almacenar ácido fosfórico y evitar la manipulación manual de los operadores con el químico al incluir un sistema automatizado en el proceso de dosificación. Por lo cual se concluye:

- La implementación del tanque de almacenamiento de ácido fosfórico con el sistema de dosificación automática espera reducir el tiempo de dosificación manual en más de un 90%.
- La solución permite centralizar la ubicación de almacenamiento de ácido fosfórico dentro de la planta, cumpliendo con el requisito de diseño del cliente de una capacidad preferible de 15 toneladas. Esto evitará que el ácido fosfórico se almacene en áreas no dedicadas al almacenamiento de este producto.
- Se redujeron y/o eliminaron aquellas actividades que tenían un nivel de riesgo importante con la implementación de la solución adaptándola en un lugar apropiado, sin generar contaminación cruzada con los productos terminados.
- Se espera un incremento de la satisfacción general de los operadores involucrados en el proceso de almacenamiento y dosificación de ácido de un 71.01% (valor inicial) a un 86.23%.
- La solución escogida cumplió con las restricciones de presupuesto, localización permitida, capacidad de almacenamiento y número de trabajadores involucrados.
- De acuerdo con los factores de sostenibilidad, el proyecto lograría reducir el costo de E.P.P comprados bimensual en al menos \$500,00 para los operadores involucrados debido a la reducción de la intervención manual y deterioro más frecuente de los mismos.
- En temas ambientales la solución reduciría las emisiones de Monóxido de Carbono (CO) de 2 a 0 partes por millón, dentro del área de reactor debido a la

eliminación de los transportes realizados por el montacargas dentro del área de reactor.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda que la compañía siga invirtiendo en prevención de riesgos con el fin de reducir las bajas médicas por accidentes, el ausentismo laboral por enfermedades ocupacional y en general para preservar la integridad de sus colaboradores.
- Se recomienda capacitar al personal de forma periódica y especialmente cuando se produce algún cambio en el proceso.
- Se recomienda actualizar el procedimiento de abastecimiento de ácido al tanque con imágenes reales una vez finalizada la implementación por parte del contratista. Y realizar un nuevo análisis de riesgos para encontrar nuevas acciones de mejora.

BIBLIOGRAFÍA

- Burge, S. (2009). *The Systems Engineering Tool Box*. Recuperado el Septiembre 2, 2021, de <https://www.burgehugheswalsh.co.uk/uploaded/1/documents/pugh-matrix-v1.1.pdf>
- Caerio, M., & Fernández Iglesias, M. J. (2019). El Punto de Vista en Design Thinking. (U. Vigo, Ed.) *ResearchGate*, 1-6. doi:DOI 10.17605/OSF.IO/3QGPN.
- Cañedo Iglesias, C., Curbelo Hernández, M. A., Núñez Chaviano, K., & Zamora Fonseca, R. (2012). Los procedimientos de un sistema de gestión de información: Un estudio de caso de la Universidad de Cienfuegos. *Biblios*(46), 40-50. doi:ISSN
- Coba, G. (2021, Febrero). Cuatro factores mejoran el índice de producción del sector camaronero. *Primicias*, 1-4. Recuperado el Julio 2, 2021, de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/factores-mejoran-indice-produccion-camaron/>
- Gutiérrez Pulido, H., Gutiérrez González, P., Garibai López, C., & Díaz Caldera, L. (2013, Julio 5). Análisis multivariado y QFD como herramientas para escuchar la voz del cliente y mejorar la calidad del servicio. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 2(1), 62-73. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052014000100007>
- Lorenzo, S., Mira, J., Olarte, M., Guerrero, J., & Moyano, S. (2004, Mayo 15). Análisis matricial de la voz del cliente: QFD aplicado. *ScienceDirect*, 18, 464-471. doi:[https://doi.org/10.1016/S0213-9111\(04\)72034-8](https://doi.org/10.1016/S0213-9111(04)72034-8).
- Ministerio de empleo y seguridad social. (2017, Octubre). *Prevención de riesgos laborales para PYME*. Madrid, España. Recuperado el Agosto 29, 2020
- Niebel, B. W., & Andris, F. (2014). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México D.F.: McGrawhill. Recuperado el Agosto 27, 2021
- Nutrien. (2021). *Phosphoric acid 85%: Safety Data Sheet*. Lake Fraser Drive. Recuperado el Julio 23, 2021, de https://www.nutrien.com/sites/default/files/2021-05/Phosphoric-Acid-50%25-Food-Grade-SDS-GHS-Canada-U.S.-EN-ES-v1_0.pdf

Zacapantzi Cordero, A., Gutiérrez Morales, E., Herrera Fernández, E., & Cruz Sánchez, M. E. (2012, Octubre 29). Quality function deployment (QFD) as a tool to improve bamboo's products. *CienciaUAT*, 7(1), 41-47. doi:<http://dx.doi.org/10.29059/cienciauat.v7i1.42>

Zendesk. (2020, Octubre 21). ¿Cuáles son los principales KPIs de customer support? 6 métricas clave para medir la eficiencia del servicio al cliente. (W. C. Associate, Ed.) *Zendesk*. Obtenido de Zendesk.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Evaluación de riesgos del proceso de dosificación de ácido en planta

