

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA.



“DISEÑO DEL SISTEMA CLEANING IN PLACE PARA
REDUCIR EL TIEMPO DE LAVADO EN LA SEPARADORA NX-934B,
EN UNA PLANTA PESQUERA, 2021”

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO

LUIS ANTONIO RAMÍREZ VILCAYAURI
MARCO ANTONIO VERAMENDI SANCHEZ

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis', positioned to the right of the author's name.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Marco', positioned to the right of the author's name.

Callao, 2021
PERÚ

“DISEÑO DEL SISTEMA CLEANING IN PLACE PARA REDUCIR
EL TIEMPO DE LAVADO EN LA SEPARADORA NX-934B, EN UNA
PLANTA PESQUERA, 2021”

ACTA N° 056 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

LIBRO N° 001, FOLIO N° 082, ACTA N° 056 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

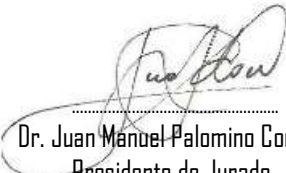
A los 07 días del mes diciembre del año 2021, siendo las 16:10 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/wdy-xddb-bej> el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:


- | | | |
|-----------------------------------|---|------------|
| ▪ Dr. Juan Manuel Palomino Correa | : | Presidente |
| ▪ Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva | : | Secretario |
| ▪ Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez | : | Miembro |
| ▪ Dr. Abel Tapia Diaz | : | Asesor |


Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **RAMIREZ VILCAYAURI, LUIS ANTONIO**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta la tesis titulada **"DISEÑO DEL SISTEMA CLEANING IN PLACE PARA REDUCIR EL TIEMPO DE LAVADO EN LA SEPARADORA NX-934B, EN UNA PLANTA PESQUERA, 2021"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

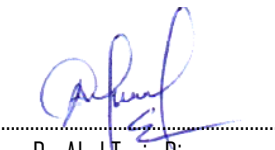
Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **15 (quince)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 16:30 horas del día 07 del mes y año en curso.


.....
Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Presidente de Jurado


.....
Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva
Secretario de Jurado


.....
Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez
Vocal de Jurado


.....
Dr. Abel Tapia Diaz
Asesor

ACTA N° 057 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

LIBRO N° 001, FOLIO N° 083, ACTA N° 057 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

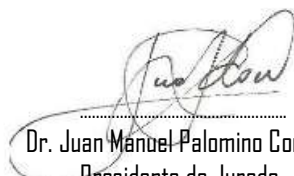
A los 07 días del mes diciembre, del año 2021, siendo las 16:30 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/wdy-xddb-bej> el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:


- | | | |
|-----------------------------------|---|------------|
| ▪ Dr. Juan Manuel Palomino Correa | : | Presidente |
| ▪ Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva | : | Secretario |
| ▪ Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez | : | Miembro |
| ▪ Dr. Abel Tapia Diaz | : | Asesor |

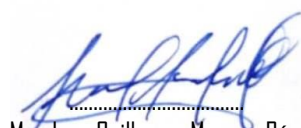
Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **VERAMENDI SANCHEZ, MARCO ANTONIO**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta la tesis titulada **"DISEÑO DEL SISTEMA CLEANING IN PLACE PARA REDUCIR EL TIEMPO DE LAVADO EN LA SEPARADORA NX-934B, EN UNA PLANTA PESQUERA, 2021"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

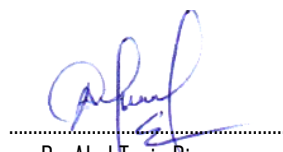
Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **15 (quince)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 16:45 horas del día 07 del mes y año en curso.


.....
Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Presidente de Jurado


.....
Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva
Secretario de Jurado


.....
Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez
Vocal de Jurado


.....
Dr. Abel Tapia Diaz
Asesor

DEDICATORIA

La investigación y todo el esfuerzo puesto en ello, se lo dedicamos a nuestros padres, quienes siempre han apostado por nosotros.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a los profesores que nos enseñaron en la facultad de ingeniería mecánica, en especial a los profesores que ya no están con nosotros.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

I.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1	Descripción de la realidad problemática.	11
1.2	Formulación del problema.....	12
1.2.1	Problema General.	12
1.2.2	Problemas Específicos.	12
1.3	Objetivos.....	13
1.3.1	Objetivo General.....	13
1.3.2	Objetivos Específicos.	13
1.4	Justificación.	13
1.4.1	Justificación teórica.	13
1.4.2	Justificación práctica.	14
1.4.3	Justificación económica.....	14
1.4.4	Justificación tecnológica.....	14
1.4.5	Justificación metodológica.....	14
1.5	Limitante de la Investigación.....	15
II.	MARCO TEÓRICO	16
2.1	Antecedentes	16
2.1.1	Antecedentes Internacionales.	16
2.2	Bases teóricas.	18
2.2.1	Ecuación general de la energía	18
2.2.2	Perdida por fricción en flujo turbulento	19
2.2.3	Selección de bombas.	20
2.3	Marco conceptual.....	22
2.3.1	Descripción del sistema CIP.....	22
2.3.2	Diseño de sistema CIP	24
2.3.3	Tiempo de lavado en separadora decantadora	37

2.4	Definición de términos básicos:	45
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	48
3.1	Hipótesis general e hipótesis específica	48
3.1.1	hipótesis general	48
3.1.2	hipótesis específica	48
3.2	Definición conceptual de variables.....	48
3.2.1	Variable Independiente.....	48
3.2.2	Variable dependiente.....	49
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO	51
4.1	Tipo y diseño de investigación	51
4.2	Método de investigación.	51
4.3	Población y muestra.....	52
4.4	Lugar de estudio	52
4.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	52
4.6	Análisis y procesamiento de datos.....	53
4.6.1	Lista de requisitos.....	53
4.6.2	Diseño conceptual	54
4.6.3	Diseño de detalle del sistema CIP.....	59
4.6.4	Evaluación final	80
V.	RESULTADOS.....	84
5.1	Resultado del tiempo de lavado.....	84
5.2	Resultado del diseño de detalle	84
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	85
6.1	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.	85
6.2	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	85
6.3	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	86
	Doy fe de que los resultados obtenidos y el uso de la data es de nuestra total responsabilidad.	86
VII.	CONCLUSIONES.....	87
VIII.	RECOMENDACIONES	88
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

X.	ANEXOS.....	92
XI.	PLANOS.....	123

TABLAS DE CONTENIDO

TABLA 1 VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA FLUIDOS DE TUBERIAS	26
TABLA 2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	50
TABLA 3 LISTA DE REQUISITOS	53
TABLA 4 MATRIZ MORFOLÓGICA	56
TABLA 5 VALOR TECNICO DEL DISEÑO DEL SISTEMA CIP.....	57
TABLA 6 VALOR ECONOMICO DEL DISEÑO DEL SISTEMA CIP	58
TABLA 7 LISTA DE ACCESORIOS.....	62
TABLA 8 RESULTADOS DE LA PERDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN	63
TABLA 9 CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES CILÍNDRICOS VERTICALES Y HORIZONTALES	66
TABLA 10 CÁLCULO DEL FONDO DE TANQUE, TIPO KLOPPER	70
TABLA 11 RESULTADOS DE LA CARGA TOTAL SOBRE LA BOMBA	75
TABLA 12 RESULTADOS DE LA POTENCIA DE LA BOMBA	76
TABLA 13 RESULTADOS DEL NSPH.....	77
TABLA 14 CONDICIONES DE CONTORNO CON CONVECCIÓN PARA LA ECUACIÓN DE CONTINUIDAD	82

TABLA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 DIAGRAMA DE MOODY	20
GRÁFICO 2 RELACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO CON EL TIEMPO DE LIMPIEZA	27
GRÁFICO 3 RELACION DE LA TEMPERATURA CON EL TIEMPO DE LIMPIEZA.....	43
GRÁFICO 4 RELACION DE LA CONCENTRACION DEL DETERGENTE CON EL TIEMPO DE LIMPIEZA	44
GRÁFICO 5 CAJA NEGRA.....	54
GRÁFICO 6 CAJA BLANCA	55
GRÁFICO 7 EVALUACION ECONOMICA Y TECNICA, SEGÚN VDI 2225	58
GRÁFICO 8 CURVA DEL SISTEMA, RELACION ALTURA - CAUDAL	77
GRÁFICO 9 CURVAS DE LA SERIES DE BOMBA	78
GRÁFICO 10 CURVA DE LA BOMBA	78
GRÁFICO 11 PERFIL DE LIMPIEZA RELACIONADO CON LA TEMPERATURA.....	82
GRÁFICO 12 PERFIL DE LIMPIEZA RELACIONADO CON LA CONCENTRACION	83

TABLA DE IMÁGENES

FIGURA 1 SISTEMA DE FLUJO DEL FLUIDO QUE ILUSTR A LA ECUACIÓN GENERAL DE ENERGÍA.	19
FIGURA 2 DIAGRAMA DE SISTEMA CIP DISEÑADO	23
FIGURA 3 BOMBA CENTRIFUGA.	36
FIGURA 4 CORTE TRANSVERSAL DE LA SEPARADORA DECANTADORA NX-934B	37
FIGURA 5. REMOCION DE SOLIDOS DE LA SEPARADORA.....	40
FIGURA 6 PROCESO DE LIMPIEZA MANUAL DE LA SEPARADORA.	40
FIGURA 7 CIRCULO DE SINNER.	42
FIGURA 8 LAYOUT PRELIMINAR DEL SISTEMA DE TUBERIAS.	59
FIGURA 9 INSTALACION DE TUBO FLEXIBLE	60
FIGURA 10 FORMA DEL TECHO DEL TANQUE	68
FIGURA 11 DISPOSICION DE LAS PLANCHAS DEL TANQUE.....	68
FIGURA 12 FORMA DEL TANQUE.....	69
FIGURA 13 MODELAMIENTO DEL FONDO KLOPPER EN 3D PARA NUESTRO SISTEMA	71
FIGURA 14 ENSAMBLAJE DE TANQUE CIP	72
FIGURA 15 MODELAMIENTO DEL TANQUE EN 3D	74
FIGURA 16 PLANO FINAL DEL SISTEMA CIP	80

RESUMEN

Actualmente las separadoras decantadora NX-934B que operan en las plantas de harina y aceite de pescado son lavadas de forma manual, desarmando el equipo, invirtiendo demasiado tiempo en el proceso de limpieza. Estas separadoras se lavan porque en su proceso van acumulando residuos en sus paredes internas, lo cuales deben ser removidos, sino provocarían un atascamiento del equipo. Es por ello que el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal diseñar el sistema Cleaning In Place (CIP) para reducir el tiempo de limpieza en la separadora decantadora NX-934B, para poder diseñar el sistema CIP necesitamos diseñar el sistema de tuberías, el tanque de almacenamiento y seleccionar la bomba adecuada. El método usado para nuestra investigación es el método de diseño de ingeniería que propone el doctor (Espinoza, 2013) y (Pahl, y otros, 2007), en donde se propone un enfoque genérico para el diseño de sistemas y productos técnicos, este enfoque incluye varios pasos. Para los resultados se hace uso de un modelo matemático que estima el tiempo de limpieza en un sistema CIP, de acuerdo a los ciclos de lavado de nuestro sistema CIP, el tiempo total es de 46.7 minutos, lo cual representa un ahorro del 90.7 % comparado con el lavado manual que dura 8 horas. Se concluye que el diseño del sistema CIP reduce notablemente el tiempo de lavado de la separadora decantadora NX-934B.

Palabras claves: Cleaning In Place (CIP), Sistema de tuberías, Separadora centrífuga.

ABSTRACT

Currently the NX-934B decanter separators that operate in fishmeal and fish oil plants are washed manually, disassembling the equipment, investing too much time in the cleaning process. These separators are washed because in their process they accumulate residues on their internal walls, which must be removed, otherwise they would cause the equipment to jam. That is why the main objective of the present research work was to design the Cleaning In Place (CIP) system to reduce the cleaning time in the NX-934B decanter separator, in order to design the CIP system we need to design the piping system, the storage tank and select the appropriate pump. The method used for our research is the engineering design method proposed by the doctor (Espinoza Montes, 2013) and (Pahl, *et al.*, 2007), where a generic approach is proposed for the design of technical systems and products, this approach includes several steps. For the results, a mathematical model is used that estimates the cleaning time in a CIP system, according to the washing cycles of our CIP system, the total time is 46.7 minutes, which represents a saving of 90.7% compared with manual washing that lasts 8 hours. It is concluded that the design of the CIP system significantly reduces the washing time of the NX-934B decanter separator.

Keywords: Cleaning In Place (CIP), Piping system, Centrifugal separator.

INTRODUCCIÓN

En el primer capítulo se plantea la problemática, la cual manifiesta que el tiempo de lavado manual de la separadora decantadora NX-934B influye en la producción de harina y aceite de pescado, lo cual nos llevó a buscar una solución que es el uso del sistema Cleaning In Place (CIP) para limpiar las separadoras decantadoras en menor tiempo. El objetivo principal es diseñar el sistema CIP para limpiar la separadora decantadora NX-934B, esto nos lleva a los siguientes objetivos: diseñar un sistema de tuberías, tanques de almacenamiento y selección de la bomba.

En el segundo capítulo hace referencia las bases teóricas que sirvieron para nuestra investigación, se muestra las investigaciones anteriores acerca del diseño del sistema CIP, los cuales tienen aportes importantes que sirvieron en nuestra investigación, en las conclusiones de las investigaciones anteriores muestran los tiempos de limpieza obtenidos, los resultados de los cálculos del sistema de tuberías y de la bomba, los resultados del diseño de los tanques de almacenamiento. Estas investigaciones se centraron en limpiar un equipo en específico. En este capítulo también se desarrolla los conceptos de nuestras dimensiones e indicadores de la investigación para el diseño del sistema CIP, estas dimensiones e indicadores se pueden apreciar en el siguiente capítulo.

En el tercer capítulo se menciona las hipótesis y variables de la investigación, además se muestra un cuadro de operacionalización de variables que contiene las dimensiones e indicadores que ayudan a entender toda lo que comprende el diseño del sistema CIP para reducir el tiempo de limpieza de la separadora decantadora NX-934B.

En el cuarto capítulo explica la metodología de nuestra investigación tecnológica, la cual se basa en un método de diseño en ingeniería que comprende de varios pasos, este método de diseño son explicados a detalle en los libros de (Pahl, y otros, 2007) y (Espinoza, 2013), en la última parte de este capítulo se desarrolla el método de diseño que está comprendido por los siguientes pasos: Primer paso, aquí se

muestra una lista de requisitos que sugiere la empresa para el diseño del sistema CIP, se realiza un layout preliminar del sistema de tuberías y accesorios. Segundo paso, es el diseño conceptual en donde se usa estructuras funcionales como la caja negra, caja blanca y la matriz morfológica para encontrar la mejor solución para nuestro diseño del sistema CIP, se hace una evaluación técnica y económica de las alternativas de solución para el diseño. Tercer paso, se realiza todo el diseño de detalle que está comprendido por los cálculos para el diseño del sistema de tuberías, diseño del tanque y selección de la bomba de impulsión, todos los datos obtenidos se mencionan de forma ordenada en el capítulo de resultados. Ultimo paso, es la evaluación final de los pasos anteriores, se muestra el plano final a detalle del sistema CIP para lavar la separadora decantadora NX-934B, y se hace uso de un modelo matemático para indicar el tiempo de limpieza en un sistema CIP, este tiempo de lavado se compara posteriormente con el tiempo de lavado manual.

En el quinto capítulo se muestra todos los resultados obtenidos, los cuales se contrastan con la hipótesis general y las hipótesis específicas, es aquí donde se menciona el tiempo de lavado manual de la separadora y el tiempo de lavado con sistema CIP.

En sexto capítulo se discute los resultados obtenidos del diseño del sistema CIP con las investigaciones anteriores mencionadas en los antecedentes. Por último, se da las conclusiones y recomendaciones acerca del diseño del sistema CIP que realizo para lavar la separadora decantadora NX-934B.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática.

A nivel mundial, el sistema Cleaning In Place (CIP) es una técnica ampliamente utilizada en la industria alimentaria y farmacéutica. La implementación del CIP es factor importante a tomar en cuenta para la seguridad alimentaria y salud pública (Yang, 2018). Ahora bien, en las plantas de harina y aceite de pescado usan cada vez más el proceso de limpieza CIP para las separadoras decantadora.

A nivel nacional, existen muy pocas empresas pesqueras que usan separadoras decantadoras modernas que están predispuestas para la conexión del sistema CIP, cabe señalar que estas máquinas vienen así de fábrica. Además, se aprecia que la mayoría de empresas pesqueras que procesan harina y aceite de pescado, no usan la separadora decantadora con sistema CIP incluido de fábrica debido a su costo elevado. Por consiguiente, las empresas pesqueras mayormente usan las separadoras decantadoras NX-934B, cuyo modelo prevalece por su relación costo-beneficio; es decir que las empresas solo repotencian las separadoras decantadoras NX-934B para elevar su nivel de eficiencia; sin embargo, este modelo por ser antiguo no está diseñado para una conexión directa al sistema CIP, lo cual conlleva que actualmente se realice el lavado de esta máquina de forma manual.

Cabe mencionar que estas separadoras decantadoras se usan en la planta de producción de harina y aceite de pescado, específicamente en la sala de aceites. Su función es separar los sólidos del líquido que vienen de las prensas y por el mismo trabajo que realizan estas máquinas, poco a poco se va acumulando la materia prima dentro de su superficie interior. Debido a ello, estas máquinas tienen que lavarse cada cierto tiempo de producción.

De esta manera la investigación se va centrar en las separadoras decantadoras NX-934B, estas máquinas son lavadas en temporada de veda (la pesca se suspende alrededor de tres meses, en ese tiempo se paraliza la producción en planta); sin embargo, estos equipos deberían lavarse durante temporada de pesca (tres meses

aproximadamente), aprovechando las paradas de producción (alrededor de cuatro días). Ahora bien, estos tiempos entre paradas de producción son cortos e impredecibles, por tal motivo el área de mantenimiento no se arriesga a desmontar, desarmar el bowl y el tornillo helicoidal para un lavado intensivo, ya que ello tomaría demasiado tiempo. Y lo que normalmente hacen es circular agua a grandes revoluciones en la separadora, sin obtener una buena limpieza, ya que el tornillo helicoidal y la zona seca de la separadora sigue con suciedad.

El lavado completo de la separadora se realiza de forma manual culminando la temporada de pesca, el cual tiene una duración de 8 horas por cada separadora, ver ANEXO 24.

Después de identificar la realidad problemática, se investigó la manera de realizar el lavado de la separadora decantadora NX-934B en el menor tiempo posible, esto nos llevó a diseñar un sistema de limpieza in situ que viene a ser el sistema CIP, el cual hará el lavado sin necesidad de desarmar, ni desmontar la máquina.

1.2 Formulación del problema.

1.2.1 Problema General.

¿Cómo diseñar el sistema Cleaning In Place para reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado?

1.2.2 Problemas Específicos.

¿Cómo diseñar el sistema de tuberías que permita al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado?

¿Cómo diseñar los tanques CIP que permita al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado?

¿Cómo seleccionar el equipo de bombeo que permita al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado?

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General.

Diseñar el sistema Cleaning In Place para reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.

1.3.2 Objetivos Específicos.

Diseñar el sistema de tuberías que permita al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora de NX-934B una planta de harina y aceite de pescado.

Diseñar los tanques CIP que permita al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.

Seleccionar el equipo de bombeo que permita al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.

1.4 Justificación.

1.4.1 Justificación teórica.

El diseño del sistema de limpieza CIP está sustentado por el autor (Society of Dairy Technology, 2008), sostenido en teorías de pérdidas primarias y secundarias en tuberías, selección de bombas centrifugas, cálculos de diseño de tuberías. Lo cual presenta la aplicación de estos conocimientos

teóricos llevados a la práctica y soluciona el sistema lavado in situ de la separadora decantadora.

1.4.2 Justificación práctica.

Con la aplicación del sistema CIP, se va mejorar el procedimiento para el lavado de la separadora decantadora ya que no se va desmontar ni desarmar la máquina para su lavado, por el contrario, se hará ingresar un agente limpiador internamente que realice el lavado sin necesidad de desmontar ni desarmar la máquina.

1.4.3 Justificación económica.

Al implementar el diseño del sistema CIP para la separadora decantadora se mejorará la rentabilidad de la empresa, ya que el aceite de pescado será de mayor calidad lo cual tendrá un mayor valor en el mercado.

1.4.4 Justificación tecnológica.

La tecnología del sistema CIP aplicado a la separadora decantadora, representa un desafío, ya que muy pocas o casi ninguna empresa peruana del rubro pesquero aplica esta tecnología en dicha máquina. Con el diseño del sistema CIP las empresas solo buscarían alguna empresa que brinde el servicio de fabricación. El diseño se puede acomodar a las distintas plantas de harina y aceite de pescado que hay en el litoral peruano.

1.4.5 Justificación metodológica.

En este caso la justificación metodológica sería la aplicación del método de diseño conceptual, la cual se guía de Verein Deutscher Ingenieure (VDI) traducido es Asociación de Ingenieros Alemanes. Esta metodología se detalla en el capítulo de metodología la cual nos sirvió para diseñar el sistema CIP de manera estructurada.

1.5 Limitante de la Investigación.

La falta de información y la poca investigación realizada en la separadora decantadora, dificulta una investigación más profunda. La optimización de las variables de operación del sistema CIP no está en el alcance de esta investigación. El diseño de los tanques es complementario y no tema de estudio de esta tesis. No se diseñará el intercambiador de calor, ya que se va tomar el agua de la línea de condensado. Este sistema CIP diseñado no será automatizado. No se detallará el cordón y tipo de soldadura en el plano de diseño.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales.

Novak, (2020), en su tesis titulada “Optimal Strategy to Develop Cleaning Procedures for Filling Machines Equipped with Clean-in-Place (CIP) Technology”, cuyo objetivo general fue identificar posibles mejoras al proceso CIP, su siguiente objetivo la llevo a desarrollar mejoras potenciales del CIP a través de la experimentación numérica con el modelo del proceso, creando gráficos que relacionan el tiempo de limpieza con la velocidad del fluido. Usó una metodología de análisis y síntesis de ingeniería. Llego a las siguientes conclusiones:

El desarrollo del modelo permitió comprender el proceso y estimar el tiempo total necesario para limpiar una tubería.

Aunque el análisis se realizó sobre un sistema CIP específico para equipos de llenado, los principios se pueden aplicar a otras industrias y procesos.

De la tesis mencionada se puede extraer el modelo matemático del proceso CIP para estimar el tiempo necesario de limpieza.

Yang, (2018), en su tesis titulada “Novel Strategies for Cleaning-in-Place Operations”, cuyo objetivo fue investigar los diferentes enfoques para reducir el consumo de recursos y los costos de limpieza durante las operaciones del sistema CIP. Uso una metodología de estudio de mapeo y análisis con modelos matemáticos. Llegó a las siguientes conclusiones:

En uno de sus casos de estudio, concluye que las operaciones del sistema CIP basadas en mediciones actuales tienen como objetivo detener la

limpieza cuando la fase líquida está limpia o cuando la calidad del líquido de retorno es igual a la calidad del líquido fresco.

El aumento del caudal permite reducir el tiempo de limpieza. Sin embargo, a veces todavía pueden existir rastros poco visibles en las superficies que se van a limpiar, aunque las mediciones indiquen una señal "limpia".

De la tesis mencionada se puede extraer: los modelos matemáticos usados en el proceso del sistema CIP para controlar el tiempo de limpieza.

Revilla, (2018), en su tesis titulada "Sistema de limpieza CIP en una industria de fabricación de embutidos", cuyo objetivo fue la implantación de un sistema automático CIP en una fábrica de embutidos real que no cuenta con dicha tecnología, llegó a las siguientes conclusiones:

La instalación completa es de acero inoxidable, según la normativa que rige la industria alimentaria.

El diseño realizado está pensado para un uso intensivo del sistema CIP, con tiempos de limpieza muy optimizados. Los depósitos están sobredimensionados, ya que están pensados para el caso en el que se lavasen los 4 equipos simultáneamente (cosa que no va a pasar nunca, ya que el máximo son 2).

Esta tesis nos es de utilidad en el diseño de tanques de almacenamiento y selección de bombas para el sistema, quien se apoya de normas técnicas.

Muñoz, (2018), en su tesis titulada "Rediseño del sistema de captación de leche y red de tuberías con automatización para el transporte y limpieza de tres silos en la holandesa" cuyo objetivo fue rediseñar el sistema de captación de leche y red de tuberías con automatización para el transporte y limpiezas de tres silos en la Holandesa, llegó a las siguientes conclusiones:

La tubería se diseñó para un caudal de 30000 L/h demostrados en los cálculos mecánicos para los de llenado de silos, limpieza y retorno CIP.

La potencia de la bomba para el proceso de almacenaje de leche calculada fue de 5,58 kW y la seleccionada fue de 5,93 kW debido a su existencia en el mercado.

De la tesis mencionada se puede extraer los cálculos de la bomba de impulsión y del sistema de tuberías.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Ecuación general de la energía

Esta ecuación es de gran ayuda para el diseño del sistema CIP, especialmente en el diseño de tuberías y bomba, esta ecuación nos ayuda a resolver problemas de pérdida y ganancia de energía. Al respecto, Mott (2006) menciona lo siguiente:

“En la Figura 1 se muestra la interpretación lógica de la ecuación general de energía, la cual está representada por un sistema de flujo. Los términos E'_1 y E'_2 representan la energía que posee el fluido por unidad de peso en las secciones 1 y 2, respectivamente. Se muestran las energías agregadas, removidas y pérdidas h_A , h_R y h_L . Para un sistema tal, la expresión del principio de conservación de la energía es”:

$$E'_1 + h_A - h_R - h_L = E'_2 \quad (2-1)$$

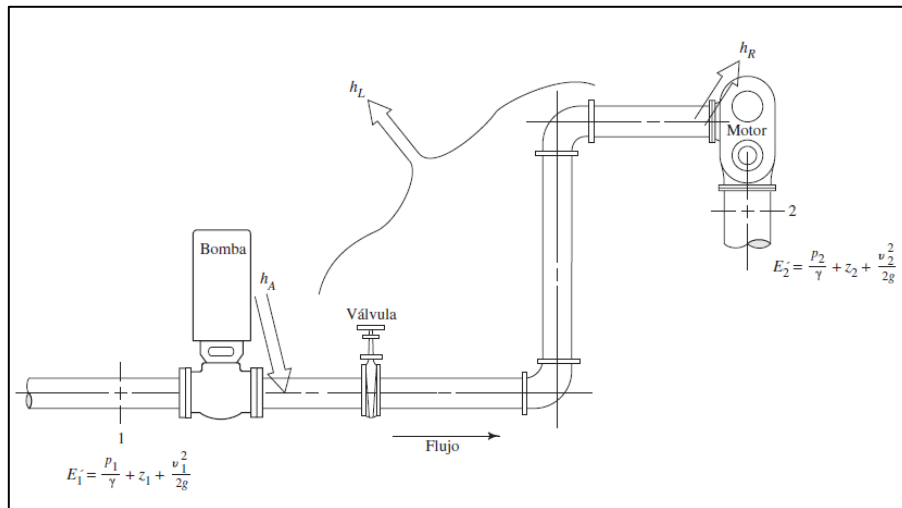


Figura 1 Sistema de flujo del fluido que ilustra la ecuación general de energía.

Fuente: (Mott, 2006).

Por lo tanto, la ecuación (2-1) se convierte en:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (2-2)$$

Esta es la llamada ecuación general de energía que usaremos en parte de la investigación. Cada término de la ecuación (7-2) representa una cantidad de energía por unidad de peso de fluido que circula en el sistema.

2.2.2 Pérdida por fricción en flujo turbulento

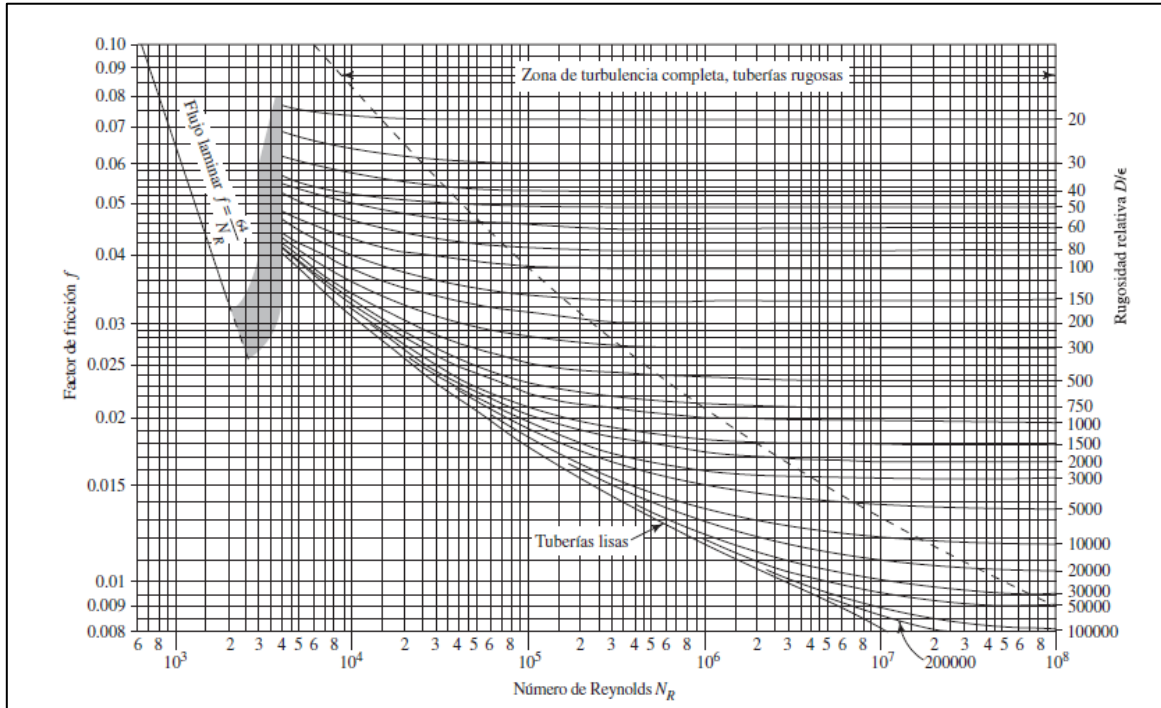
En sistema con flujo turbulento se usará la ecuación de Darcy para calcular la pérdida de energía por fricción. Para determinar el valor de factor de fricción (f) se recurre a datos experimentales.

Este factor de fricción experimental depende del número de Reynolds y de la rugosidad relativa de una tubería. Según Mott (2006) menciona lo siguiente:

“Uno de los métodos más utilizados para evaluar el factor de fricción emplea el diagrama de Moody que se presenta en el gráfico 1. La gráfica muestra el factor de fricción f versus el número de Reynolds N_R , con una serie de curvas

paramétricas relacionadas con la rugosidad relativa ϵ/D . Estas curvas las generó L. F. Moody a partir de datos experimentales”.

Gráfico 1 Diagrama de moody



Fuente: (Mott, 2006)

Hay varias fórmulas para determinar directamente el factor de fricción, pero, la que más se acerca al factor de fricción experimental es la ecuación de Pavlov.

2.2.3 Selección de bombas.

Las bombas se utilizan para impulsar líquidos a través de sistemas de tuberías. “En la ecuación general de la energía, se aprendió a determinar la energía que una bomba agrega al fluido, la cual se denominó h_A . Al despejar h_A de la ecuación general de la energía, se llega a la siguiente ecuación” (Mott, 2006):

$$\text{CARGA TOTAL DE LA BOMBA} \quad h_A = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_L \quad (2-3)$$

A este valor de h_A se le llama carga total sobre la bomba. Algunos fabricantes de bombas se refieren a él como carga dinámica total (TDH) o altura dinámica total (ADT).

Según Mott (2006), al seleccionar una bomba para una aplicación específica, debe considerar los factores siguientes:

- Naturaleza del líquido por bombear.
- Capacidad requerida (flujo volumétrico).
- Condiciones del lado de succión (entrada) de la bomba.
- Condiciones del lado de descarga (salida) de la bomba.
- Carga total sobre la bomba (término h_A de la ecuación de la energía).
- Tipo de sistema donde la bomba impulsa el fluido.
- Tipo de fuente de potencia (motor eléctrico, motor Diesel, turbina de vapor y otros).
- Costo de adquisición e instalación de la bomba.
- Costo de operación de la bomba.

Los catálogos de bombas y los representantes del fabricante proporcionan la información necesaria para seleccionar y cumplir con las especificaciones de las bombas y accesorios.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Descripción del sistema CIP

Según Yang (2018) y Society of Dairy Technology (2008) describen al Sistema CIP de la siguiente manera:

El sistema CIP consiste en limpiar los componentes de una planta sin desmontar ni desarmar el equipo y con poca o ninguna participación manual de los operarios. Un típico sistema CIP utiliza recipientes para el almacenamiento y recuperación de soluciones de limpieza, una serie de tuberías, bombas, válvulas e instrumentos de campo para transferir y controlar los flujos de líquidos.

Según Moerman *et al.* (2013), los cuales describen al sistema CIP de la siguiente manera:

El sistema de limpieza CIP está diseñado para proporcionar una rápida, productiva, consistente y alta calidad de limpieza de todas las superficies en contacto con el producto, mediante la circulación de soluciones químicas (detergentes y desinfectantes) a través de tanques y tuberías de alimentación, en condiciones de mayor turbulencia y velocidad de flujo.

Para nuestro diseño, el sistema CIP consiste en el uso de tanques de almacenamiento, una red de tuberías, bomba de impulsión, bomba de retorno y accesorios para hacer circular las soluciones químicas y agua hacia la separadora decantadora NX-934B, la cual se va limpiar internamente sin necesidad de desmontarlo, ni desarmarlo.

Tipos de sistemas CIP y su funcionamiento

Los tipos de sistema CIP se describen de acuerdo al autor Moerman *et al.* (2013). Los cuales mencionan que hay cuatro tipos de sistema CIP:

- Limpieza de llenado, hervido y vaciado.
- Sistema CIP de vía única.
- Sistema CIP de un solo uso.
- Sistema CIP de reutilización.

En nuestra investigación el tipo de sistema CIP es de reutilización, está compuesto de tres tanques CIP (soda, agua y ácido), bomba de suministro, bomba de retorno, tuberías y accesorios (ver Figura 2).

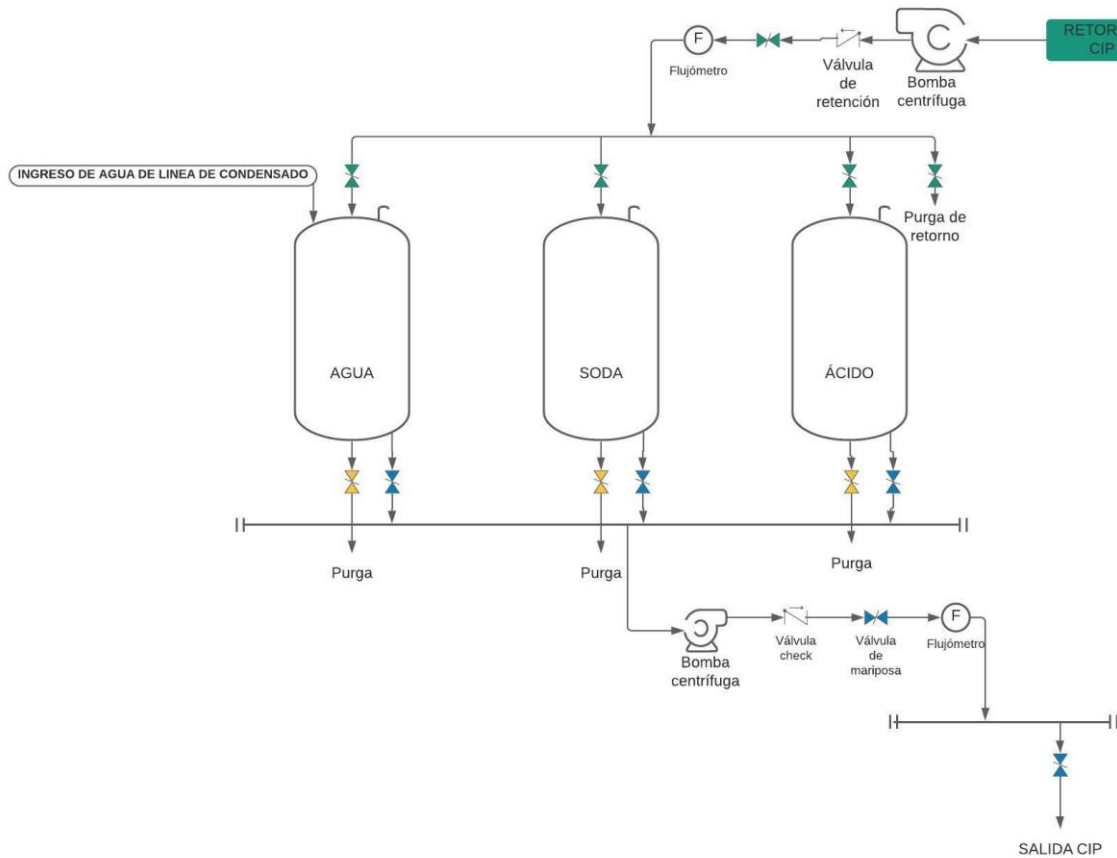


Figura 2 Diagrama de sistema CIP diseñado

Ventajas del sistema CIP:

- Adecuado para limpiar una amplia selección de equipo de proceso.
- Esfuerzo manual mínimo.
- Fácil de automatizar.
- Higiene mejorada.
- Trazabilidad de las operaciones de limpieza.
- Reducción del tiempo de inactividad de la planta de procesamiento.
- Desgaste y daños reducidos durante el desmontaje.
- Menor impacto ambiental
- Ahorro de costes considerable
- Mayor seguridad para el operador.