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS																	
Localización: ÁREA DE REACTOR		Fecha de la evaluación: Jun-21															
Puesto o Cargo: OPERADORES DE REACTOR		Fecha de la última evaluación: N/A															
# de trabajadores expuestos: 3		Medios: Montacarga, maquinaria y herramientas según la actividad del trabajo.															
# de trabajadoras expuestas: -		Actividad: Realizar la operación de dosificación de ácido fosfórico al reactor.															
Evaluadores: JONATHAN ALEGRÍA - JEAN CARLOS FRANCO																	
Riesgo	Factor de Riesgo	Causa	Probabilidad			Consecuencia			Nivel de riesgo	MEDIDA DE CONTROL	RESPONSABLE	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	INFORMACIÓN	FORMACIÓN	RIESGO CONTROLADO		
			B	M	A	LD	D	ED							SI	NO	
Mecánico	Objetos, máquinas/equipos/vehículos en movimiento	Operación de montacarga en las áreas de bodega, zona seca, zona húmeda, spray dryer, reactor, evaporador. Ingreso de camiones con MP, área de recepción de MP.		X				X		Moderado	Realizar mantenimiento de montacargas. Aplicar programa de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.	Jefe de mantenimiento / Coordinador de Seguridad & SO	Programa de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de montacargas.	Registros de mantenimiento	N/A	X	
	Quemaduras	Por mala manipulación de equipos del área de reactor				X		X		Importante	Elabora procedimientos de operación de colocación de ingredientes al reactor.	Coordinador Seguridad & SO Ing. Procesos	Procedimiento de uso de EPP	Reportes de inspecciones de verificación de uso de EPP	N/A	X	
	Caida de objetos	Realización de tareas de mantenimiento en las diferentes áreas de la empresa.		X				X		Moderado	Señalización en áreas de trabajo. Uso obligatorio de EPP (casco).	Coordinador de Seguridad & SO	Programa de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de las instalaciones.	Registros de mantenimiento	N/A	X	
	Ventilación insuficiente (renovación de aire)	Área de reactor a temperaturas medias-altas (>30°C)			X			X		Importante	Mejorar sistema de ventilación y renovación de aire en áreas de trabajo.	Coordinador de Seguridad & SO	N/A	N/A	N/A	X	
	Piso irregular, resbaladizo	Zona de reactor (Limpieza con agua y químicos)		X				X		Moderado	Atención a la tarea, señalización de puntos y áreas de riesgos de caída.	Coordinador de Seguridad & SO	N/A	Letreros de señalización del área de trabajo.	N/A	X	
	Obstáculos en el piso	El riesgo se materializa cuando existe obstáculos en el piso, desorden en áreas de trabajo, etc.; Los trabajadores podrían tropezar y sufrir caídas o resbalones al caminar o transitar por superficies con obstáculos.		X				X		Moderado	Inspecciones a las condiciones de seguridad y salud ocupacional a las áreas de trabajo. Verificar condiciones de orden en las áreas de trabajo.	Coordinador de Seguridad & SO	Inspecciones planeadas a las condiciones de seguridad.	Reporte de inspección a las condiciones de seguridad	Capacitación de buenas prácticas de orden y limpieza en las áreas de trabajo	X	
Físicos	Ruido	Generación de ruido por funcionamiento de maquinarias de la planta.		X				X		Moderado	Realizar mediciones de ruido laboral. Dotación de orejeras y tapones auditivos de acuerdo a los niveles de ruido.	Coordinador de Seguridad & SO	Procedimiento de uso de EPP	Reportes de inspecciones de verificación de uso de EPP	Capacitación sobre uso de los EPP	X	
	Temperaturas elevadas	Tareas realizadas en el reactor.		X				X		Moderado	Realizar mediciones de temperatura ambiente en áreas de trabajo (Stres térmico).	Coordinador de Seguridad & SO	N/A	Reporte de mediciones de temperatura ambiente.	N/A	X	
Químico	Quemaduras graves	Contacto de ácido con la piel		X					X	Importante	Uso de EPP básicos para la actividad • Gafas • Gafas o pantallas de protección facial. • Guantes • Calzado de seguridad.	Coordinador de Seguridad & SO	En caso de entrar en contacto a la piel: El operador debe: • Retirar la ropa o el calzado contaminados. • Recurrir de inmediato a la ducha y accionar. • Lavar la zona afectada con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. • Repetir el lavado si la irritación persiste. • Comunicar inmediatamente al supervisor de turno encargado. • Si la situación se agrava buscar atención médica llamando al ECU 911	Reportes de inspecciones de verificación de uso de EPP	Capacitación sobre uso de los EPP	X	
	Irritación a los ojos	Contacto de ácido en los ojos		X					X	Importante		Coordinador de Seguridad & SO		Reportes de inspecciones de verificación de uso de EPP	Capacitación sobre uso de los EPP	X	
Ergonómico	Posiciones forzadas (de pie, sentada, encorvada, acostada)	Realización de la tarea de acoplar la manguera a la boquilla del tanque IBC y a la bomba de succión			X			X		Importante	Mejorar condiciones de operación en áreas de trabajo. Colocar sillitas para descanso (pausas de trabajo).	Coordinador de Seguridad & SO	Procedimiento de trabajo seguro, manipulación y carga de objetos	N/A	Capacitación de riesgos ergonómicos.	X	
Psicosociales	Síntomas de estrés. Manifestaciones psicósomáticas	Realización de las actividades en el área. Bajo rendimiento laboral, presencia de enfermedades propias del estrés laboral.	X				X			Trivial	Realizar estudios predictivo para determinar si las variables del Modelo de las Características del Puesto (MCP). Se recomienda aplicación de metodo ISTAS 21.	Coordinador de Seguridad & SO	N/A	Registros de los resultados de las evaluaciones psicosociales	N/A	X	
Biológicos	Presencia de vectores (roedores, moscas, cucarachas)	Presencia en diferentes áreas de la planta	X					X		Tolerable	Aplicación de programa de control de plagas, roedores y animales ponzoñosos y venenosos	Coordinador de Seguridad & SO	N/A	N/A	N/A	X	
Accidente Mayor	Manejo de productos y materiales inflamables y/o explosivos	Manejo de ácido fosfórico para el abastecimiento de ácido en el proceso.		X					X	Importante	Conocer los MSDS y Ficha técnica de los productos que se manipulan (Ácido)	Coordinador de Seguridad & SO	Procedimiento para el manejo y almacenamiento de sustancias químicas (No se cuenta con una bodega de sustancias químicas, inflamables y/o explosivas)	N/A	N/A	X	

APÉNDICE C

Procedimiento de abastecimiento de ácido al tanque

LOGO DE LA EMPRESA	PROCEDIMIENTO DE ABASTECIMIENTO DE ÁCIDO FOSFÓRICO AL TANQUE		Edición: Segunda Página 1 de 11
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA PERSONAL INTERNO			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
Jean Carlos Franco	Jonathan Alegría	Marco Paniagua	22/08/2021

TABLA DE CONTENIDOS

1. OBJETIVO	2
2. ALCANCE	2
3. RESPONSABLES	2
4. DEFINICIONES	3
5. PROCEDIMIENTO	4
6. MEDIDAS Y CONDICIONES DE SEGURIDAD	11

LOGO DE LA EMPRESA	PROCEDIMIENTO DE ABASTECIMIENTO DE ÁCIDO FOSFÓRICO AL TANQUE		Edición: Segunda Página 2 de 11
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA PERSONAL INTERNO			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
Jean Carlos Franco	Jonathan Alegría	Marco Paniagua	22/08/2021

1. OBJETIVO

Servir de guía para la capacitación y orientación del personal involucrado en el desarrollo del procedimiento de abastecimiento de ácido fosfórico desde tanques IBC hasta el tanque principal.

2. ALCANCE

El presente procedimiento incluye a personal de la empresa que se encargará del procedimiento de abastecimiento de ácido de los tanques IBC al tanque maestro. El mismo procedimiento aplicará para abastecimiento de ácido a través de tanquero al granel.

3. RESPONSABLES

- **Jefe de Bodega de Producto terminado:** Hacer cumplir el instructivo al asistente de bodega y al operador de montacarga.
- **Jefe de SHE**
 - a) Difunde, revisa y actualiza el presente documento.
 - b) Verificar el cumplimiento de este instructivo al personal a cargo del mismo.
- **Coordinador eléctrico de mantenimiento:** Brindar soporte en cualquier eventualidad en el proceso.
- **Producción:** Comunicar las necesidades de abastecimiento periódicamente al feje de bodega de Producto terminado.