Desventajas del sistema CIP:

- Alto costo del capital.
- Menos adecuado para eliminar suelos pesados insolubles.
- El equipo de proceso debe estar diseñado higiénicamente.
- Incremento del mantenimiento.

2.3.2 Diseño de sistema CIP

Antes de proceder con los cálculos del diseño, primero se reconoce la maquina a lavar, con el sistema CIP, en su fase de operación normal.

La separadora decantadora NX-94B se encuentra en la sala de aceites o también conocida como sala de centrifugas donde se procesa el caldo de la anchoveta proveniente de las prensas, dicho caldo llamado licor de prensas pasa por la separadora de solidos (separadora decantadora NX-394B), quien separa el solidos de los líquidos, estos líquidos llamados licor de separadoras pasa a la centrifuga para separar el aceite del agua, esto se muestra de manera esquemática en el ANEXO 18.

“Las unidades del sistema Cleaning In Place se componen de tanques para el almacenamiento y recuperación de soluciones de limpieza, junto con válvulas, bombas, tuberías e instrumentación de campo para permitir la limpieza” (Society of Dairy Technology, 2008).

Nuestro diseño del sistema CIP se compone de las siguientes dimensiones: Diseño del sistema de tuberías, diseño de los tanques de almacenamiento y selección de la bomba.

a) Diseño de sistema de tuberías del sistema CIP

Primeramente, se realiza el layout de la red de tuberías para nuestro sistema CIP la cual se va situar en la zona costera, cerca al mar, que es donde está la planta de harina y aceite de pescado.

Se toma todas las medidas de longitud de tuberías y se selecciona los accesorios que se usaran en la red de tuberías, así como su disposición.

Para el diseño del sistema de tuberías se requiere de los siguientes indicadores: Cálculo del diámetro de tubería, selección del material y espesor de tubería, selección de accesorios, cálculos de pérdidas de carga y caída de presión.

- Cálculo del diámetro de tubería:

Un factor importante para el diseño del sistema de tuberías es la velocidad que alcanza el fluido al interior de la tubería.

La velocidad del fluido depende del caudal y del diámetro interno de la tubería. Existe un rango de valores de la velocidad dependiendo del tipo de fluido que se trate, se puede apreciar estos valores en la Tabla 1. Los valores que se recogen en la tabla son los que normalmente se usan, sin embargo, se puede requerir de velocidades que estén fuera de los rangos indicados (Darby, R., 2001).

Tabla 1 Velocidades recomendadas para fluidos de tuberías

Fluido	Tipo de fluido	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 - 1	0.15 - 0.30
	Entrada de bomba	1 - 3	0.3 - 0.9
	Salida de bomba	4 - 10	1.2 - 3
	Línea de conducción	4 - 8	1.2 - 2.4
Líquido viscoso	Entrada de bomba	0.2 - 0.5	0.06 - 0.15
	Salida de bomba	0.5 - 2	0.15 - 0.6
vapor de agua		30 - 50	9 - 15
aire o gas		30 - 100	9 - 30

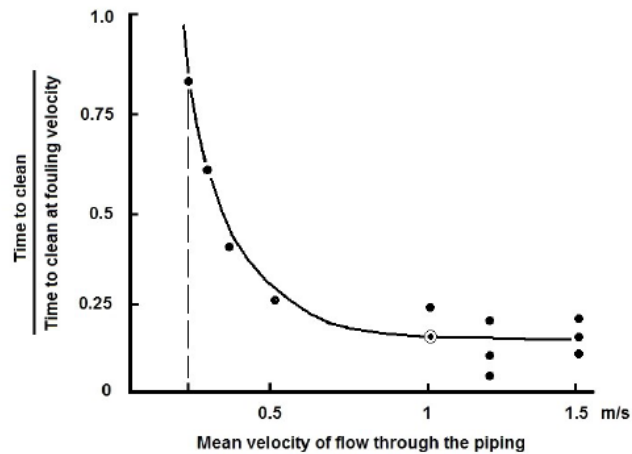
Fuente: (Darby, R., 2001).

Ahora bien, la velocidad del fluido es uno de los factores relacionado con el tiempo de limpieza.

Timperley y Smeulders en 1988 estudiaron la limpieza de un intercambiador de calor y encontraron que el tiempo de limpieza disminuye alrededor del 90% al aumentar la velocidad de flujo de 0,2 a 1,5 m/s. También se notó que la principal reducción del tiempo de limpieza que es alrededor del 70 %, se

obtiene con el aumento de velocidad del fluido de 0,2 a 0,5 m/s. Después de 0,5 m/s la tasa de mejora disminuye, con una asíntota alrededor de 1,5 m/s. Moerman *et al.* (2013) (ver Gráfico 2).

Gráfico 2 Relación de la velocidad del flujo con el tiempo de limpieza



Fuente: (Moerman, y otros, 2013)

Estos datos experimentales son usados como base en los sistemas CIP que se usan actualmente para limpiar un determinado equipo. Es por ello que la velocidad de los agentes de limpieza para un sistema CIP no debe ser menor de 1.5 m/s.

Ahora bien, para un caudal determinado y seleccionando la velocidad máxima del sistema, se determina inmediatamente el diámetro mínimo de la tubería, para determinar el valor del diámetro se usa la ecuación (2-4). Luego se debe escoger el diámetro comercial inmediato superior a dicho valor de diámetro mínimo encontrado. Este valor final viene a ser el diámetro óptimo de conducción, ya que representa el menor coste posible, debido a que a mayor diámetro de la tubería mayor es el costo de material.

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (2-4)$$

Donde:

V: velocidad de flujo

Q: Caudal

D: Diámetro interno

- Selección del material y espesor de tubería:

Según Mott (2006), respecto a la selección de material de la tubería menciona lo siguiente:

“la selección del material de la tubería debe atender las temperaturas de operación, la ductilidad, la dureza, la resistencia al impacto, resistencia a la radiación del sol, las condiciones del medio ambiente, la protección contra la corrosión, fabricación de las conexiones de la tubería e instalación de accesorios”.

Tomando los criterios mencionados por Mott, se optó por el acero inoxidable 304 que se adapta mejor a nuestro sistema CIP por sus propiedades y características que presenta según la norma AISI, ver ANEXO 3.

Para determinar el espesor de la tubería nos basaremos en el código ASME B31.3 que, según su alcance, abarca plantas de procesos donde se usan productos químicos, agua y otros. El cual considera la presión interna, los esfuerzos permisibles del material de la tubería según temperatura de operación, método de fabricación de la tubería, tolerancia a la corrosión, factor de calidad y factor de corrección del espesor de pared. Ver siguiente formula:

$$t = \frac{PD}{2(SEW + PY)} \quad (2 - 5)$$

Donde:

t: Espesor básico de pared (pulg)

- P: Presión interna de diseño (psi)
- D: Diámetro externo de tubería (pulg)
- S: Esfuerzo permisible en tensión (psi)
- E: Factor de calidad junta longitudinal
- W: Factor de reducción de resistencia de la junta soldada
- Y: Factor de corrección con base al tipo de material y temperatura

Para resolver la ecuación (2-5) se usa tablas mostradas en ANEXO 4, ANEXO 5, ANEXO 6, ANEXO 7, ANEXO 8, luego el espesor mínimo de la pared se ajusta como sigue:

$$t_{min} = t + A \quad (2 - 6)$$

“Donde A es la tolerancia a la corrosión la cual se basa en las propiedades químicas de la tubería con el fluido y la vida de diseño de la tubería. Normalmente se emplea un valor de 0.08 pulg” (Mott, 2006).

Ahora bien, la tubería comercial se fabrica con una tolerancia sobre el espesor de la pared. Por lo tanto, el espesor de la pared nominal se calcula de la siguiente forma:

$$t_{nom} = 1.143t_{min} \quad (2 - 7)$$

Al combinarse las ecuaciones (2-6) y (2-7) queda:

$$t_{nom} = 1.143 \left[\frac{PD}{2(SEW + PY)} + A \right] \quad (2 - 8)$$

Cabe mencionar que nuestro sistema CIP trabaja con una presión de 2 bar y la temperatura máxima de trabajo del fluido es de 70 ° C.

- Cálculo de la pérdida de carga:

“Las pérdidas de carga debido a la fricción se calculan por pérdidas en flujo turbulento usando la ecuación de Darcy-Weisbach (2-9) y para perdidas

menores debido a los accesorios que se encuentran en el sistema de tuberías se usa la formula (9)” Mott (2006).

Antes de calcular las pérdidas de carga, se realiza un registro de los accesorios según el layout preliminar del sistema CIP en la planta y según criterio de diseño, para tener saber la longitud total de tubería y la cantidad de accesorios.

Una vez seleccionado todos los accesorios, podemos calcular las pérdidas primarias por fricción:

$$hL = f \frac{LV^2}{D 2g} \quad (2-9)$$

hL: perdida por fricción primaria

f: factor de fricción

L: longitud de tubería

v: velocidad de flujo

D: diámetro interno de tubería

g: gravedad

El factor de fricción “f” está en función del tipo de flujo y se calcula con el diagrama de Moody o por ecuación de Pavlov (2-10), para ello debemos saber el número de Reynolds (8) y la rugosidad del material a usar (ANEXO 13).

$$f = \left\{ -2 \log \left[\frac{1}{3.7} \left(\frac{\epsilon}{D} \right) + \left(\frac{6.81}{Re} \right)^{0.9} \right] \right\}^{-2} \quad (2-10)$$

f: factor de fricción

Re: número de Reynolds

ϵ/D : rugosidad relativa

$$Re = \frac{4Q}{\pi Dv}$$

Q: caudal

D: diámetro interno de tubería

v: velocidad de flujo

Las pérdidas secundarias de energía debido a la fricción son proporcionales a la carga de velocidad del fluido, cuando se traslada por un codo, expansión o contracción de la sección de flujo, o por una válvula. Los valores experimentales de las pérdidas de energía por fricción se establecen con el coeficiente de resistencia K como sigue:

$$hS = K \frac{v^2}{2g} \quad (2-11)$$

La ecuación para determinar el coeficiente de resistencia “K” es de la siguiente forma:

$$K = \left(\frac{L_e}{D}\right) f_T \quad (2-12)$$

Donde:

Le: longitud equivalente

D: diámetro interior real de tubería

Ft: es el factor de fricción en la tubería que está conectada a la válvula o accesorio.

Los valores del coeficiente de resistencia para cada accesorio se pueden encontrar en el ANEXO 10.

Finalmente, las pérdidas de carga por fricción total del sistema se determinan con la suma de perdidas primarias y secundarias.

El rozamiento del fluido en las tuberías provoca una caída de presión en el sistema.

b) Diseño de los tanques del sistema CIP

El elemento central después de tener definido el sistema de tuberías es el depósito en el que se almacenaran los agentes limpiadores según (Revilla Romero , 2018) en nuestra tesis proponemos el uso de tres tanques: tanque de almacenamiento de agua, solución alcalina y solución ácida. Dichos tanques almacenarán los agentes limpiadores mientras no se esté en uso el sistema. Y durante el uso tendrán la función de un tanque pulmón, los cuales serán parte de un sistema cerrado debido a que la solución alcalina y ácida, se recuperará, salvo en un caso particular que el operador decida realizar un lavado a fondo perdido con la solución alcalina o solución ácida, donde toda la solución durante el lavado no retornará.

c) Selección de equipo de bombeo del sistema CIP

Para la selección de la bomba trabajaremos con los siguientes indicadores: carga total sobre bomba, la potencia requerida, carga de succión neta positiva, curva del sistema y de la bomba, selección de la bomba.

- Cálculo de la carga total sobre la bomba.

Con la ecuación general de energía se determina la energía que una bomba entrega al fluido, la cual se denomina h_A :

$$h_A = \frac{p_2}{\gamma} - \frac{p_1}{\gamma} + z_2 - z_1 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + h_L \quad (2-13)$$

Donde:

Z_i : es la elevación del punto i (m)

P : es la presión en el punto i (Pa)

v_i es la velocidad media del fluido en el punto i (m/s)

α_i es el coeficiente de coriolis. Es igual a 2 para flujo laminar ($Re \leq 2000$) y vale 1 para flujo turbulento ($Re \geq 4000$)

h_L son las pérdidas de presión por fricción

h_A es la carga total sobre la bomba.

A este valor h_A se le denomina Carga Total sobre la Bomba, algunos fabricantes lo llaman carga dinámica total (TDH) o también llamado ADT (Altura Dinámica Total de bombeo)

- Cálculo de la potencia de la bomba

La potencia requerida de la bomba va depender de la carga total sobre la bomba, de la naturaleza del fluido, del caudal de operación.

$$P_B = h_A * Q * \gamma \quad (2-14)$$

h_A : altura de la bomba

Q : caudal

γ : peso específico

P_B : Potencia de la bomba

La bomba centrífuga va ser accionada por un motor eléctrico, en esta transmisión de energía existe una pérdida, la cual se mide con la eficiencia según cada catálogo de fabricante.

$$\eta = \frac{P_B}{P_I} \quad (2-15)$$

η : eficiencia

P_B : Potencia de la bomba

P_I: Potencia del motor

- Cálculo de la carga de succión neta positiva

Es un factor importante para la selección de la bomba. En el diseño de sistema de tuberías, el lado de succión debe proporcionar una presión suficiente para evitar el desarrollo de burbujas de vapor en el fluido, a esta condición se le llama cavitación. La presión de vapor del fluido determina en que condición se forma las burbujas de vapor.

Los fabricantes de bombas prueban sus diseños para verificar el nivel de la presión de succión que se requiere, con la finalidad de evitar la cavitación, esto es la carga de succión neta requerida NPSH_R. Ahora bien, en el diseño de sistema de tuberías se tiene carga succión neta positiva disponible NPSH_D, y se debe cumplir lo siguiente:

$$NPSH_D > NPSH_R$$

El cálculo del NPSH_D va depender de la presión de vapor del fluido a usar, de las pérdidas de energía en el lado de succión, la ubicación del tanque CIP y la presión sobre este. Como sigue:

$$NPSH_D = \frac{P_E - P_V}{\gamma} = \frac{P_1 - P_V}{\gamma} + Z_1 - h_f \quad (m)$$

Donde:

P_E: Presión a la entrada de la bomba

P_V: Presión de vapor (ver ANEXO 22)

γ: Peso específico

Z₁: Altura de succión

h_f: pérdidas de energía en succión

- Curva característica de la bomba y del sistema

Para la selección adecuada de la bomba se recurre a las llamadas curvas características de la bomba, aportadas por el fabricante de las mismas. Se necesitan tres curvas diferentes:

- Las de caudal y carga de la bomba, llamadas curvas Q - H
- Las de potencia del motor necesario, kW
- Las de Carga Positiva Neta de Aspiración Requerida (NPSHr).

El modo de proceder, en el caso de las bombas centrífugas, al empleo de estas curvas es el siguiente, según (Darby, R., 2001):

- Conocer el fluido a bombear, la temperatura de bombeo y las propiedades físicas del fluido (densidad y viscosidad) a dicha temperatura.
- Establecer el caudal volumétrico a desarrollar (m³/h).
- Conocer la carga de la bomba, para lo que hay que determinar previamente las alturas totales de impulsión y aspiración.
- Con el valor de la carga y caudal acudimos a la gráfica de rango de operación de Hidrostaal, se selecciona el rango de operación de la bomba. Cada rango presenta unas cuantas curvas QH.
- Con la carga y el caudal encontrado, nos dirigimos a la curva QH de la bomba y fijando estas dos magnitudes se puede determinar el diámetro del rodete de la bomba, que en caso de no resultar un valor exacto se escoge el rodete mayor más cercano.
- El valor leído en la curva ha de incrementarse en un 15% como margen de seguridad.

- Finalmente y en la curva de $NPSH_R$ se determina dicho valor, para el caudal desarrollado.

- Selección de la bomba

Para nuestro sistema CIP se usará la bomba centrífuga (ver Figura 3), según (Darby, R., 2001) menciona lo siguiente:

Este tipo de bomba está muy extendido ya que cuenta con una gran variedad de aplicaciones. Están especialmente indicadas para el manejo de productos de baja viscosidad, no siendo aptas para líquidos fuertemente aireados. Este tipo de bomba es la más económica en cuanto a costo, operación y mantenimiento, y también la más adaptable a diferentes condiciones de operación.



Figura 3 Bomba centrífuga.

Fuente: (HIDROSTAL, 2015)

2.3.3 Tiempo de lavado en separadora decantadora

Este tiempo de lavado depende del método de limpieza que se va usar, esto puede ser por lavado manual o por sistema CIP. Primeramente, describiremos a la separadora decantadora, que nuestro objetivo a lavar.