LOGO DE LA EMPRESA	PROCEDIMIENTO DE ABASTECIMIENTO DE ÁCIDO FOSFÓRICO AL TANQUE		Edición: Segunda Página 3 de 11
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA PERSONAL INTERNO			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
Jean Carlos Franco	Jonathan Alegría	Marco Paniagua	22/08/2021

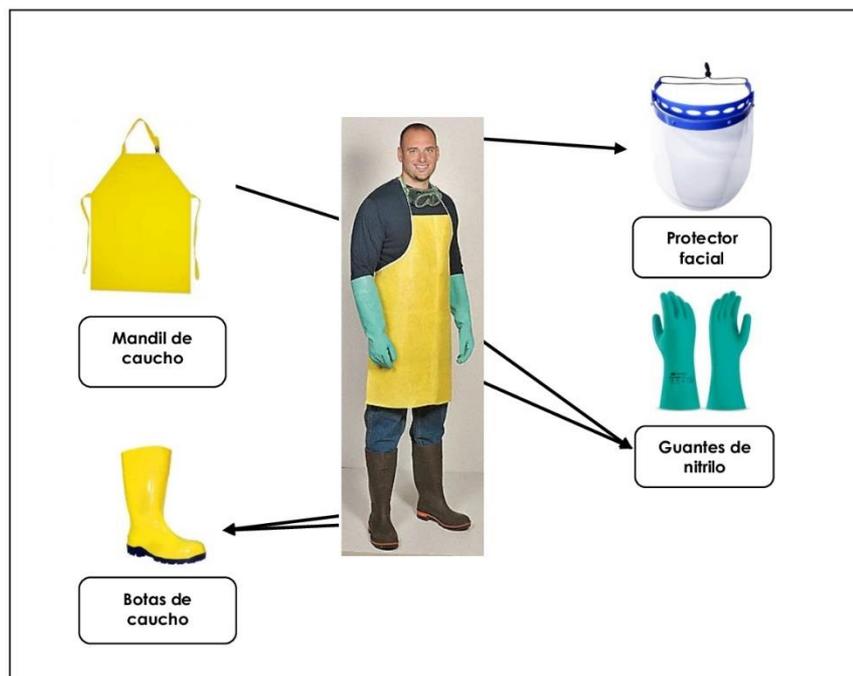
4. DEFINICIONES

IBC	Depósitos con una capacidad máxima que ronda los 1.000 litros.
Válvula de bola	Mecanismo de llave de paso que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza por que el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada.
Abrazadera	Pieza que se utiliza para sujetar algo, especialmente cables o tubos, ciñéndolo o rodeándolo.
Manómetro	Instrumento para medir la presión de los fluidos, principalmente de gases.
E.P.P.	Equipo de protección personal
Ácido fosfórico	Sólido incoloro e inodoro o un líquido espeso y transparente. Se utiliza para proteger los metales contra la corrosión, y en fertilizantes, detergente, alimentos, bebidas y el tratamiento de agua.

LOGO DE LA EMPRESA	PROCEDIMIENTO DE ABASTECIMIENTO DE ÁCIDO FOSFÓRICO AL TANQUE		Edición: Segunda Página 4 de 11
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA PERSONAL INTERNO			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 22/08/2021
Jean Carlos Franco	Jonathan Alegría	Marco Paniagua	

5. PROCEDIMIENTO

E.P.P. que se debe usar durante el procedimiento de abastecimiento de ácido fosfórico al tanque:



LOGO DE LA EMPRESA	PROCEDIMIENTO DE ABASTECIMIENTO DE ÁCIDO FOSFÓRICO AL TANQUE		Edición: Segunda Página 5 de 11
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA PERSONAL INTERNO			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
Jean Carlos Franco	Jonathan Alegría	Marco Paniagua	22/08/2021

Procedimiento de abastecimiento de ácido fosfórico al tanque

1. Trasladar el tanque IBC lleno, hacia la base de cubeto.

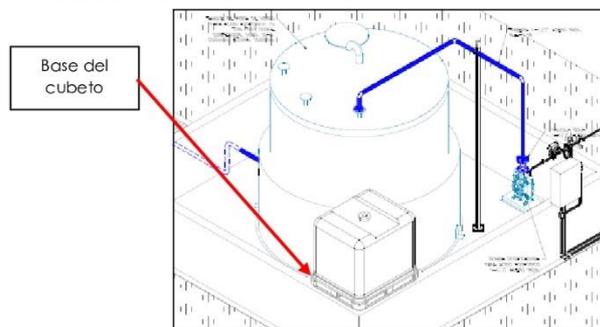


Ilustración 1 Tanque IBC trasladado a la base del cubeto

2. Romper el sello de seguridad de la tapa del tanque IBC y retirar la tapa.



Ilustración 2 Sello de seguridad de la tapa roto

3. Conectar la manguera de acople a la boquilla del tanque IBC

LOGO DE LA EMPRESA	PROCEDIMIENTO DE ABASTECIMIENTO DE ÁCIDO FOSFÓRICO AL TANQUE		Edición: Segunda Página 6 de 11
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA PERSONAL INTERNO			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
Jean Carlos Franco	Jonathan Alegría	Marco Paniagua	22/08/2021



Ilustración 3 Quitar el sello de seguridad de la boquilla



Ilustración 4 Insertar el acople plástico negro a la boquilla



Ilustración 5 Insertar la manguera a la boquilla y colocar seguros

- Colocar el otro extremo de la manguera a la boquilla de la bomba dosificadora de ácido

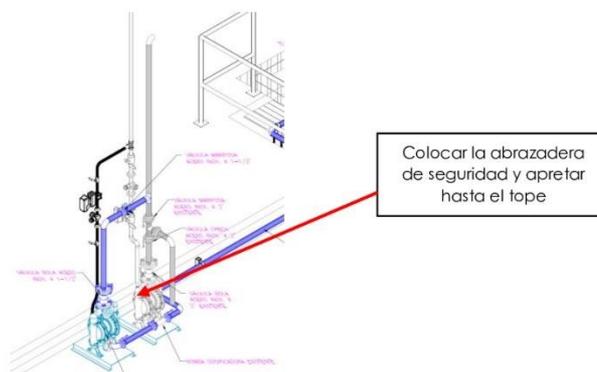


Ilustración 6 Colocación de la abrazadera

- Verificar que la presión que marca el regulador de presión aire sea de 5 bar. **Nota:** Si no es así, comunicar de inmediato al coordinador eléctrico.

LOGO DE LA EMPRESA	PROCEDIMIENTO DE ABASTECIMIENTO DE ÁCIDO FOSFÓRICO AL TANQUE		Edición: Segunda Página 7 de 11
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA PERSONAL INTERNO			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
Jean Carlos Franco	Jonathan Alegría	Marco Paniagua	22/08/2021

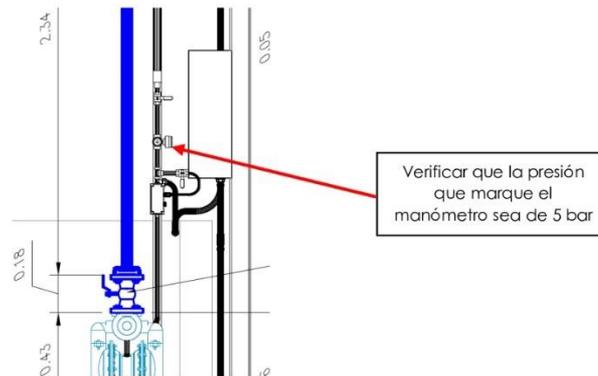


Ilustración 7 Manómetro del regulador de aire

6. Accionar la válvula de presión aire (A), válvula de aire de accionamiento de la bomba (B) y la válvula de la bomba (C).

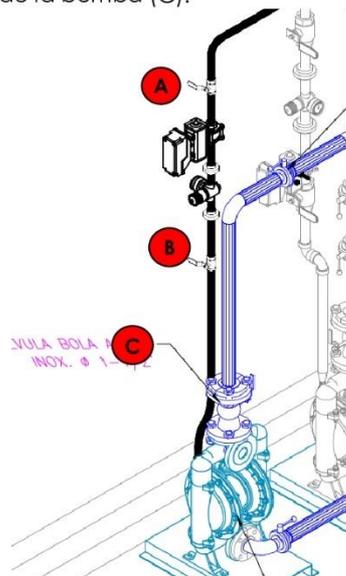


Ilustración 8 Accionamiento de las válvulas

Nota: Para accionar las válvulas recuerde que debe hacerlo girando en contra de las manecillas del reloj y para apagar debe hacer lo contrario

LOGO DE LA EMPRESA	PROCEDIMIENTO DE ABASTECIMIENTO DE ÁCIDO FOSFÓRICO AL TANQUE		Edición: Segunda Página 8 de 11
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA PERSONAL INTERNO			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 22/08/2021
Jean Carlos Franco	Jonathan Alegría	Marco Paniagua	

7. Encender el sistema presionando el botón ON en el tablero

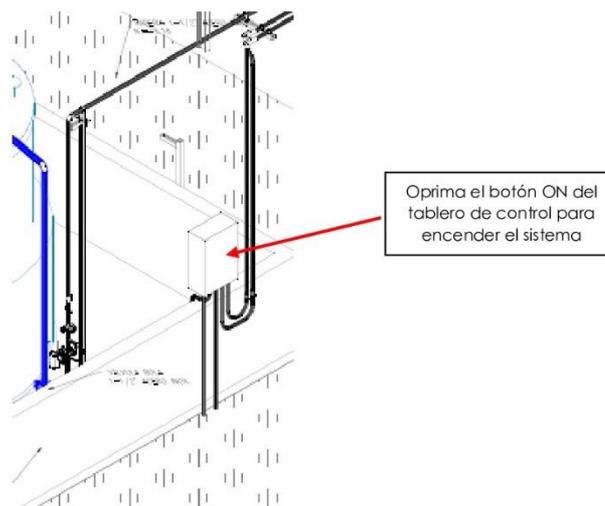


Ilustración 9 Arranque del sistema de succión de ácido fosfórico

LOGO DE LA EMPRESA	PROCEDIMIENTO DE ABASTECIMIENTO DE ÁCIDO FOSFÓRICO AL TANQUE		Edición: Segunda Página 9 de 11
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA PERSONAL INTERNO			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
Jean Carlos Franco	Jonathan Alegría	Marco Paniagua	22/08/2021

Procedimiento para abastecimiento continuo de IBC al tanque

1. Una vez que se ha succionado todo el contenido de ácido del tanque IBC al tanque maestro, debe cerrar la válvula de la bomba (C)
2. Luego que se cerró la válvula de la bomba, deberá aplastar el botón OFF en el tablero de control. **Nota:** Botón Rojo que está abajo del botón verde.
3. Luego de que se apague el sistema de succión, se deberá poner en OFF la válvula de la boquilla del tanque IBC.



Ilustración 10 Válvula de la boquilla del tanque IBC en OFF

4. Desconectar el extremo de la manguera que va a la boquilla del tanque IBC



Ilustración 11 Retirar el extremo de la manguera que va a la boquilla del tanque IBC

LOGO DE LA EMPRESA	PROCEDIMIENTO DE ABASTECIMIENTO DE ÁCIDO FOSFÓRICO AL TANQUE		Edición: Segunda Página 10 de 11
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA PERSONAL INTERNO			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
Jean Carlos Franco	Jonathan Alegría	Marco Paniagua	22/08/2021

5. Colocar la manguera en su posición fija y esperar a que llegue el siguiente tanque IBC y repetir el procedimiento de abastecimiento previamente detallado.

NOTA: Solo en el caso de que no se requiera continuar con el proceso de abastecimiento, deberá adicionar al punto 1, el apagado de la Válvula de presión aire (A) y válvula de aire de accionamiento de la bomba (B).

LOGO DE LA EMPRESA	PROCEDIMIENTO DE ABASTECIMIENTO DE ÁCIDO FOSFÓRICO AL TANQUE		Edición: Segunda Página 11 de 11
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA PERSONAL INTERNO			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
Jean Carlos Franco	Jonathan Alegría	Marco Paniagua	22/08/2021

6. MEDIDAS Y CONDICIONES DE SEGURIDAD

Las duchas y lavaojos de seguridad constituyen el sistema de emergencia más habitual para trabajos con productos químicos. A continuación, se detalla la ubicación y el uso de ambos sistemas.



Ilustración 12 Ducha

INSTRUCCIONES DE USO

- Tire la palanca de accionamiento de la ducha de emergencia.
- Mientras está debajo del agua, quítese la ropa, zapatos y accesorios.
- Lave el contaminante que haya entrado en contacto con el cuerpo.
- Permanezca debajo del agua durante 20 minutos como mínimo, mientras se consigue ayuda médica.