Separadora decantadora

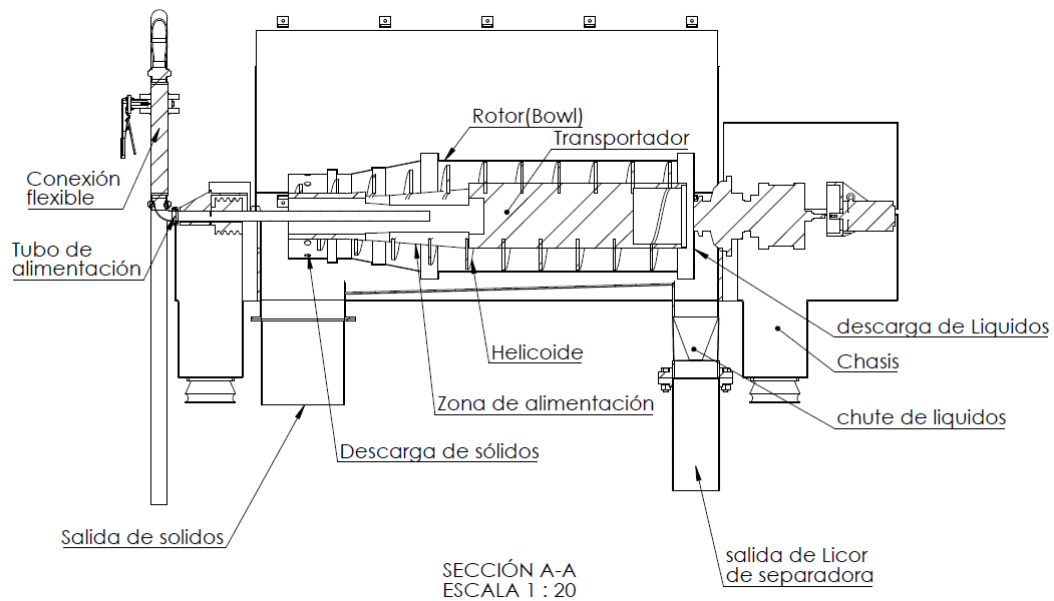


Figura 4 Corte transversal de la separadora decantadora NX-934B

La separadora decantadora NX-934B que opera en la planta de harina y aceite de pescado funciona del siguiente modo: el caldo de anchoveta que proviene de las prensas conocido también como licor de prensas ingresa a la separadora decantadora por la parte cónica del rotor, a través de un conducto de alimentación situado en el centro del eje hueco. Después de salir de este conducto, el caldo de prensa se distribuye dentro del rotor que gira hasta conseguir la velocidad de rotación máxima. La fuerza centrífuga hace que los sólidos en suspensión se vayan depositando en las paredes internas del rotor. El tornillo transportador va desplazando esos sólidos que están en las paredes internas hacia la parte cónica del rotor.

La separación de los sólidos tiene lugar a lo largo de la parte cilíndrica del rotor y el líquido separado sale por su extremo de mayor diámetro por desbordamiento a través de las aberturas de salida.

Los sólidos salen por el extremo de menor diámetro, por la fuerza centrífuga que los impulsa hacia las aberturas de salida.

Si la separadora no se lava correctamente, los residuos se van acumulando en la pared interna del bowl, originando vibraciones no deseadas y atascamientos. A continuación, describimos los indicadores del método de limpieza para nuestra separadora decantadora: lavado manual y lavado con sistema CIP.

- Lavado manual de la separadora decantadora

Para el lavado manual de la separadora decantadora se tiene dos métodos, uno es cuando se hace circular solo agua en la maquina sin desarmarla ni desmontarla y otro es cuando se da el mantenimiento general de la separadora (tiempo de veda), aquí se desmonta totalmente la separadora realizando el proceso de limpieza con una hidrolavadora u otro equipo.

Primer método, según ALFA LAVAL (2010):

Antes de parar la separadora decantadora, se debe asegurar que se descarguen los sólidos residuales aumentando la velocidad diferencial y lavando con agua hasta que el líquido descargado parezca limpio.

Desconectar el motor y continuar lavando. Cerrar la válvula de alimentación del agua antes de que se del rotor alcance una velocidad menos que 300 rpm.

No limpie el decantador cuando está inactivo o rotando menos de 300 rpm.

Comprobar si el lavado ha tenido el efecto buscado, por ejemplo, viendo si el rotor gira fácilmente a mano mientras se mantiene fijo el eje del planetario. Si no, lavar el rotor a fondo con agua girando el rotor a más que 300 rpm inmediatamente después de pararla, porque es más fácil quitar los depósitos blandos y húmedos que los endurecidos por haber tenido la máquina cierto tiempo sin funcionar.

Limpiar la parte superior e inferior de la carcasa cada seis meses o a los intervalos que el proceso requiere.

Un consejo práctico: El período de lavado necesario depende de las condiciones de funcionamiento a pie de obra. Si el decantador produce demasiadas vibraciones durante el arranque y estas vibraciones excesivas disminuyen al nivel normal durante el funcionamiento, debe ser alargado el período de lavado al parar el decantador. Si se en ningún caso producen vibraciones excesivas, el período de lavado determinado es adecuado.

Si la limpieza como se acaba de indicar no da resultados, hay que desmontar el rotor para limpiarlo. Cabe indicar que este método no es efectivo.

Segundo método, según ALFA LAVAL (2010):

Una vez parada la máquina, se prepara las herramientas necesarias para el desmontaje, el operario debe usar el EPP adecuado.

Se realiza el desmontaje y desarmado total de la separadora, se debe proteger el motor eléctrico, la caja de conexiones, los cojinetes y otros componentes que pueden estar expuestos al lavado a presión, ya que ello conlleva a la oxidación y corrosión (Centrisys).

Remover manualmente los sólidos adheridos a las paredes del bowl y del transportador helicoidal (ver

Figura 5). Luego lavar el bowl, el tornillo helicoidal y demás componentes con a agua a presión haciendo uso de una hidrolavadora (ver Figura 6). Finalmente, se arma los componentes de la separadora decantadora y se realiza el montaje en su lugar de trabajo.



Figura 5. Remocion de solidos de la separadora.

Fuente: KROST INGENIERIA



Figura 6 Proceso de limpieza manual de la separadora.

Fuente: (Centrisys)

Este método tiene una duración aproximada de 8 horas.

- Lavado de la separadora decantadora con sistema CIP.

El siguiente autor menciona los siguiente, respecto al uso del sistema CIP en la separadora decantadora:

El sistema CIP es una opción muy útil y necesaria para la separadora decantadora. Se utiliza en muchos procesos que utilizan productos alimenticios, farmacéuticos y bioquímicos. Poder limpiar una separadora decantadora con altos niveles de higiene, sin necesidad de desmontarlo, permite el uso de decantadores cuando de otro modo sería imposible. (Sutherland, y otros, 2001).

Ahora bien, “este lavado de la separadora conlleva un tiempo determinado que va depender de la velocidad de flujo, de la temperatura y concentración del detergente; estos dos últimos factores está asociado con las recomendaciones del proveedor del detergente” (Society of Dairy Technology, 2008). Estos factores que se relacionan entre sí, se pueden explicar con el circulo de Sinner.

El circulo Sinner

H. Sinner propone que la energía necesaria para remover los residuos en las superficies de una maquina pueden ser divididos en cuatro factores: Concentración química del agente limpiador, temperatura del agente limpiador, fuerza mecánica (velocidad de flujo), tiempo de contacto del agente limpiador con la superficie (ver Figura 7).

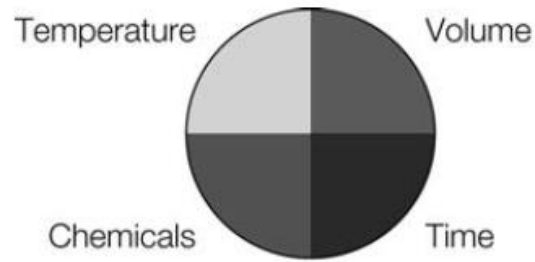


Figura 7 Círculo de Sinner.

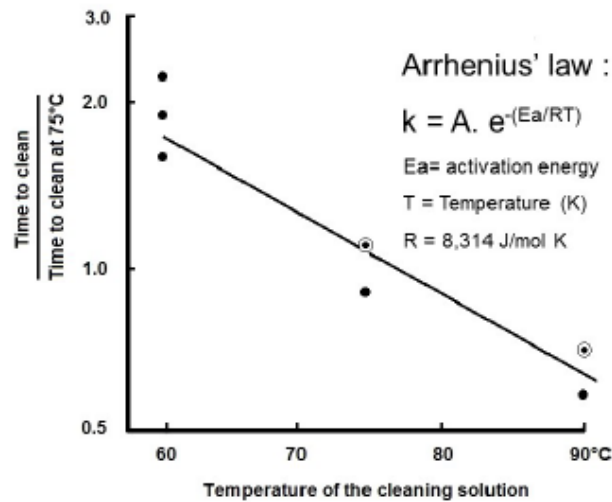
Fuente: (Society of Dairy Technology, 2008)

A continuación, se detallará los factores relacionados con el tiempo de lavado.

Temperatura

De acuerdo a un estudio realizado por Timperley and Smeulders en 1988, demostraron que el logaritmo natural del tiempo de limpieza es inversamente proporcional a la temperatura absoluta (ver Gráfico 3). En la ecuación de Arrhenius, el logaritmo de la velocidad de reacción también es inversamente proporcional a la temperatura absoluta, lo que significa que cuanto mayor es la temperatura de la solución de detergente, más efectiva es su acción limpiadora (Moerman, y otros, 2013).

Gráfico 3 Relación de la temperatura con el tiempo de limpieza



Fuente: (Moerman, y otros, 2013)

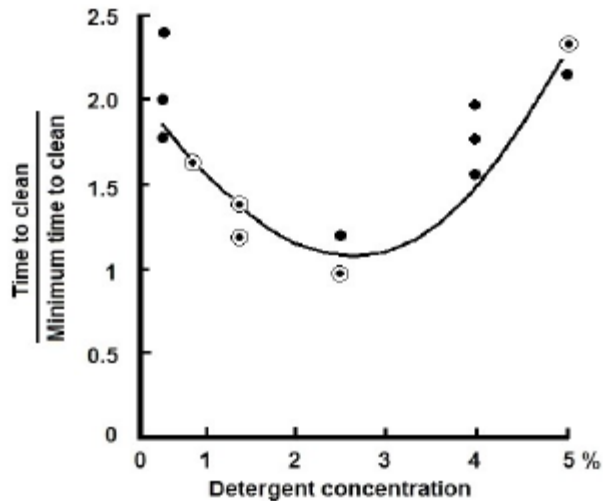
De acuerdo a ALFA LAVAL (2010), la temperatura de lavado con el sistema CIP usando el agua o soda está en el rango de 60 a 70 ° C, si usamos ácido nítrico la temperatura está en el rango de 20 a 30 ° C. Esta temperatura se puede alcanzar con el uso de un intercambiador de calor.

Concentración del detergente

Está relacionado con el tipo de suciedad y equipo o maquina a limpiar, según el estudio realizado por

Timperley and Smeulders en 1988 en su proceso de limpiar un intercambiador de placa en una planta de lácteos, obtuvieron mejores resultados con una concentración de detergente del 2.5 % (ver Gráfico 4). Se demostró que aumentar la concentración del detergente por encima de 2.5 % aumenta el tiempo de limpieza. Por lo tanto, es importante monitorear la concentración de la solución de detergente, porque a menudo las concentraciones altas (2-3%) no son económicas (Moerman, y otros, 2013).

Gráfico 4 Relación de la concentración del detergente con el tiempo de limpieza



Fuente: (Moerman, y otros, 2013)

En nuestro sistema CIP usaremos soda caustica donde su valor de pH, para obtener un resultado satisfactorio, esta entre 12 y 13, la solución debe estar al 1.5-2%. Si usamos ácido nítrico la concentración debe tener un valor aproximado de 1 pH aproximadamente.

La relación de la velocidad con el tiempo de limpieza se explicó en el capítulo de diseño de sistema de tuberías del sistema CIP (ver Gráfico 2).

Según ALFA LAVAL (2010), Una limpieza química de la separadora decantadora se realiza en dos fases: Alta velocidad y Baja velocidad

Limpieza a velocidad alta:

La limpieza durante la alta velocidad normalmente se realiza a una velocidad 10-15% inferior a la velocidad operativa normal (rpm). Esto se realiza para evitar una sobrecarga innecesaria del motor principal, ya que durante este procedimiento de CIP debe anticiparse un consumo de energía menor.

El lavado de la decantadora se realiza según los parámetros establecidos por Alfa Laval (ver ANEXO 2), la separadora NX-934B tiene un rotor con diámetro de 480 mm. Esta fase de alta velocidad se hace ingresar agua caliente, que se puede extraer de la línea de condensado, la cual se introduce en la separadora para eliminar los restos del proceso.

Los restos sólidos que todavía puedan permanecer en el rotor tras la limpieza de alta velocidad se eliminarán durante la siguiente fase: es decir, la fase de baja velocidad.

Limpieza a velocidad baja:

Para poder realizar la CIP de baja velocidad, el motor principal debe estar equipado con un convertidor de frecuencia para controlar la velocidad.

En esta fase de limpieza se hace uso del agua, soda o ácido según sea el caso. Para intensificar el efecto de los detergentes, estos se calientan. En esta fase se produce la mayor remoción de suciedad debido a la velocidad tangencial de arrastre que se forma proporciona un efecto de limpieza óptimo (ver ANEXO 2).

Finalmente, el tiempo de limpieza de una separadora decantadora con el sistema CIP varia en el rango de 5 minutos a 1 hora aproximadamente, la reutilización del agente limpiador es esencial para mantener un funcionamiento económico. En el ANEXO 11 se muestra nuestra secuencia de lavado para nuestro sistema CIP diseñado.

2.4 Definición de términos básicos:

SISTEMA CIP: es un método de limpieza que se aplica para remover residuos de los equipos en planta y de sistemas de tuberías sin necesidad de desmontar ni desarmar. Este sistema está provisto de un agente limpiador que circula dentro del equipo o tubería que se ha de limpiar (Moerman, y otros, 2013).

SEPARADORA DECANTADORA: Esta máquina opera principalmente por sedimentación, proceso que provoca la separación de los sólidos en suspensión en virtud de su mayor densidad que el líquido en el que están suspendidos. Otras teorías que están incluidas en su funcionamiento son: La fuerza de aceleración centrífuga (fuerza G), la diferencia de velocidad entre el bowl(rotor) y el transportador helicoidal y el balance de masa a través del decantador (Sutherland, y otros, 2001).

AGENTES LIMPIADORES: son los productos químicos que se usan en el proceso de limpieza del sistema CIP, los cuales deben tener un alto poder humectante para reducir la tensión superficial del medio de limpieza y poder penetrar en la suciedad, deben tener un alto poder de suspensión y emulsión para poner en suspensión la suciedad insoluble (Moerman, y otros, 2013).

API 620: Es un segmento del API que cubre a los tanques de almacenamiento que contienen producto intermedio y finales del petróleo, así como otros productos líquidos almacenados en las diversas ramas de la industria. Se usa en la fabricación de tanques que trabajan a baja presión (American Petroleum Institute, 2002) .

ASME B31-3: Las reglas del Código de Tuberías de Proceso, Sección ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Americanos) B31.31 se han desarrollado teniendo en cuenta las tuberías generalmente usadas en refinerías de petróleo; plantas químicas, farmacéuticas, textiles, de papel, de semiconductores y criogénicas, y en plantas y terminales relacionados con el procesamiento (ASME B31.3 , 2010).

CAVITACIÓN: “Cuando la presión de succión en la entrada de la bomba es demasiado baja, se forman burbujas en el fluido, como si hirviera. Estas burbujas colapsan cuando llegan a las zonas de presión más alta. El colapso de las burbujas libera grandes cantidades de energía, lo que afectaría las aspas del impulsor de la bomba y ocasionaría la erosión rápida de su superficie” (MOTT, 2006).

BOWL: Es el tubo cilíndrico con una brida en cada extremo, en el cual se atornilla una tapa con agujeros de salidas en donde descarga el líquido y en el otro extremo descarga los sólidos (la torta) (Sutherland, y otros, 2001).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis general e hipótesis específica

3.1.1 hipótesis general

El diseño del sistema Cleaning In Place reduce el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.

3.1.2 hipótesis específica

El diseño del sistema de tuberías permite al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado de la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.

El diseño de los tanques CIP permite al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado de la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.

El equipo de bombeo seleccionado permite al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado de la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.

3.2 Definición conceptual de variables.

De la tesis de investigación titulada: “Diseño del sistema Cleaning In Place para reducir el tiempo de lavado en la separadora nx-934b, en una planta pesquera”, se obtienen las siguientes variables:

3.2.1 Variable Independiente

Sistema Cleaning In Place.

3.2.2 Variable dependiente

Tiempo de lavado.

Operacionalización de las variables

Tabla 2 Operacionalización de variables

variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	técnica-instrumento	metodología
VI: Sistema Cleaning In Place	Las unidades del sistema Cleaning In Place comprenden tanques para el almacenamiento y recuperación de soluciones de limpieza, junto con válvulas, bombas, tuberías e instrumentación de campo para permitir la limpieza de un equipo (Society of Dairy Technology, 2008)	El sistema Cleaning In Place utiliza agentes de limpieza que son impulsados por una bomba desde los tanques de almacenamiento hacia la separadora decantadora a través de un sistema de tuberías. El funcionamiento óptimo va depender de los cálculos de diseño y materiales.	Diseño del sistema de tuberías	Determinación del diámetro de tubería	Técnica: análisis documental. Instrumentos: ficha de recolección de datos	método analítico lógico deductivo
				Selección del material y espesor de tubería		
				Cálculo de perdidas carga del sistema		
			Diseño del tanque de almacenamiento	Selección del material del tanque		
				Selección de la forma del tanque		
				Cálculo del espesor del tanque		
			Selección del equipo de bombeo	Carga total sobre bomba		
				Cálculo de la potencia requerida		
				Cálculo de la carga de succión neta positiva		
				Curva del sistema y de la bomba		
				Selección de la bomba		
VD: Tiempo de lavado	El tiempo de lavado se suele considerar como una característica para evaluar el método de limpieza. (Yang, 2018)	La separadora decantadora es lavada con un método de limpieza, ya sea manualmente o con un sistema CIP	Método de limpieza	Limpieza manual		
				Limpieza con sistema CIP		

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación

Nuestra investigación es del tipo tecnológica, ya que tiene como propósito aplicar el conocimiento obtenido para solucionar los diferentes problemas que beneficien a la sociedad (Espinoza Montes, 2014).