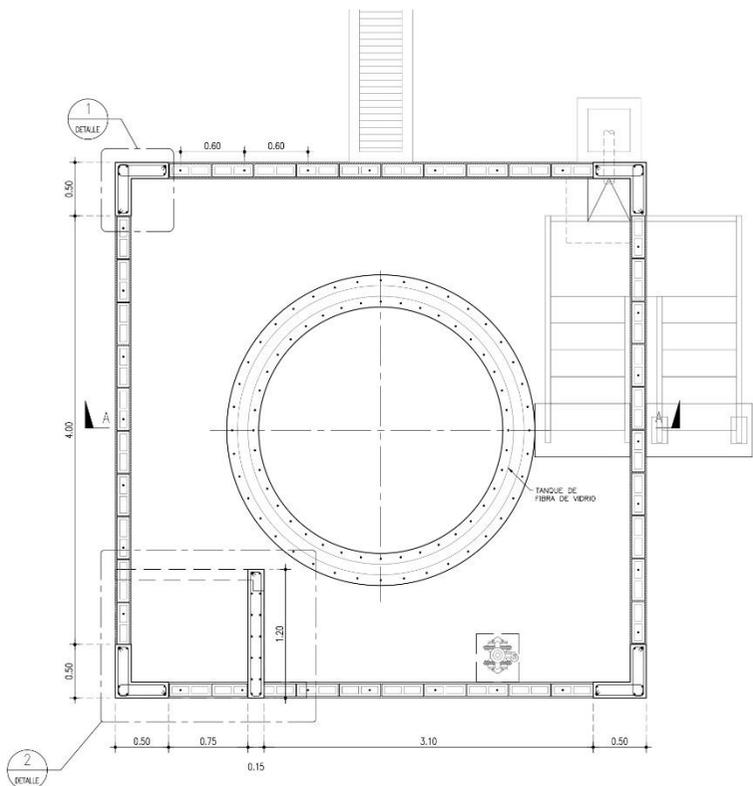


Ilustración 13 Lavaojos

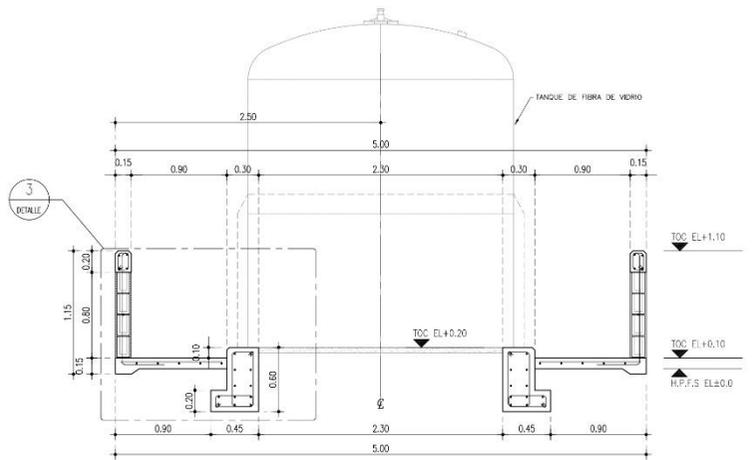
INSTRUCCIONES DE USO

- Las lentes de contacto deben extraerse lo más pronto posible para lavar los ojos y eliminar totalmente las sustancias químicas peligrosas.
- Active con la mano la palanca de accionamiento de la válvula del lavaojos o con el pie si está equipada con pedal de accionamiento.
- Abra sus ojos con la ayuda de los dedos de sus manos. Se debe forzar la apertura de los párpados para asegurar el lavado detrás de los mismos.
- Enjuague durante 20 minutos como mínimo mientras se consigue ayuda médica.