Se aplica los conocimientos de ingeniería para solucionar un problema en la planta pesquera que produce harina y aceite de pescado, por lo tanto, beneficia de manera indirecta a la sociedad.

El diseño de investigación es no experimental.

4.2 Método de investigación.

En nuestra investigación se usa el Método de diseño en ingeniería, que según (Pahl, y otros, 2007) y basándose en la Verein Deutscher Ingenieure (VDI), propone un enfoque genérico para el diseño de sistemas y productos técnicos, enfatizando la aplicabilidad general del enfoque en los campos de la ingeniería mecánica, de precisión, de control, de software y de procesos.

El enfoque incluye varios pasos que están de acuerdo con los fundamentos de los sistemas técnicos y la estrategia de la empresa. Se pone especial énfasis en la naturaleza iterativa del enfoque y que la secuencia de los pasos no debe considerarse rígida. Algunos pasos pueden omitirse y otros repetirse con frecuencia. Esta flexibilidad está de acuerdo con la experiencia práctica en diseño y es muy importante para la aplicación de todos los métodos de diseño.

Los pasos que se tomaron en cuenta para el método de diseño fueron los siguientes (Espinoza, 2013):

- Primer paso, trata de los requisitos o necesidades que se presentan para poder lavar la separadora decantadora con sistema CIP, para lo cual se elabora un cuadro de lista de requisitos.
- Segundo paso, comprende el diseño conceptual, aquí se define el objeto de investigación, aquí se elaboran la caja negra, la caja blanca y la matriz morfológica, se muestra alternativas de solución y se elige la mejor.
- Tercer paso, comprende del diseño de detalle del sistema CIP, esto refiere a los cálculos y el dimensionado de todos los componentes del sistema CIP, se elabora los planos de detalle del sistema CIP ubicado en la planta de harina y aceite de pescado.
- Cuarto paso, se hace una evaluación de todo lo encontrado, se desarrolla el plano final del diseño, se usa un modelo matemático para sustentar el tiempo de lavado del sistema CIP.

4.3 Población y muestra.

Población:

05 separadora decantadora NX-934B

Muestra:

01 separadora decantadora NX-934B de una empresa pesquera ubicada en lima norte

4.4 Lugar de estudio

Ascope – La Libertad, Puerto Malabrigo

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para la recolección de datos utilizaremos la técnica documental: Revisión de las normas y estándares de tuberías y accesorios.

Nuestro instrumento es la ficha de recolección de datos.

4.6 Análisis y procesamiento de datos.

En esta sección se va detallar todos los cálculos realizados para diseñar mi sistema de limpieza CIP haciendo uso del método de diseño.

4.6.1 Lista de requisitos

La lista de requisitos hace mención a las necesidades que se presentan para hacer la investigación, la cual solucionara todas estas necesidades. Estas necesidades hacen referencia a las siguientes preguntas: ¿Cuál es la necesidad?, ¿Por qué y para qué se requiere satisfacer esta necesidad?, ¿Qué propiedades debe tener la solución?, ¿Qué propiedades no debe tener la solución?

Tabla 3 Lista de requisitos

DISEÑO DE SISTEMA CLEANING IN PLACE (CIP) PARA LIMPIAR LA SEPARADORA DECANTADORA NX-394B		
Prioridad	Deseo o exigencia	Descripción
1	E	Deberá limpiar la separadora decantadora sin necesidad de desmontarlo ni desarmarlo.
2	E	El sistema CIP debe suministrar un caudal requerido por la separadora instalada en planta.
3	D	Usar en lo posible, los equipos disponibles en planta de tal forma que se adapte al sistema CIP evitando la saturación de la zona con tuberías y equipos.
4	E	Deberá permitir la reutilización del agente limpiador
5	D	Tiene que solucionar los problemas de atascamiento que se producen en la separadora decantadora
6	D	Usar los agentes de limpieza disponibles en la planta para su proceso de limpieza
7	E	Se deberá presentar la secuencia de lavado del sistema CIP
8	E	La altura de los dispositivos de operación (válvulas, flujómetro y otros) deberá estar al alcance del operario.
9	D	La operación del sistema CIP será sencilla, de tal forma que no requiera capacitación especial del operario.

10	E	Se debe tener un fácil acceso a los componentes para su mantenimiento
11	E	Deberá evitar el contacto con los agentes limpiadores (acido, soda).
12	D	El diseño deberá ser rentable para que sea atractiva su implementación en la empresa pesquera
13	D	Deberá poseer un sistema de control automatizado.

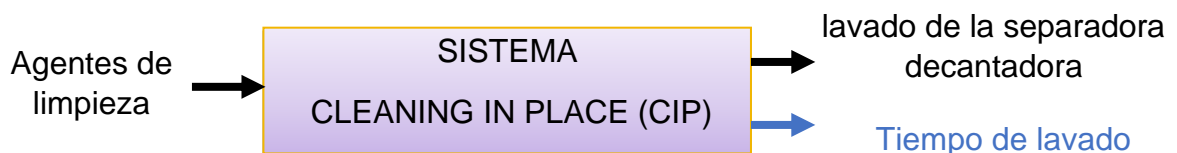
Donde, E: Exigencia, D: Deseo, Prioridad: orden de prioridad del requerimiento para el Diseño.

4.6.2 Diseño conceptual

Consiste en definir el concepto de la solución mediante la identificación de objeto y de sus elementos, las funciones del objeto y sus elementos, y la identificación de los portadores de dichas funciones. Es la parte del proceso de diseño en la que se establecen las estructuras funcionales como la caja negra, la caja blanca, la matriz morfológica, los cuales son explicado en (Espinoza, 2013)..

Una vez establecido mi lista de requisitos para el diseño, analiza el proceso del sistema CIP para el lavado de la separadora decantadora a través de la caja negra, tal como se muestra en el siguiente gráfico:

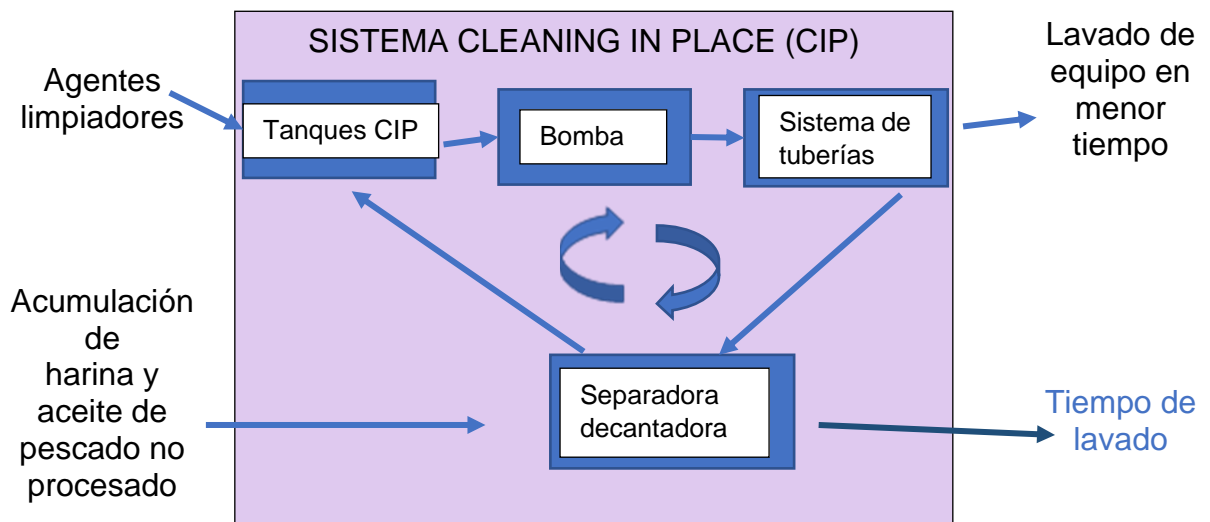
Gráfico 5 Caja negra



En el gráfico 6 detallo lo que no se ha visto en la caja negra. El cual se aprecia que el sistema Cleaning In Place (CIP) está conformado por el tanque CIP, la bomba, un sistema de tuberías y el equipo a lavar (la separadora

decantadora). Esta separadora decantadora procesa harina y aceite de pescado, las pequeñas partes que no son procesadas se acumulan en sus paredes internas. También ingresan agentes limpiadores (agua, soda, ácido), los cuales removerán los residuos acumulados en las paredes de la separadora. Lo que resulta a la salida de nuestro sistema es un equipo limpio en menor tiempo comparado con la limpieza manual.

Gráfico 6 Caja blanca



Una vez analizado mi objeto de estudio, se propone varias alternativas de solución para el diseño del sistema Cleaning In Place que lavara mi separadora decantadora. Esto se evalúa a través de la matriz morfológica.

Tabla 4 Matriz morfológica

FUNCIONES PARCIALES	CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Transportar el detergente hacia la separadora	Material de tuberías	 Acero inox 316	 Acero inox 304	 Acero inox 321
Impulsar el fluido desde tanque hacia el equipo	Bombas	 De accionamiento positivo	 centrífuga	
Sellado y hermeticidad de la válvula	Asiento de válvula	 Asiento BUNA-N	 Asiento EPDM	
Permite almacenar el detergente del sistema	Tanque atmosférico	 De base klopper	 De base conica	 De base plana
Velocidad de giro del bowl de la separadora	Motor	 De jaula de ardilla	 De jaula de ardilla más variador	 servomotor
S1: Solución 1		↓	↓	
S2: Solución 2		S2	S1	

Después de analizar las dos soluciones y según criterios de expertos y experiencia en el área. Finalmente, se optó la solución S1 lo cual se comprobará líneas abajo con los valores técnicos y económicos.

Tabla 5 Valor tecnico del diseño del sistema CIP

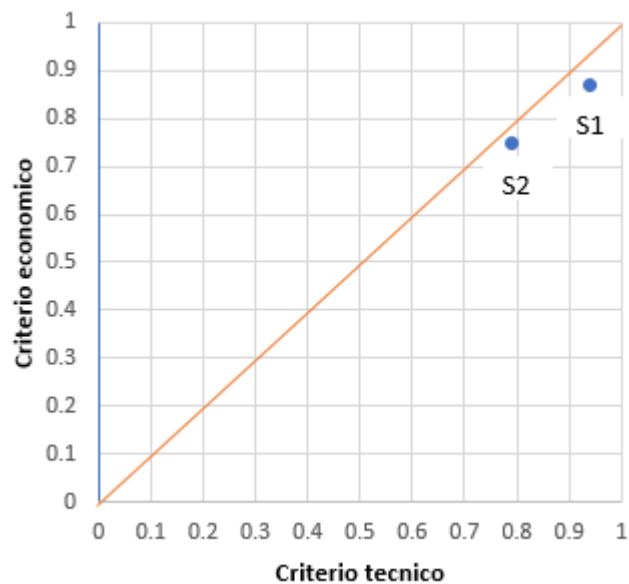
VALOR TÉCNICO								
p: Puntaje de 0 a 4			0= No Satisface			2= Suficiente		
g: Peso ponderado en función de los criterios de evaluación			1= Aceptable a las justas			3= Bien		
						4= Muy bien (ideal)		
DISEÑO DE SISTEMA CLEANING IN PLACE								
Aspectos técnicos			Solución 1		Solución 2		Solución Ideal	
N°	Criterios de evaluación	g	p	g*p	p	g*p	p	g*p
1	Función	4	4	16	3	12	4	16
2	Forma	3	3	9	3	9	4	12
3	Diseño	4	4	16	3	12	4	16
4	Seguridad	4	4	16	4	16	4	16
5	Ergonomía	3	3	9	2	6	4	12
6	Fabricación	4	4	16	4	16	4	16
7	Control de calidad	3	3	9	3	9	4	12
8	Montaje	4	4	16	3	12	4	16
9	Uso	3	4	12	3	9	4	12
10	Mantenimiento	3	4	12	3	9	4	12
Puntaje Máximo Σp o $\Sigma g.p$		35	37	131	31	110	40	140
Valor Técnico xi				0.94		0.79		

Tabla 6 Valor economico del diseño del sistema cip

VALOR ECONÓMICO								
p: Puntaje de 0 a 4			0= No Satisface			2= Suficiente		
g: Peso ponderado en función de los criterios de evaluación			1= Aceptable a las justas			3= Bien		
						4= Muy bien (ideal)		
Aspectos económicos			DISEÑO DE SISTEMA CLEANING IN PLACE					
			Solución 1			Solución 2		Solución Ideal
N°	Criterios de evaluación	g	p	g*p	p	g*p	p	g*p
1	Costo de Material	4	4	16	3	12	4	16
2	Costo de Fabricación	4	3	12	3	12	4	16
3	Costo de Mantenimiento	3	4	12	3	9	4	12
4	Costo de Mano de Obra	4	3	12	3	12	4	16
Puntaje Máximo Σp o $\Sigma g.p$		15	14	52	12	45	16	60
Valor Económico y_i				0.87		0.75		

De acuerdo a los resultados de las evaluaciones económicas y técnicas mostrados en la Tabla 5 y 6, la solución 1 es la mejor opción por su funcionalidad y menor costo de material respecto a la solución 2. Esto se representa en el Gráfico 7.

Gráfico 7 Evaluacion economica y tecnica, según VDI 2225



4.6.3 Diseño de detalle del sistema CIP

En esta etapa del diseño, se detalla los cálculos de las dimensiones del sistema CIP y se define completamente todos sus componentes

a) Diseño del sistema de tuberías:

Primero se diseñó el layout preliminar (ver Figura 9) de la línea de descarga del sistema CIP de acuerdo a la ubicación de la zona de aceites en la planta de harina y aceite de pescado. Este layout muestra el recorrido de la tubería desde los tanques CIP hasta la ubicación de las separadoras decantadoras, cabe indicar que la planta está ubicada en la zona costera del Perú, muy cerca al mar.

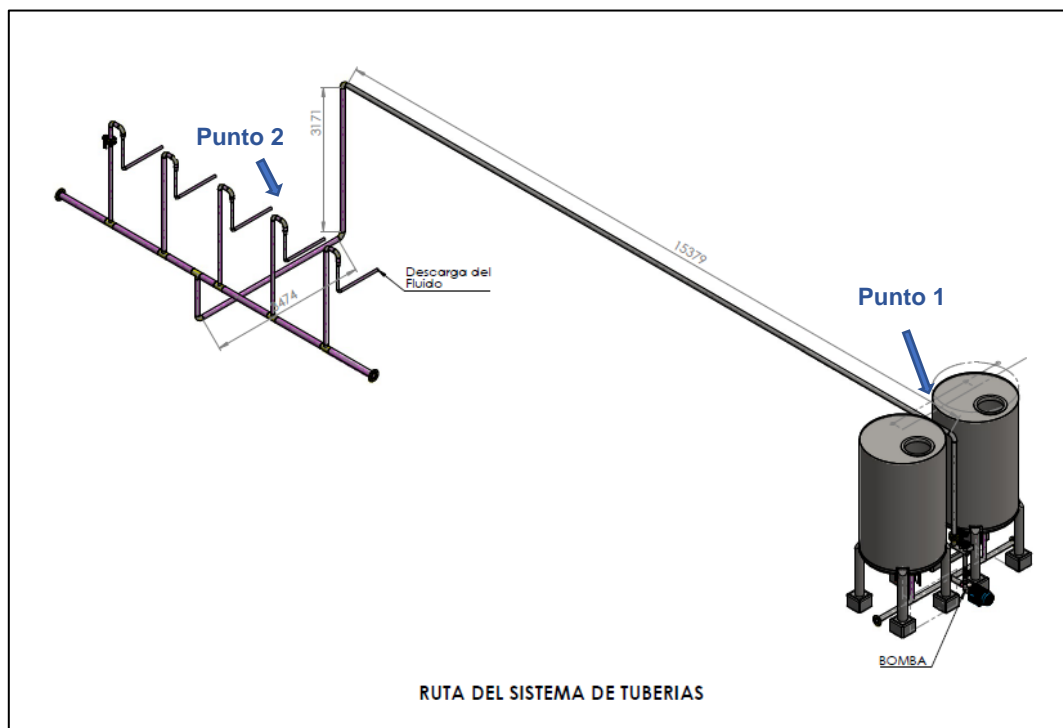


Figura 8 Layout preliminar del sistema de tuberías.

Se tomaron en cuenta los siguientes criterios para el diseño del sistema de tuberías:

Para la disposición de la tubería se evitó la interferencia con otros sistemas de tuberías y con otros equipos que operan cerca de las separadoras y también se consideró el mejor acceso para el manejo de los operarios.

A la entrada de la separadora se coloca una tubería flexible, la cual está sometida a esfuerzos radiales, producto de la vibración de la separadora. Por lo cual se consideró instalar la tubería en forma de U en la entrada antes del tubo flexible (ver Figura 10) para que pueda absorber los movimientos de la vibración.

Se considero utilizar la menor cantidad de codos para evitar la pérdida de carga.

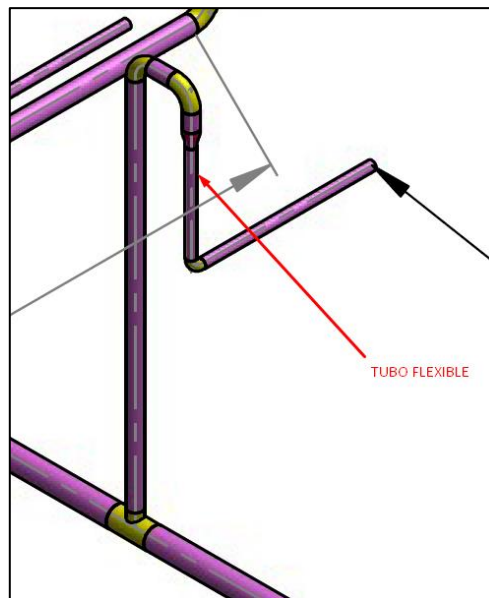


Figura 9 Instalacion de tubo flexible

Una vez definido el layout, se procede con los cálculos del diámetro y espesor de tubería. El caudal de operación es $Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$, esto se obtuvo de los datos técnicos de la separadora con diámetro de rotor 480 (ver ANEXO 2), la

velocidad $v = 2.4$ m/s se seleccionó según rango de velocidades mostradas en la Tabla 1, y según criterios de expertos.

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

$$2.4 = \frac{4 * 25}{3600 * \pi * D^2}$$

$$D = 2.39 \text{ pulg}$$

A partir del diámetro hallado, $D = 2.39$ pulg, se selecciona el inmediato superior, $D = 2.5$ pulg. Ahora se debe calcular el espesor de la tubería.

Los datos obtenidos y de acuerdo a las tablas mencionadas en los ANEXO 4, ANEXO 5, ANEXO 6, ANEXO 7, ANEXO 8, se reemplazan en la siguiente fórmula:

$$t_{nom} = 1.143 \left[\frac{PD}{2(SEW + PY)} + A \right]$$

$$P = 29 \text{ psig}$$

$$T = 95 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$Y = 0.4 \text{ (para acero austenítico)}$$

$$D_{\text{externo}} = 2.875 \text{ pulg (ANEXO 7)}$$

$$W = 1 \text{ (para tubería sin costura)}$$

$$S = 20 \text{ ksi} = 20000 \text{ psi}$$

$$A = 0.08 \text{ pulg (tolerancia a la corrosión)}$$

$$E = 1 \text{ (factor de calidad longitudinal)}$$

Entonces:

$$t_{nom} = 1.143 \left[\frac{29 * 2.875}{2(20 * 1 * 1 + 29 * 0.4)} + 0.08 \right]$$

$$t_{nom} = 0.094 \text{ pulg}$$

Una vez encontrado al espesor nominal y material que es acero inoxidable, se busca en tablas de acero inoxidable un espesor un poco mayor al espesor nominal, finalmente se optó por el AISI 304 SCH 10 para un diámetro nominal de 2.5 pulg, donde el espesor de tubería es 0.12 pulg. (ver ANEXO 9).

La tubería AISI 304 SCH10 Ø 2.5" tiene un diámetro interno real $D = 2.635$ pulg = 0.0669 m. El agua tiene una viscosidad cinemática a 70 °C de $\nu = 4.11 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ (ver ANEXO 12). Con estos datos ya se puede calcular la pérdida de carga por fricción, usando las fórmulas mencionada en marco conceptual.

Primeramente, se detalla la lista de accesorios para nuestro sistema CIP:

Tabla 7 Lista de accesorios

COMPONENTES	UND	CANTIDAD
válvula mariposa 2.5 "	UND	7
válvula mariposa 3 "	UND	6
válvula check (Antiretorno) inoxidable (304) 2.5"	UND	2
Flujómetro Electromagnético 2.5"	UND	2
tuberías inox AISI 304-SCH10 Ø 2.5"x 6m	UND	9
tuberías inox AISI 304SCH10 Ø 3"x 6m	UND	2
codo 90° inox AISI 304SCH10 Ø2.5"	UND	12
codo 90° inox AISI 304SCH10 Ø 3"	UND	6
BRIDA SLIP-ON inoxidable C-304 DE 2.5" 150LB	UND	14
BRIDA SLIP-ON inoxidable C-304 DE 3" 150LB	UND	12
tubería inox AISI 304-SCH10 Ø 4"	UND	2

El material del asiento de la válvula mariposa es de EPDM para que soporte el ácido nítrico y la soda caustica (ver ANEXO 19 y ANEXO 20).

Tabla 8 Resultados de la pérdida de carga por fricción

Objetivo: cálculo de pérdida de carga			
figura 5.3.1			
Datos del sistema en lado de descarga		Datos del sistema en lado de succión	
flujo volumétrico: Q =	0.00694 m ³ /s	flujo volumétrico: Q =	0.00694444 m ³ /s
velocidad: v =	1.97 m/s	velocidad =	1.29 m/s
diámetro: D =	0.06693 m	diámetro: D =	0.082804 m
rugosidad relativa: ϵ/D =	0.000687 -	rugosidad relativa: ϵ/D =	0.00055553 -
factor de fricción: f =	0.019229 -	factor de fricción: f =	0.0185303 -
longitud: L =	33.4 m	longitud: L =	2.4 m
número de Reynolds: Re =	321433.75 -	numero de Reynolds: Re =	259809.18 -
viscosidad cinemática (agua 70 ° C) =	0.000000411 m ² /s	viscosidad cinemática (agua 70 ° C) =	0.000000411 m ² /s
pérdida de energía en descarga		pérdida de energía en succión	
	K	Unid	valor total de K
válvula mariposa 2.5" abierto totalmente	0.81	2	1.62
válvula de retención 2.5"	2	1	2
codo 90° roscado	0.7	8	5.6
	Sumatoria de K		9.22
Perdida secundaria: h_s =	1.831	m	
Perdida primaria: h_f =	1.906	m	
	K	Unid	valor total de K
válvula mariposa 2.5" abierto totalmente	0.81	1	0.81
válvula de retención 2.5"	2	0	0
codo 90° roscado	0.7	2	1.4
	Sumatoria de K		2.21
Perdida secundaria: h_s =	0.187	m	
Perdida primaria: h_f =	0.047	m	
pérdidas en succión y descarga		Pérdida total	
pérdida total en descarga: h_L =	3.737	m	h_L total = 5.559 m
pérdida total en succión: h_L =	0.235	m	

Para el caso de soda caustica y ácido nítrico, su viscosidad cinemática según fichas técnicas mostradas en ANEXO 14 y ANEXO 15, no afecta mucho a los cálculos de pérdida de carga por fricción.

Para el retorno de sistema CIP no es necesario calcular las pérdidas de cargas, ya que, se va usar la bomba que se encuentra instalado en planta, la cual tiene una gran capacidad, por lo tanto, cubre toda la caída de presión que hay al retorno del CIP.

b) Diseño del tanque

Previo al diseño del tanque es necesario determinar el volumen del depósito, el cual está en función del caudal que circula por el sistema, el cual tomamos de la recomendación del fabricante de la separadora (ALFA LAVAL, 2010), para este cálculo nos apoyaremos de la metodología de (Revilla Romero , 2018):

$$Q = 25 \text{ m}^3/h$$

$$t = 11.67 \text{ min} = 0.1945 \text{ h} \text{ por ciclo de lavado (Novak, 2020)}$$

Cálculos:

$$V = Qxt = 25 \times 0.1945 = 4.8625 \text{ m}^3$$

En consideración de una ampliación de la capacidad de lavado, se propone un doble de volumen para un lavado de dos (02) maquinas en simultáneo en flujo continuo, sin retorno al tanque. Por lo tanto, la capacidad del tanque sería de 9.725 m^3 , bajo la consideración para un flujo continuo sin retorno al tanque, en el caso de que la separadora se encuentre atascada o con demasiados sólidos, el cual sería no recomendable retornarlo al tanque. Este criterio es tomado solo bajo ese imprevisto, pero el sistema funcionará en un sistema cerrado para el ciclo de limpieza de soda o acido, el cual tendrá la capacidad de abastecer hasta 5 separadoras simultáneamente.

Para la necesidad de nuestro sistema el volumen requerido del tanque es pequeño, sometido a presiones manométricas bajas menores a 15PSI Según

(González Dorta, y otros, 2018) el diseño de un tanque sometidos a bajas presiones y bajas temperaturas es según Normas API 620. Según el autor se identifican los siguientes indicadores para el diseño del tanque: selección del material, selección de la forma del tanque previo a cualquier cálculo, posteriormente se calculará el espesor.

Cada subtema mencionado será desarrollado en base al autor mencionado reforzando con aportes de otros autores que será citados.

- Selección del material del tanque

El material a seleccionar será el cual soporte la tensión en las zonas críticas del depósito (σ_{adm}), cómo es el caso del acero inoxidable, que presenta resistencia a la corrosión, propiedad que se busca para poder almacenar las soluciones químicas de soda cáustica y ácido nítrico, en cuanto a sus propiedades mecánicas debido a que el tanque estará instalado en una planta pesquera expuesto a factores externos. como consecuencia del análisis de las ventajas y desventajas (ver ANEXO 16) que presenta el acero se confirma la correcta elección de este material.

A continuación, bajo el criterio de análisis de ventajas y desventajas, se selecciona el tipo de acero inoxidable. Se pasa a analizar los diferentes aceros inoxidables disponibles en el mercado.

El análisis se tomará de una lista de aceros austeníticos (ver ANEXO 17), de los cuales los más apropiados para nuestra tesis son: AISI 316 y AISI304.

Los dos aceros son los más adecuados para su uso, pero se seleccionará el más usado en las industrias pesqueras.

Por lo tanto, debido a la afinidad de aplicaciones con el acero AISI 304, se seleccionará éste.

- Selección de la forma del tanque

Cuerpo

La forma de los tanques atmosféricos de almacenamiento de líquidos más usados en las industrias pesqueras en su mayoría es de cuerpo cilíndrico vertical, la justificación según (INGENIERÍA Y CONSTRUCCION LEON SA) es porque permiten almacenar grandes volúmenes a un costo bajo con la desventaja de que el uso es de presión atmosféricas (abierto) o a presiones internas muy bajas. Para nuestro requerimiento es lo que necesitamos, almacenar fluidos a presión atmosférica (agua, ácido o soda) y la única presión relativa interna sometida es la presión hidrostática.

La elección entre el tanque de cuerpo cilíndrico horizontal y vertical se basa en la norma API, detallando las características de estos dos tipos de depósitos cilíndricos que se exponen en su siguiente tabla que el autor elaboró:

Tabla 9 Características de los tanques cilíndricos verticales y horizontales

	CARACTERÍSTICAS
TANQUE CILÍNDRICO HORIZONTAL	Pequeños volúmenes por problemas de cortadura y flexión
TANQUE CILÍNDRICO VERTICAL	Mayor volumen de almacenamiento Menor costo Sólo presión atmosférica o presiones interiores muy bajas
Fuente: (Revilla Romero , 2018)	

Fondo

Para la selección del diseño del fondo del tanque las consideraciones a tener en cuenta son: Cimientos, método de desalojo del producto, grado de

sedimentación de sólidos en suspensión, corrosión del fondo y tamaño del tanque

En nuestro diseño, los tanques van almacenar soda o ácido que retornan de un ciclo de limpieza con partículas de sólidos insolubles quienes se sedimentarán en el fondo, se justificará la selección del fondo de la siguiente manera:

El objetivo del fondo es que el líquido no se filtre por la base, adicionalmente soporte los esfuerzos de compresión y flexión por parte del cuerpo cilíndrico que se. Debido a la naturaleza del producto que es un fluido, se descarta la base con placa circular ya que nos proporciona un nivel uniforme sin dar lugar para la sedimentación de sólidos, en tal sentido la base será tomada en cuenta para evacuar sedimentos, así como la base tipo koppler o korboggen. En nuestra tesis los sólidos a sedimentarse y evacuarse por la purga son mínima, que no amerita una base cónica y los costes en servicio de bombeado y pestañado son menores.

Techo

Por último, al tratarse de un producto no volátil y sin preocuparse por la carga de nieve, se considerará un techo fijo de placa circular, con una entrada de inspección y un tubo de venteo que permitirá ingresar aire que ocupará el volumen desplazado por la bomba de succión, comúnmente llamado bastón en el campo metal mecánico, como se muestra en la figura 11.

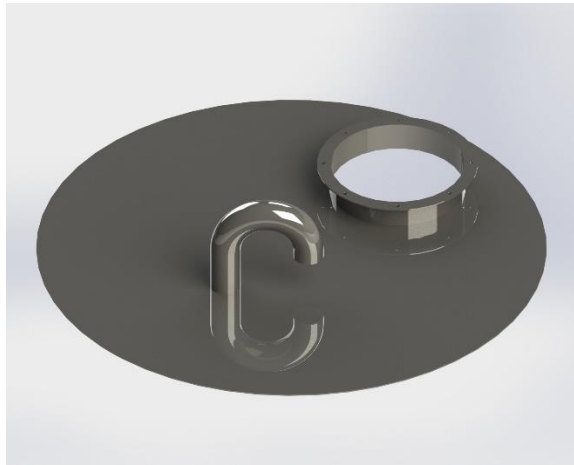


Figura 10 Forma del techo del tanque

Una vez definido el material y la forma del tanque ya podemos completar el dimensionamiento del tanque, determinaremos el diámetro del tanque. Para ello se juntarán dos (2) planchas de acero inoxidable de formato (1500x3000). Estas planchas serán dispuestas a lo largo como se muestra en la figura 12.

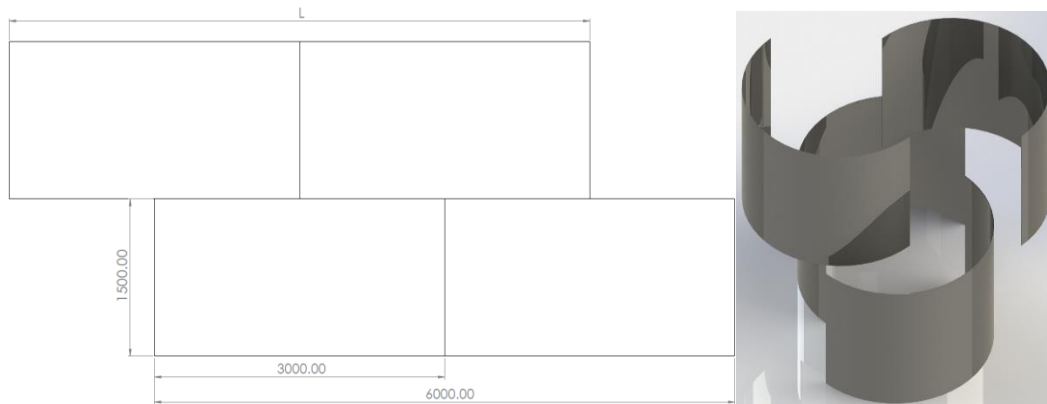


Figura 11 Disposición de las planchas del tanque.

$$L = 3 \times 2 \text{ planchas} = 6m \quad (\text{longitud total})$$

$$L = \text{Perímetro de la circunferencia (fibra neutra)} = \pi \times \emptyset$$

$$\emptyset = \frac{L}{\pi} = \frac{6}{\pi} = 1.90986m \quad (\text{diámetro de la fibra neutra})$$

$$\varnothing_{ext} = \varnothing + e$$

$e = 4.76\text{mm}$ (espesor de la plancha que se corroborará con cálculos)

$$\varnothing_{ext} = 1909.86\text{mm} + 4.76\text{mm} = 1914.62\text{mm}$$

$$A = \varnothing^2 * \frac{\pi}{4} = 2.8648\text{m}^2$$

$$V1 = A * h1 = 2.8648 * 3 = 8.5944\text{m}^3$$

Para obtener el volumen deseado, se va considerar dos anillos como se muestra en la figura 13, obteniendo la siguiente forma del tanque

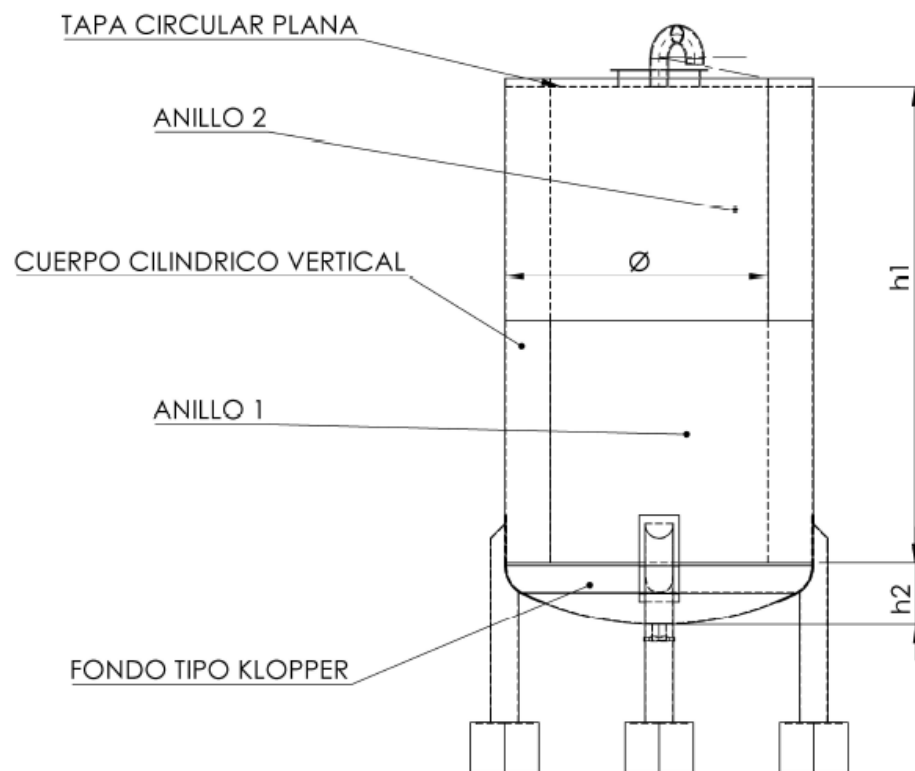
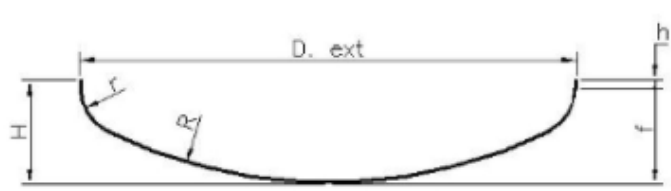


Figura 12 Forma del tanque

Fondo bombeado y pestañado:

Los cálculos de las dimensiones del fondo bombeado y pestañeado son extensos, sin embargo, existen calculadoras como (horfasa) ofrece un software gratuito online que nos ayudan a dimensionarlo con dos, el diámetro exterior del tanque y el espesor de la plancha como datos de entrada:

Tabla 10 Cálculo del fondo de tanque, tipo klopper

Calculadora de fondos KLOPPER		
Diametro exterior (mm)	1914.62	
Espesor (mm)	4.76	
 <p>fondo Toriesferico Tipo KLOPPER</p>		
Diametro disco (mm)	2153	<input type="button" value="Calcular"/>
R (mm)	1914.62	
r (mm)	191.462	
h (mm) >=	16.66	
f (mm)	368	
H (mm)	389	
V (sin h) (litros)	691.4	
Peso (h minima) (kg)	139	

Fuente: (horfasa)

Con los parámetros obtenidos en la calculadora de fondos, con la ayuda de un software de diseño CAD 3D modelamos la base (ver Figura 14), de esta manera obtenemos el volumen:

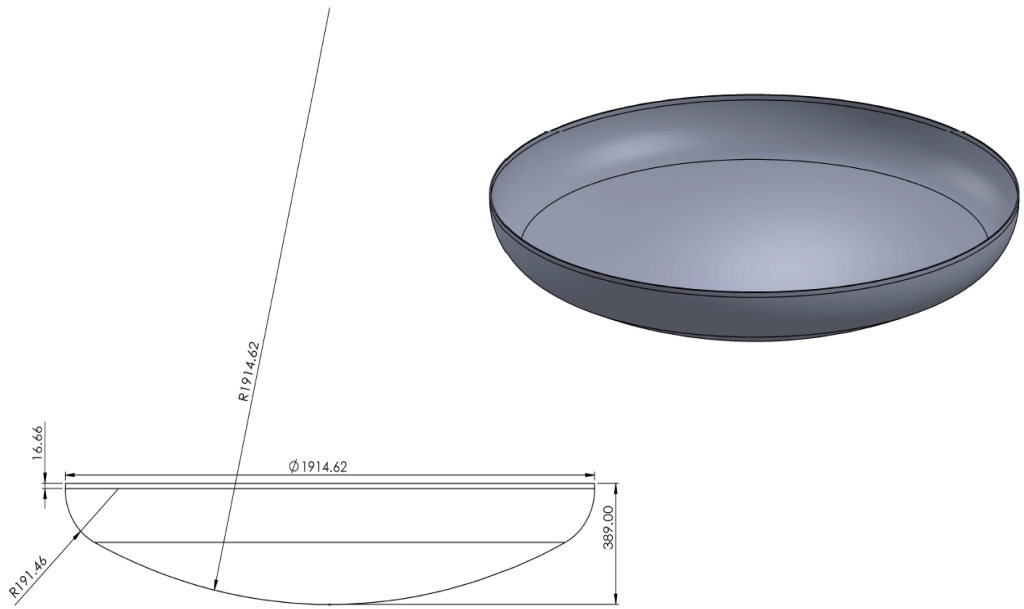


Figura 13 Modelamiento del fondo klopper en 3d para nuestro sistema

$$V2 = 0.7464m^3$$

Redefiniendo el volumen en base a la disposición de las planchas usadas para evitar el retaceo y desperdicio de materiales se obtiene un volumen total sumando el volumen de la envolvente (parte cilíndrica) y el volumen del fondo:

$$V = V1 + V2 = 9.34 m^3$$

Al juntar la tapa el cuerpo y el fondo el tanque quedara totalmente definido como se muestra en la figura 14, cada componente se muestra de forma individual antes de la fabricación en una vista explosionada:

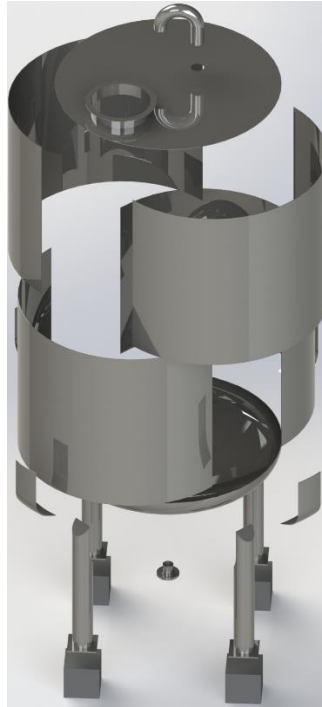


Figura 14 Ensamblaje de tanque CIP

- Cálculo del espesor del tanque

Aquí se calculará el espesor necesario de las planchas de acero inoxidable a usar para construir el tanque.

El tanque tendrá un tubo de venteo mencionado, lo que provocará una presión interior igual a la presión atmosférica, más la presión de la columna de agua.

$$P_t = P_{atm} + P_{columna\ agua}$$

$$P_t = p_{atm} + p_{columna\ agua} = 101325\ Pa + \rho \times g \times h$$

$$h = h_1 + h_2 = 3000 + 389 = 3389\text{mm} = 3.389\text{m}$$

$$P_t = 101325\ Pa + 1000\ \text{kg/m}^3 \times 9.8\ \text{m/s}^2 \times 3.389\ \text{m}$$

$$P_t = 139447\text{Pa}$$

Se asumirá para los cálculos, que se trata de un cilindro de pared delgada, hipótesis que más adelante será corroborada.

$$\frac{\sigma_{adm}}{n} = \frac{Pt * \emptyset}{2e}$$

El acero AISI 304 tiene un esfuerzo admisible de $\sigma_{adm} = 195Mpa$

A continuación, se demuestra que la hipótesis de ser un cilindro de pared, se considera un factor de seguridad 4, para ello se requiere un espesor de:

$$e = \frac{4 * 139447 * 1.9154}{2 * 195 * 10^6} = 2.7 * 10^{-3}m$$

Con el espesor ya podemos compararlo con el diámetro del taque para comprobar de que se trata de un cilindro de pared delgada:

$$\frac{\emptyset}{e} = \frac{114.62mm}{2.7mm} = 709.12 > 20$$

A este espesor obtenido se sobredimensiona a una plancha de espesor 3/16" (4.76mm), bajo el criterio de robustez y esbeltez del diseño.

Para el nuevo espesor aseguraremos de que se trata de un cilindro de pared delgada

$$\frac{\emptyset}{e} = \frac{114.62mm}{4.76mm} = 402.23 > 20$$

El análisis la presión crítica en el fondo del tanque fue analizado para almacenar agua, el análisis es similar para almacenar la solución alcalina y ácida, los cuales en resultados sus diferencias son irrelevantes en el cálculo del espesor, para lo cual el diseño obtenido servirá para los tres líquidos a almacenar: agua, solución alcalina y solución ácida.

A continuación, se muestra el diseño finalizado del taqueen la Figura 15

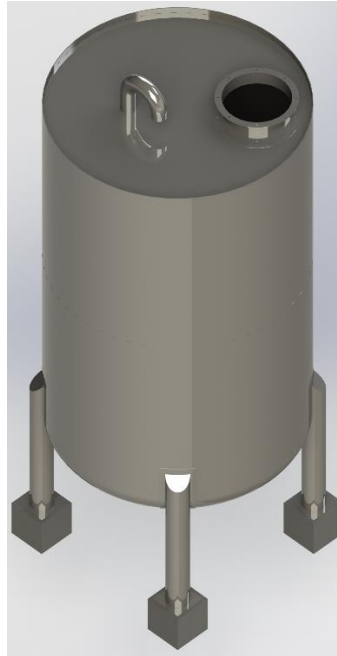


Figura 15 Modelamiento del tanque en 3D

c) Cálculo y selección de la bomba

Cálculo de la carga dinámica total H_A

Tomando en cuenta nuestro layout de tuberías, ubicamos los puntos de referencia y aplicamos la ecuación general de energía para hallar la carga total sobre la bomba (ADT), quedando de la siguiente manera nuestra ecuación:

$$h_A = \frac{p_2}{\gamma} - \frac{p_1}{\gamma} + z_2 - z_1 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + h_{L \text{ total}}$$

A continuación, se muestra los resultados de los cálculos correspondientes:

Tabla 11 Resultados de la carga total sobre la bomba

Objetivo: cálculo de la carga total sobre la bomba			
ver figura 5.3.1			
puntos de referencia		Datos del sistema	
punto 1: superficie del nivel del tanque CIP punto 2: entrada a la separadora		flujo volumétrico: $Q = 0.00694 \text{ m}^3/\text{s}$ viscosidad cinemática (agua 70 °C) = $0.000000411 \text{ m}^2/\text{s}$ γ (peso específico) = $9.59 \text{ KN}/\text{m}^3$ gravedad (g) = $9.81 \text{ m}/\text{s}^2$	
Datos en el punto 1:		Datos en el punto 2:	
velocidad $v_1 = 0 \text{ m}/\text{s}$ presión $P_1 = 101.325 \text{ Kpa}$ altura $z_1 = 0.9 \text{ m}$		velocidad $v_2 = 1.97 \text{ m}/\text{s}$ presión $P_2 = 101.325 \text{ Kpa}$ altura $z_2 = 3.3 \text{ m}$	
Datos en tramo de succión		Datos en tramo de descarga	
velocidad de succión: $v_1 = 1.29 \text{ m}/\text{s}$ diámetro succión: $D_1 = 0.0828 \text{ m}$ rugosidad relativa: $\epsilon/D_1 = 0.000556 -$ factor de fricción: $f_1 = 0.018530 -$ longitud tubería: $L_1 = 2.4 \text{ m}$ numero de Reynolds: $Re_1 = 259809.18 -$ Sumatoria de K = $2.21 -$ pérdida total en succión: $h_{L1} = 0.23 \text{ m}$		velocidad de descarga: $v_2 = 1.97 \text{ m}/\text{s}$ diámetro descarga: $D_2 = 0.06693 \text{ m}$ rugosidad relativa: $\epsilon/D_2 = 0.000687 -$ factor de fricción: $f_2 = 0.019229 -$ longitud tubería: $L_2 = 33.4 \text{ m}$ numero de Reynolds: $Re_2 = 321433.75 -$ Sumatoria de K = $9.22 -$ pérdida total en descarga: $h_{L2} = 3.74 \text{ m}$	
Resultado final			
carga total sobre la bomba h_A (ADT) =		6.57 m	h_L total = 3.97 m

Cálculo de la potencia de la bomba

Para ello necesitaremos del caudal, el ADT del sistema y peso específico del líquido.

$$P_B = h_A * Q * \gamma$$

De acuerdo a los datos registrados en la ficha de Excel la potencia de la bomba es la siguiente:

Tabla 12 Resultados de la potencia de la bomba

Cálculo de la potencia de la bomba		
	Valor	Unidades
γ (peso específico)	9.59	KN/m ³
h_A (ADT)	6.57	m
Q	0.00694	m ³ /s
potencia Bomba (P_B)	0.586	HP

$$\eta = \frac{P_B}{P_I}$$

Si consideramos una eficiencia de 50% entonces la potencia del motor es

$$P_I = \frac{P_B}{\eta}$$

$$P_I = \frac{0.586}{0.5} = 1.17 \text{ HP}$$

Cálculo del NSPH

$$NPSH_D = \frac{P_E - P_V}{\gamma} = \frac{P_1 - P_V}{\gamma} + Z_1 - h_f \quad (m)$$

Tabla 13 Resultados del NSPH

	VALOR	UNIDADES
P1	101.325	Kpa (KN/m2)
Z1	0.9	m
γ (peso específico)	9.59	KN/m3
presión de vapor H2O 70°C (Pv)	31.16	Kpa (KN/m2)
hf	0.235	m
NPSH _D	7.982	m

Curvas del sistema y de la bomba con caudal en Q (m³/s)

$$h_A = 2.4 + 85931 * Q^2 \quad (m)$$

Gráfico 8 Curva del sistema, relacion altura - caudal

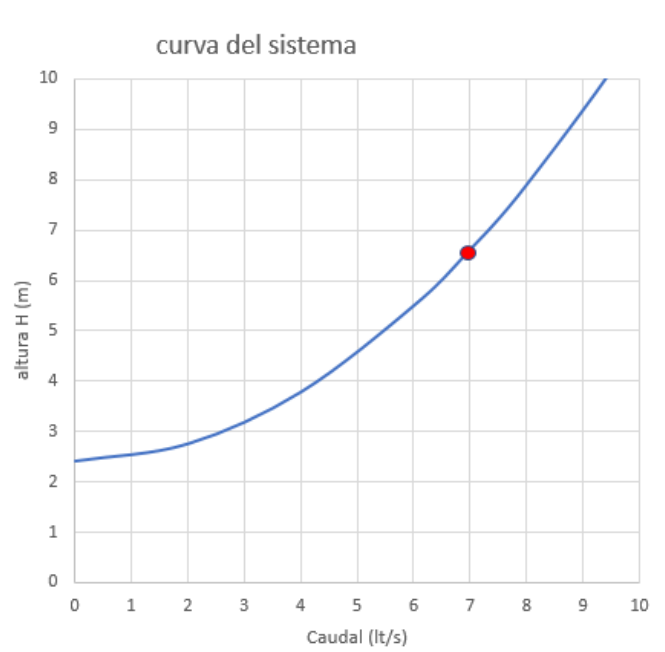
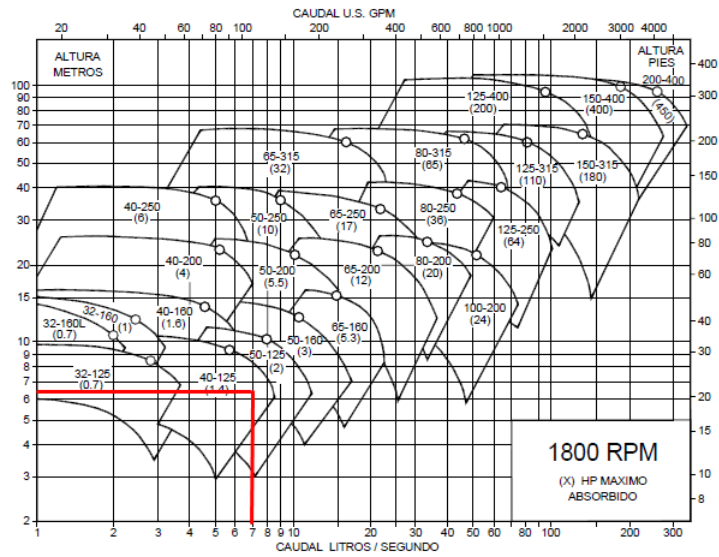
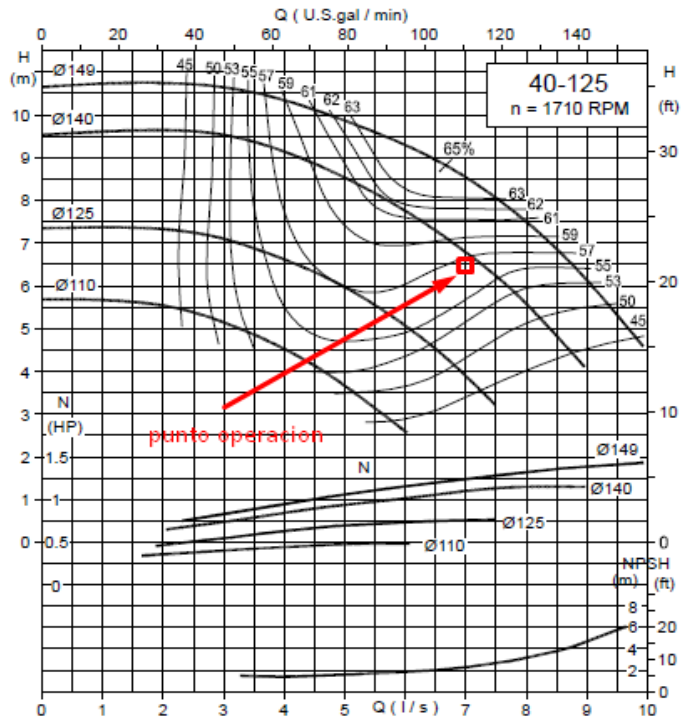


Gráfico 9 Curvas de la series de bomba



Fuente: (HIDROSTAL, 2015)

Gráfico 10 Curva de la bomba



Fuente: (HIDROSTAL, 2015)

Recalculamos la potencia de la bomba con una eficiencia de 56%:

$$P_l = \frac{0.586}{0.56} = 1.05 \text{ HP}$$

Los datos finales de la bomba son:

Datos del fluido:

Fluido : Agua, soda caustica, ácido nítrico

Temperatura : 20 – 70 °C

Características de la bomba:

Caudal : 25 (m³/h)

ADT : 6.57 (m)

Eficiencia : 56 (%)

NPSH_R : 2.3 (m)

Material : Acero inoxidable 304 o 316

Empaque : EPDM

Diámetro del impulsor : 14 (cm)

Velocidad : 1710 (rpm)

Datos del motor eléctrico:

Potencia nominal : 1.5 – 2 HP

Velocidad nominal : 1710 (rpm)

Frecuencia : 60 (hz)

Para el retorno del sistema CIP se usará la bomba de operación que ya se encuentra instalado en planta. Esta bomba es de gran capacidad, al cual solo se le acoplara la tubería de retorno con una válvula de regulación de flujo.

4.6.4 Evaluación final

De acuerdo a todo lo desarrollado en las etapas anteriores, se elabora el plano final del sistema CIP para lavar la separadora decantadora NX-934B.

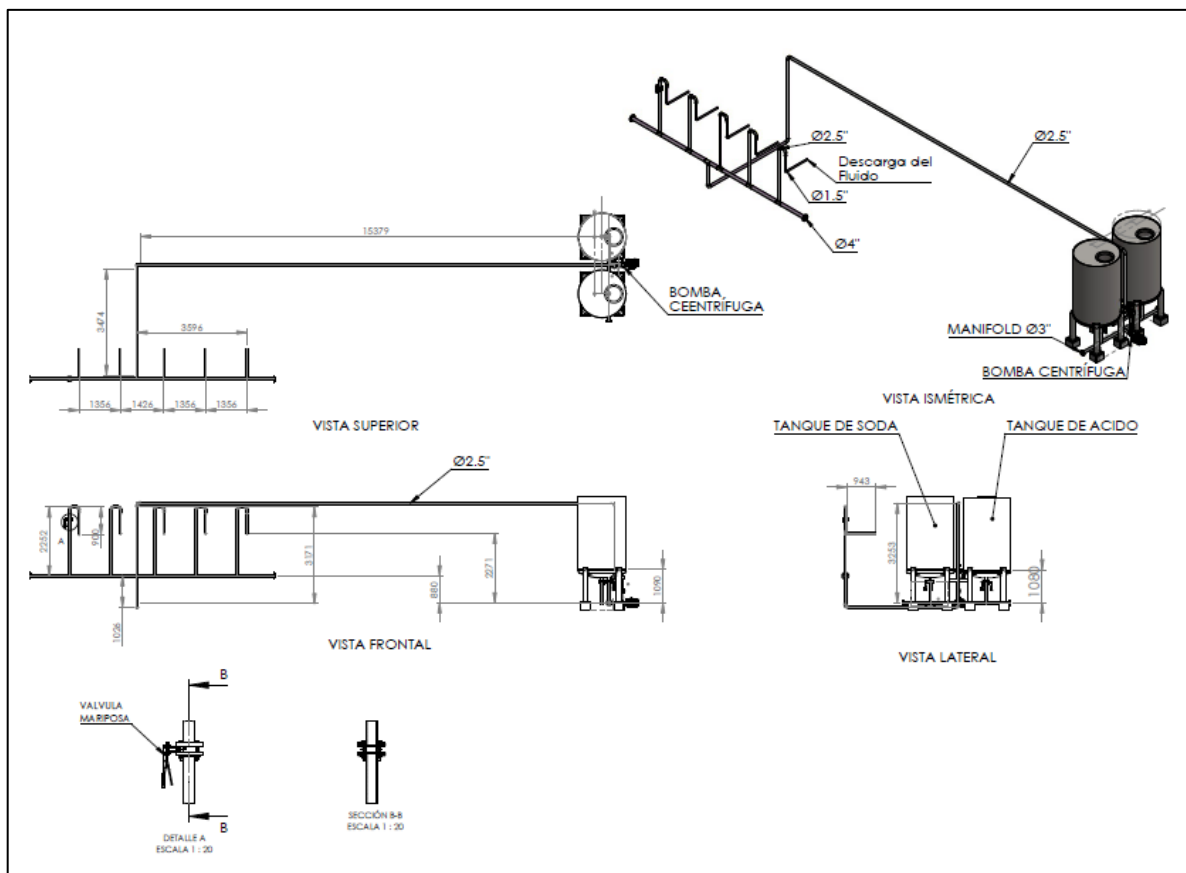


Figura 16 Plano final del sistema CIP

La secuencia de lavado de nuestro sistema Cleaning In Place está conformado por cuatro ciclos de lavado, el lavado se tiene que dar entre 90

a 50 % del rpm del rotor de la separadora: Lavado en velocidad alta del rotor: primero se hace ingresar agua durante 11.67 minutos y luego soda o acido, dependiendo del grado de suciedad, durante 11.67 minutos. Lavado en velocidad baja del rotor: primero se hace ingresar soda o acido, dependiendo del grado de suciedad, durante 11.67 minutos y luego ingresa agua durante 11.67 minutos. Para mayor detalle ver ANEXO 11.