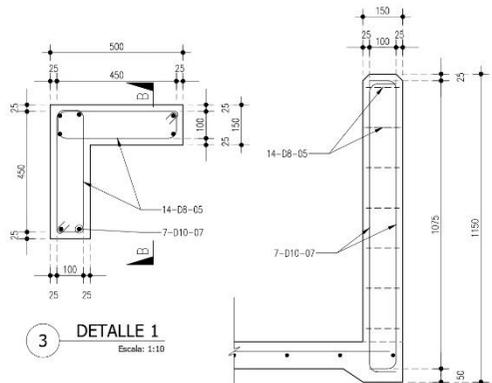
APÉNDICE D
Planos



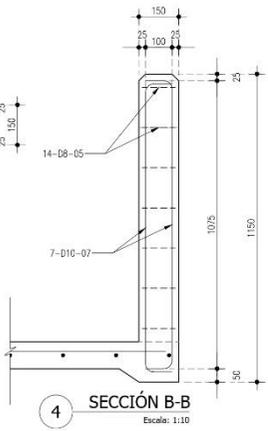
1 PLANTA SUPERIOR
Escala: 1:25



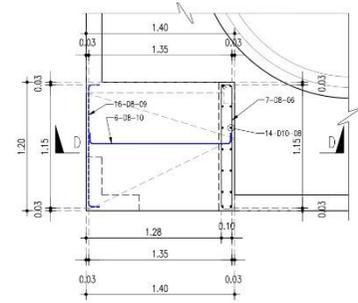
2 SECCIÓN A-A
Escala: 1:25



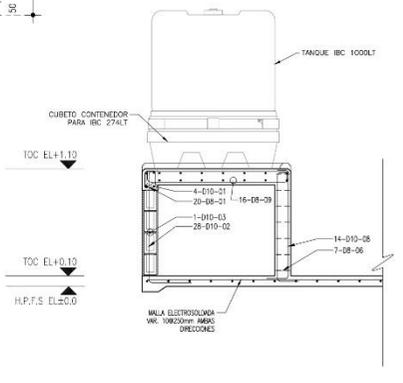
3 DETALLE 1
Escala: 1:10



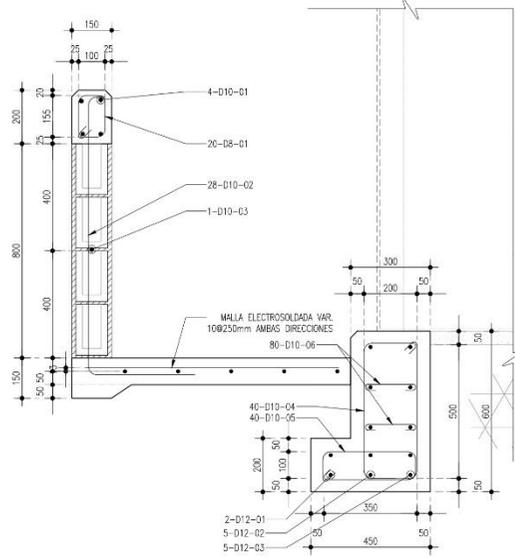
4 SECCIÓN B-B
Escala: 1:10



5 DETALLE 2
Escala: 1:25

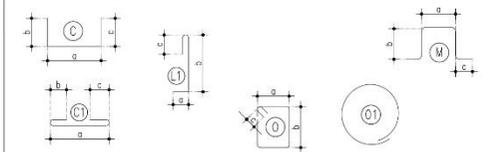


6 SECCIÓN D-D
Escala: 1:25

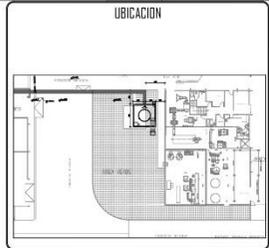


7 DETALLE 3
Escala: 1:10

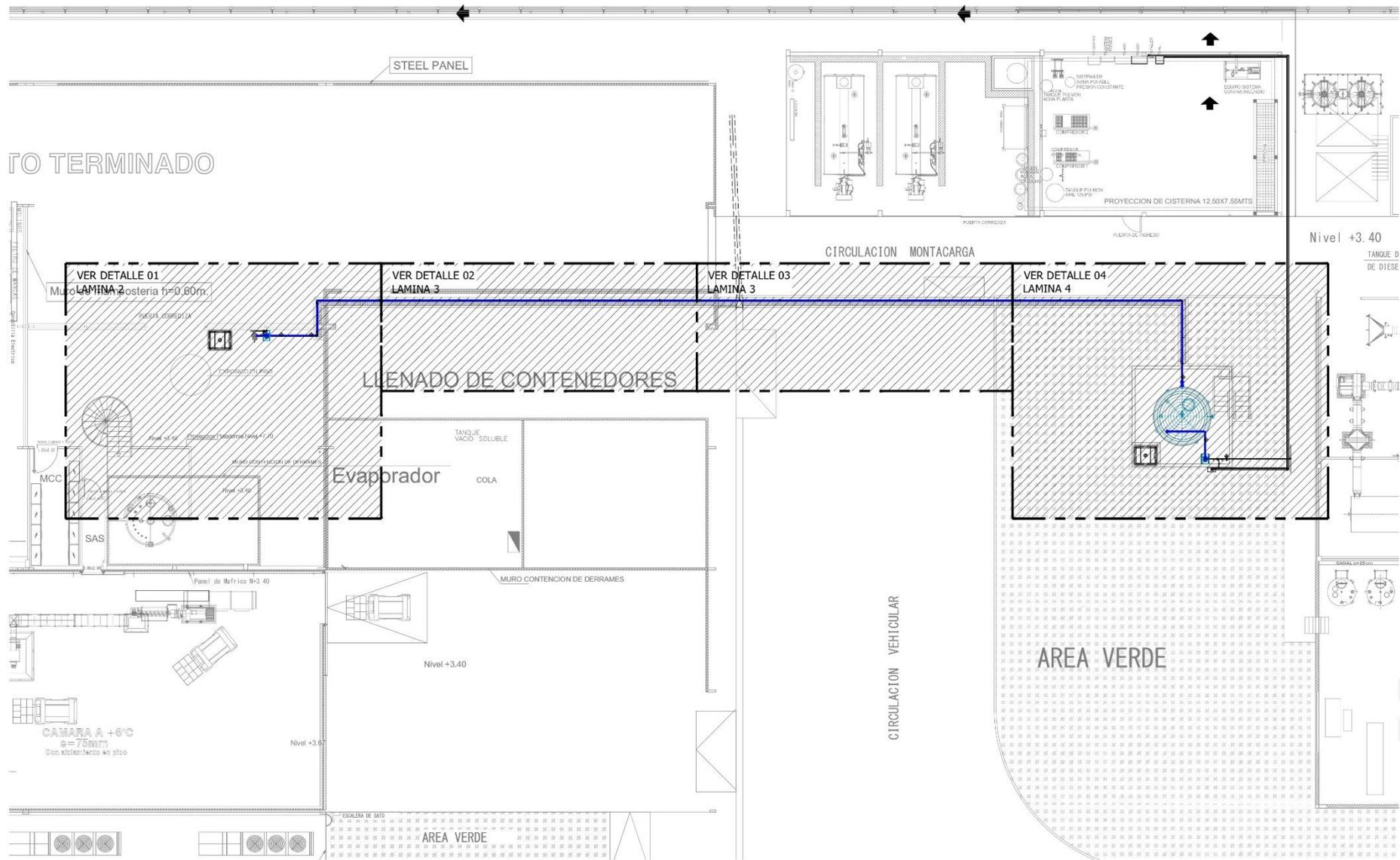
BAR BENDING/PLANILLA DE ACERO



MARK/MARCA	DIA.	No	TYPE/TIPO	DIMENSIONS/DIMENSIONES (MM)					LENGTH/ LONGITUD (M)		OBS.
				a	b	c	d	e	PARCIAL	TOTAL	
01	D8	80	0	100	160	75			0.34	26.80	
05	D8	56	0	450	100	75			0.63	35.00	
06	D8	7	0	100	1150	75			1.33	9.27	
07	D8	6	C	550	100	100			0.75	4.50	
08	D8	6	C	1850	100	100			2.05	12.30	
09	D8	14	C	1150	100	100			1.35	18.90	
10	D8	6	C	1350	100	100			1.55	9.30	
01	D10	16	C	4500	200	200			4.90	78.40	
02	D10	28	L1	500	1030	75			1.61	44.94	
03	D10	4	C	4300	100	100			4.50	18.00	
04	D10	40	0	200	500	75			0.78	31.00	
05	D10	40	0	350	100	75			0.53	21.00	
06	D10	80	C1	200	75	75			0.35	28.00	
07	D10	28	C	1075	100	100			1.28	35.70	
08	D10	14	C	1000	100	200			1.30	18.20	
01	D12	2	01	10000					10.00	20.00	
02	D12	5	01	9000					9.00	45.00	
03	D12	5	01	8000					8.00	40.00	
DIA.	WEIGHT/PESO (kg/m)	TOTAL LENGTH/LONGITUD TOTAL (m)	TOTAL WEIGHT/PESO TOTAL (kg)	OBS.							
D8	0.394	116.08	45.73								
D10	0.617	275.24	169.82								
D12	0.888	105.00	93.24								
TOTAL WEIGHT/PESO TOTAL (TON)				0.22							
MATERIALS/MATERIALES										U	TOTAL
CONCRETO DE LIMPIEZA e=50										m3	-
HORMIGON ESTRUCTURAL										m3	-
GROUT CEMENTIC e=25										m3	-



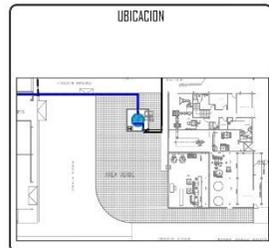
PROYECTO:	
SISTEMA DE TANQUE ÁCIDO FOSFÓRICO	
CONTENIDO:	
CIVIL ESTRUCTURAL DE BASE Y CUBETO	
RESPONSABLE TÉCNICO:	
ING. JULIO CARDENAS L.	
DISEÑO:	
ING. MARIO LINDAO	
REVISIÓN:	
B	
LÁMINA:	
1/1	



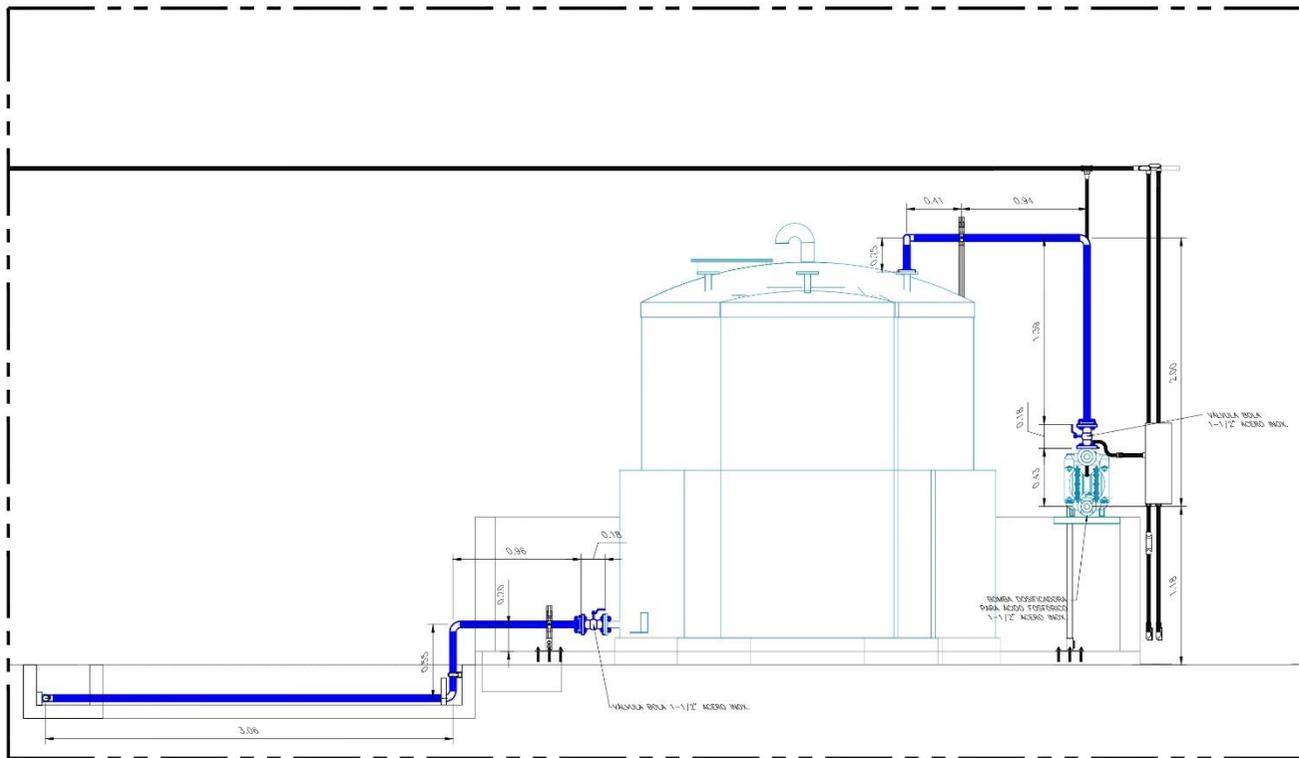
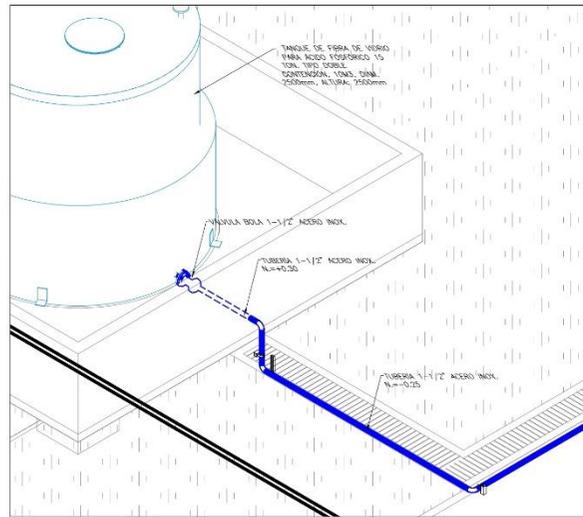
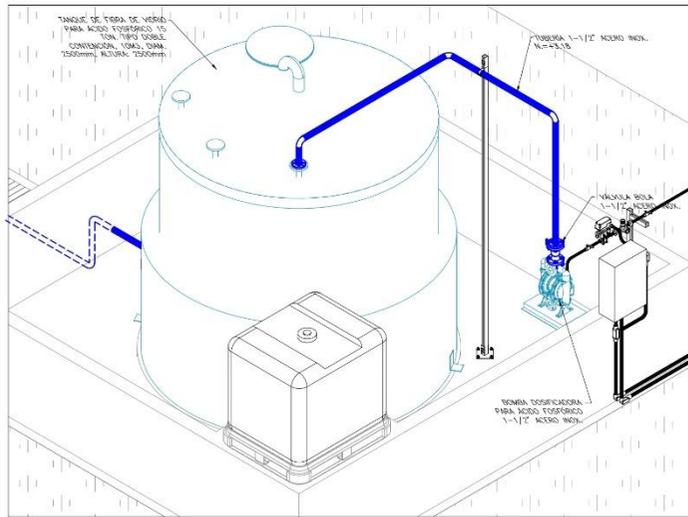
TO TERMINADO

CAMARA A +6°C
Ø = 75mm
Con sistema de calefacción

1 PLANTA GENERAL
Escala: 1:100



SISTEMA DE TANQUE ÁCIDO FOSFÓRICO	
CONTENIDO:	
RECORRIDO DE TUBERÍAS DE PROCESO	
RESPONSABLE TÉCNICO:	
ING. JULIO CARRERAS E.	
DISEÑO:	
ING. WARIO LINCOLN	
REVISIÓN:	B
FOLIO:	
1/5	



1 SECCION CUBETO
Escala: 1:15

UBICACION

PROYECTO:
SISTEMA DE TANQUE ACIDO FOSFORICO

CONTENIDO:
RECORRIDO TUBERIA DE PROCESOS

RESPONSABLE TECNICO:
ING. JULIO CABRERA S.C.

VISADO:
ING. MARIO LINDAO

REVISION:
B

MANERA:
5/5

Muro de mamposteria h=0.60m.

PUERTA CORREDIZA

EXPOSICO EN PISO

BOMBA DOSIFICADORA EXISTENTE
BOMBA DOSIFICADORA PARA ACIDO FOSFORICO
1-1/2" NODIO INCL.

TUBERIA ELECTRICA 3/4" METALICA
N=3-20

PUERTA ALUMINIO Y VIDRIO

1.20x2.20

Nivel +3.40

Proyeccion Plataforma Nivel +7.70

MURO CONTENCION DE DERR

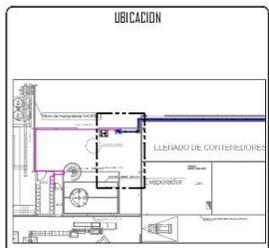
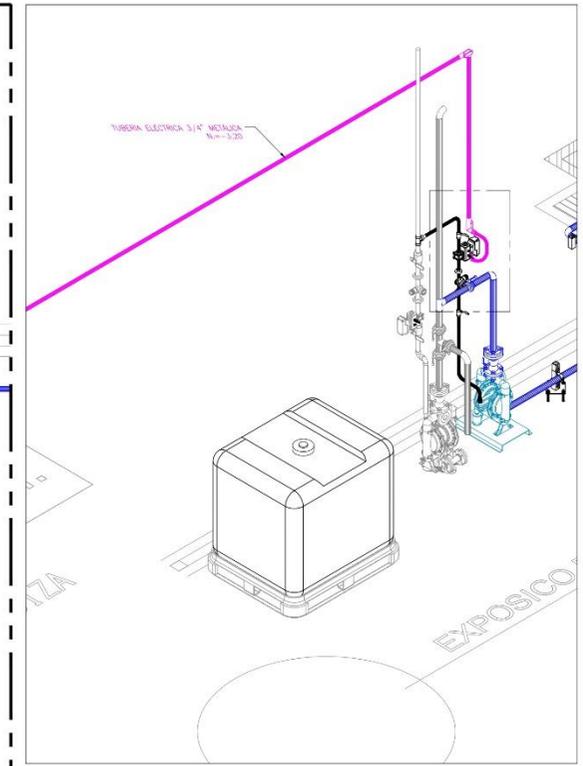
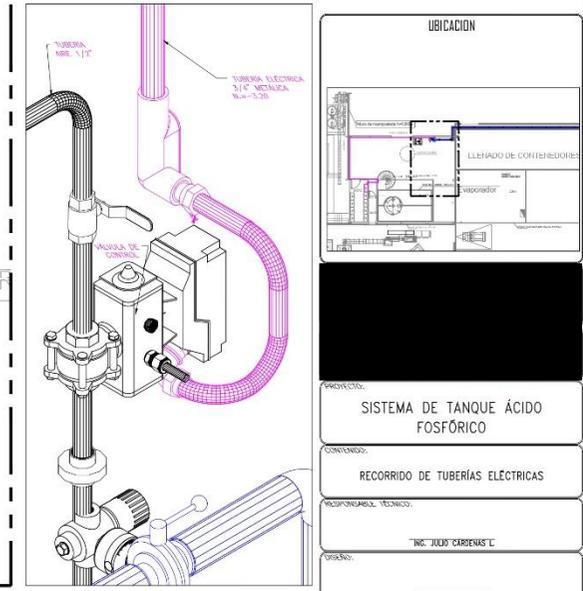
Nivel +3.40

MCC

VALVULO ELECTRICOS
EXISTENTE

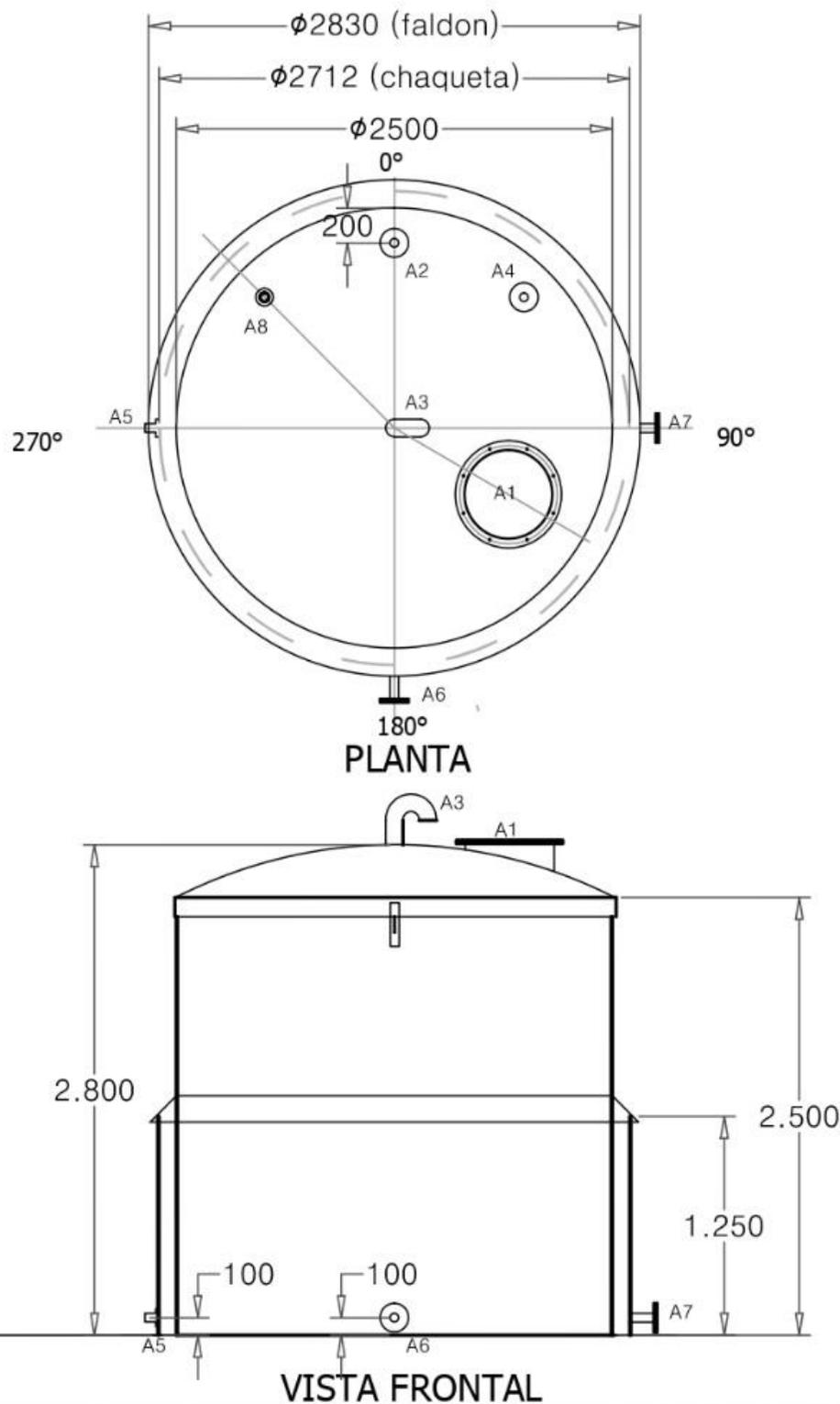
PUERTA ALUMINIO Y VIDRIO

0.90x2.00



PROYECTO:	SISTEMA DE TANQUE ACIDO FOSFORICO
CONTENIDO:	RECORRIDO DE TUBERIAS ELECTRICAS
RESPONSABLE TECNICO:	ING. JULIO CARGENAS L.
USUARIO:	ING. MARCO LINCOLN

1 DETALLE 01
Escala: 1:25



Nºrev	Nota de revisión	Fecha	Firma	Compr
0	PRELIMINAR			
1	PARA APROBACION/FABRICACION			

CONEXIONES TANQUE 10 m3 REV 1

DESCRIPCION	REFERENCIA	TAMAÑO	ALTURA (m)	ANGULO	NOTAS
Boca de hombre superior	A1	DN500	Parte superior	120°	
Entrada de acido	A2	1 1/2" clase 150	Parte superior	0°	
Venteo	A3	4"	Parte superior	centro	
Salida sobreflujo	A4	1 1/2" clase 150	Parte superior	45°	
sensor de presion	A5	bushing 1" rosca NPT	0,10	270°	con tapon macho
Descarga	A6	1 1/2" clase 150	0,10	180°	
Drenaje	A7	1 1/2" clase 150	min	90°	
Sensor ultrasonido	A8	bushing 1 1/2" rosca NPT	Parte superior	315°	con tapon macho

TANQUE DE ACIDO FOSFORICO 15 TON

Volumen: 10 m3

TIPO: Doble contencion. Para evitar derrames de producto.

Forma: Cilindrico vertical fondo plano y techo tipo domo.

CONDICIONES DE OPERACION

PRODUCTO: Acido fosforico al 85%

Peso especifico producto : 1.685 kg/dm3

TEMPERATURA: 30-80°C

PRESION: Atmosferica 1 bar

FABRICACION DE TANQUE

MATERIAL: PRFV

NORMA DE FABRICACION: ASTM 3299, ASTM 4097

RESINA: PALATAL EPOXI VINILESTER BISFENOLICA

FIBRA DE VIDRIO: TIPO E

LINER: 500 micras, VELO POLIESTER NEXUS

CAPA QUIMICA: 3mm

CAPA ESTRUCTURAL: 3mm

GELCOAT EXTERIOR: Poliester isofalico mas protector UV

Peso tanque vacio: 450 kg

Peso con carga: 15450 kg

ACCESORIOS:

CARTELAS DE IZAJE Y SEGLRIDAD: 3

Contenedor derrames. Chaqueta PRFV 6mm

FIBRADOR
composites

Via a la Costa Km 19,5
Tel 3156000, cel 0989457437
www.fibrador.com
Guayaquil-Ecuador

ESTE DISEÑO ES EXCLUSIVO DE FIBRADOR
PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL
SIN EL RESPECTIVO CONSENTIMIENTO ESCRITO

Escala
S/E

Contiene

TANQUE ACIDO FOSFORICO 10 m3: HOJA DE DATOS

Proyecto
PLANTA ACIDO FOSFORICO

Plano
XIND2-PM-001

Edicion
1

Hoja
A3