Para mayor información ver los planos en la ultima parte de la tesis.

Para comprobar el tiempo de lavado del sistema CIP, el cual es complicado, se hace uso de un modelo matemático desarrollado por María Novak (2020).

Este modelo matemático usa las ecuaciones de los métodos de Backward Time Centered Space (BTCS), Forward Time Centered Space (FTCS), Crank Nicolson (CN), todos estos métodos se incluyen en la ecuación de continuidad completa.

$$a_E = \frac{\Delta t^+ \xi_e}{\rho^+ \Delta z^+ \delta z^+} - \frac{\Delta t^+ v^+}{\Delta z^+}$$

$$a_W = \frac{\Delta t^+ \xi_w}{\rho^+ \Delta z^+ \delta z^+} - \frac{\Delta t^+ v^+}{\Delta z^+}$$

$$a_N = \frac{\Delta t^+ r_n^+ \xi_n}{r_p^+ \rho^+ \Delta r^+ \delta r^+}$$

$$a_S = \frac{\Delta t^+ r_s^+ \xi_s}{r_p^+ \rho^+ \Delta r^+ \delta r^+}$$

$$a_P = 1 - a_E - a_W - a_S - a_N$$

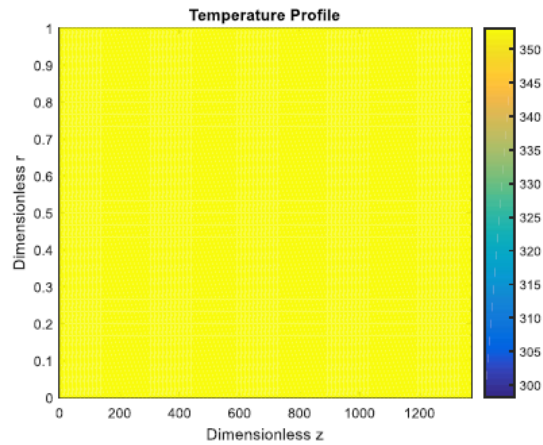
$$\omega_{BP}^{t+1} = \omega_{BP}^t a_P + \omega_{BE}^t a_E + \omega_{BW}^t a_W + \omega_{BN}^t a_N - \omega_{BS}^t a_S$$

Tabla 14 Condiciones de contorno con convección para la ecuación de continuidad

Time	Position	Temperature
@ t > 0	@ z = 0	$\omega_B = 0$
@ t > 0	@ r = 0	$\left. \frac{\partial \omega_B}{\partial r} \right|_{r=0} = 0$
@ t > 0	@ z = L	$\left. \frac{\partial \omega_B}{\partial z} \right|_{z=L} = 0$
@ t > 0	@ r = R	$\left. \frac{\partial \omega_B}{\partial r} \right|_{r=R} = 0$
@ t=0+	@ any r or z	$\omega_B = 1$

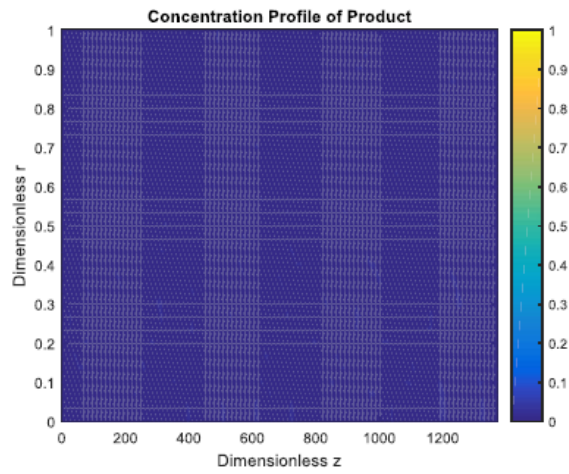
De las ecuaciones mostradas y con las condiciones dadas en la Tabla 14, los resultados se muestran a través de mallas.

Gráfico 11 Perfil de limpieza relacionado con la temperatura



Fuente: (Novak, 2020)

Gráfico 12 Perfil de limpieza relacionado con la con la concentracion



Fuente: (Novak, 2020)

Donde resulta que el tiempo de limpieza total del proceso es 30 min, si se logra optimizar con las recomendaciones dadas por María Novak, el tiempo de limpieza se puede reducir hasta 11.67 min.

V. RESULTADOS

5.1 Resultado del tiempo de lavado

El tiempo de lavado por ciclo es de 11.67 minutos, la secuencia de lavado consta de 4 ciclos, el cual inicia con agua y soda/acido a altas revoluciones del bowl (3000rpm), las revoluciones van decreciendo linealmente hasta bajas revoluciones de lavado con soda/acido y agua. Por lo tanto, el ciclo total de lavado dura 46.68 minutos. Ahora bien, el tiempo de lavado manual es de 8 horas, esto incluye el desmontaje, desarmado, armado y montaje de la separadora decantadora NX-934B. Por lo tanto, se redujo el tiempo de lavado de la separadora decantadora NX-934B en un 90 %.

5.2 Resultado del diseño de detalle

Del diseño final del sistema de tuberías se obtiene:

Tubería AISI INOX 304 Ø 2.5", con una longitud total de 47 m. Tubería AISI INOX 304 Ø 3", con una longitud total de 7.2 m. En ambos tramos se usará válvula mariposa con asiento de EPDM.

Del tanque CIP se obtiene:

Tanque de espesor 3 mm, diámetro del tanque es 1.9 m, la altura es de 3 metros y el volumen total del tanque es 9.34 m³.

De la selección de bomba se obtiene:

Para la salida del CIP: Bomba centrífuga de 2 HP, 1710 RPM, 60 hz, Ø impulsor 14 cm.

Para el retorno CIP: Se usará la bomba de licor de separadora, disponible en planta, cuya característica en potencia y caudal son suficientes para el retorno de los agentes de limpieza.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.

Se diseñó el sistema CIP tal como muestra los resultados en el capítulo anterior, se redujo notablemente el tiempo de lavado de la separadora decantadora NX-934B.

El diseño de sistema de tuberías permite a nuestro sistema CIP transportar el agente limpiador hacia la separadora decantadora NX-934B, realizando el lavado del equipo en menor tiempo, que un lavado convencional conocido en planta como un proceso de limpieza manual.

El diseño del tanque permite almacenar temporalmente los agentes limpiadores de nuestro sistema CIP, durante el proceso de limpieza recircularan por la separadora decantadora NX-934B, realizando el lavado del equipo en menor tiempo que un lavado convencional.

La selección de la bomba centrífuga permite impulsar los agentes limpiadores a través del sistema de tuberías hasta la separadora decantadora NX-934B, realizando el lavado del equipo en menor tiempo que un lavado convencional. El retorno de los agentes de limpieza, recuperados en el tanque de licor de separadoras, serán impulsados hacia los tanques CIP respectivos haciendo uso de la bomba de licor de separadora, ya disponible en planta. Cabe señalar, que los cálculos para la selección de la bomba es solamente para la salida CIP y para el retorno se usa la bomba de licor de separadora disponible.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

En el estudio realizado por Yang (2018), muestra a través de un prototipo de sistema CIP, que el tiempo de lavado total para dos depósitos es de 15 minutos, y recuperando todo el agente limpiador. En nuestro sistema CIP se recupera todo el agente limpiador y se demora 47 minutos, en su estudio para validar la limpieza

(Yang, 2018) usa un sensor de turbidez, en nuestro caso será por inspección visual por el momento.

En la investigación realizada por (Novak, 2020) donde analiza el proceso del sistema CIP a través de un modelo matemático, le resulta un tiempo de limpieza total de 11.67 minutos, en nuestro caso usando el mismo modelo matemático nos resultó 47 minutos ya que nuestro sistema consta de cuatro ciclos de lavado.

(Muñoz Saltos, 2018) en su rediseño de sistema CIP, realiza cálculos para tres silos de leche, en uno de los silos sus resultados son los siguientes: Longitud total de tubería 48 m para la salida del sistema, altura geodésica fue 8 m usando codos, válvulas mariposa, conexión en T y factor de seguridad de 2 m, su ADT resultó 38 m para lo cual utilizó una tubería de 2" de diámetro para un caudal de 30 m³/h y potencia del motor calculado de 7.3 HP. En nuestro caso trabajamos una tubería de 2.5 pulg. lo cual provoca menor caída de presión, usamos pocos accesorios comparados con su rediseño, nuestro caudal es de 25 m³/h, con lo cual nos resultó un ADT de 6.9 m y la potencia del motor 2 HP. Se muestra claramente la diferencia de accesorios empleados, la altura de elevación de (Muñoz Saltos, 2018) es mucho mayor. Es por ello que su motor es de mayor potencia.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.

Doy fe de que los resultados obtenidos y el uso de la data es de nuestra total responsabilidad.

VII. CONCLUSIONES

Se puede concluir que el diseño del sistema CIP para lavar la separadora decantadora NX-934B reduce notablemente su tiempo de lavado. Se puede implementar el diseño en cualquier planta de harina y aceite de pescado, solamente se hace un reajuste de las dimensiones y cálculos para poder adaptar el diseño a una planta en específico. Si la empresa pesquera logra implementar este diseño en su planta obtendrá beneficios económicos. En primer lugar, disminuye las horas hombre trabajo, mejora la calidad del producto, mayor disponibilidad de la separadora y otros beneficios. La matriz morfológica ayudó a seleccionar los materiales y accesorios adecuados y se logra satisfacer la lista de requisitos. Los datos fueron validados por expertos en diseño. El modelo matemático para determinar el tiempo de lavado fue de gran ayuda.

El diseño de sistema de tuberías, requiere de varios criterios, como por ejemplo la disposición de válvulas, disposiciones de las tuberías, etc. Para ello, es necesario tener experiencia en el área de proceso de harina y aceite de pescado. Se debe usar normas como la ASME B31.3 para obtener mejores resultados, tanto en el aspecto técnico como económico.

El tanque CIP diseñado tiene la capacidad suficiente para alimentar a todas las separadoras del área de aceite de pescado. Se logró diseñar usando la norma API 620, que sirve para tanques a baja presión. Se tomó criterios de fabricación de tanques para seleccionar la cantidad mínima de planchas requeridas. Estos datos fueron validados por expertos en diseño.

La bomba seleccionada impulsa al agente limpiador hacia la separadora decantadora NX-934B. La bomba debe ser con asiento de EPDM para que el ácido nítrico no lo deteriore en el tiempo. Para el cálculo de la potencia absorbida de la bomba, se consideró casos extremos como: nivel mínimo del tanque CIP altura máxima del sistema de tubería, con ello se logra una bomba de mayor capacidad.

VIII. RECOMENDACIONES

El diseño del sistema CIP deja las puertas abiertas para todo tipo de mejora e incorporaciones. Se puede automatizar todo el proceso de limpieza del sistema CIP, optimizando el ciclo de lavado. Se recomienda usar un intercambiador de calor a la salida de la bomba de suministro para un mejor control de la temperatura del agente limpiador. Se sugiere añadir al diseño un sistema de dilución para obtener la solución alcalina y ácida en sus respectivos tanques de almacenamiento. Para conseguir un mejor control de las revoluciones del bowl se aconseja implementar un variador de frecuencia al motor principal de la separadora, de esta manera se puede hacer un lavado a bajas revoluciones para un mejor resultado de la limpieza, de este modo los agentes limpiadores entraran en contacto con el transportador helicoidal, y no se limitará solamente al contacto con las paredes internas del bowl debido a la fuerza centrífuga.

Se recomienda añadir detalles sobre el proceso de soldadura, ya que al momento de ejecutar el proyecto es importante contar con un proceso de soldadura a seguir, así mismo diseñar el cordón de soldadura, material de aporte. Adicionalmente hacer un estudio más profundo para la selección de accesorios con el propósito de reducir las pérdidas. Se recomienda al proyectista a cargo de la ejecución de este diseño, incluir en su equipo de trabajo a soldadores homologados en la categoría 6G.

En ejecución del diseño del tanque se debe considerar soldadores con homologación de 6G. Se aconseja diseñar un tanque de almacenamiento de mayor capacidad para el agua, debido a que el proceso de limpieza con agua se hace a fondo perdido. Tener en consideración agregar un tanque más para almacenar el agua de enjuague, ya que contiene un porcentaje de soda o ácido, este líquido recuperado se usaría para el próximo lavado.

Para la selección de la bomba centrífuga se debe tener en consideración varios factores que influyen en decisión final, por lo cual se recomienda realizar un análisis

más exhaustivo para obtener una potencia final de la bomba que cubra todas las contingencias que se puedan generar durante la operación del sistema CIP. Para contrastar nuestros resultados es recomendable solicitar una cotización a un proveedor de bombas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOLPHUS S.A. Representante de Delval Flow Controls. servicio de venta de Valvulas. Lima : s.n. <https://www.adolphus.pe/>.
- ALFA LAVAL. 2010. Decantador Centrífugo. 2010. Manual del operario. Funcionamiento servicio de mantenimiento.
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. 2002. Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tank. decima. washington : API Publishing Services, 2002. <https://www.api.org/>.
- API 574. 2009. Prácticas de inspección para tuberías y componentes del sistema. Washington - EE.UU : API, 2009. Tercera edicion.
- ASME B31.3 . 2010. Tuberias de procesos. New York - EE.UU : The American Society of Mechanical Engineers, 2010.
- CENTRISYS. centrisys-cnp. [En línea] <https://www.centrisys-cnp.com/resource-hub/how-to-clean-a-decanter-centrifuge>.
- DARBY, R. Diseño del sistema de tuberías y cálculo de bombas. 2001, ingeniería hidraulica.<http://www.ugr.es/~aulavirtualpfc/qi/descargas/documentos/BOMBAS Y TUBERIAS.pdf>.
- DIVISA QUIMICA Y ASOCIADO. 2018. Acido nitrico - ficha tecnica. febrero de 2018. www.divisaquimica.com
- DN BRIDA. <http://www.dnbrida.com/espesor-tuberia-acero-inoxidable-sch-asme-b36.19m.php>.
- ESPINOZA M, Ciro Abelardo. 2013. Design methods in mechanical engineering. hawaii, 2013. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6811>.
- ESPINOZA M, Ciro. 2014. Metodología de investigacion tecnologica. [ed.] segunda edicion. Huancayo : Soluciones Gráficas S.A.C., 2014.
- GONZÁLES D. Davinia y PERERA V. Ricardo. 2018. Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento de un fluido de alta temperatura. Universidad politécnica de madrid. Madrid : s.n., 2018.
- HIDROSTAL. 2015. BOMBA CENTRIFUGA ISO 2858. 12 de 2015. catalogo1.<http://www.hidrostal.com.pe/pdf/catalogos/L1/CATALOGO%20LINEA-1%20EjeLibre2858.pdf>
- HORFASA. <http://www.horfasa.com/utilidades.php?lang=en&ide=41&card=3>.
- INGENIERÍA Y CONSTRUCCION LEON SA. Diseño y Cálculo de Tanques de Almacenamiento.Mexico.<https://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Dise%C3%B1o+y+c%C3%A1lculo+de+tanques+de+almacenamiento.pdf/cf73a420-13f2-248f-034a-d413cb8a3924>.
- KROST INGENIERIA S.A.C. Empresa de diseño e ingeniería de proyecto. lima: 21 años operando.
- LICEO AGB. <https://www.liceoagb.es/quimigen/diso5.html>.

- MOERMAN, F, RIZOULIÈRES, P y MAJLOOR, F.A. 2013. Cleaning in place (CIP) in food processing. [ed.] J.T. Holah and D. Napper H.L.M. Lelieveld. Cambridge - UK : s.n., 2013. Vol. 2da edicion.
- MOTT, R. L. 2006. Mecanica de fluidos. Mexico : Pearson Education, 2006.
- MUÑOZ S, Carlos Enrique. 2018. "Rediseño del sistema de captación de leche y red de tuberías con automatización para el transporte y limpieza de tres silos en la holandesa". Universidad internacional del ecuador. Quito - Ecuador. 2018. tesis para la obtención del título de ingeniero en mecatrónica.
- NOVAK, Maria. 2020. Estrategia óptima para desarrollar procedimientos de limpieza para máquinas de llenado equipadas con CIP. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad de Cincinnati. Cincinnati : s.n., 2020. Tesis para grado de maestria en Ciencia.
- PAHL, G, y otros. 2007. Engineering Design A Systematic Approach. tercera edicion. LONDRES : Springer-Verlag, 2007.
- REVILLA R. Diego. 2018. Sistema de limpieza CIP en una industria de fabricación de embutidos. España : Universidad de valladolid, 2018.
- MUÑOZ S. Carlos enrique. Tesis: "Rediseño del sistema de captación de leche y red de tuberías con automatización para el transporte y limpieza de tres silos en la holandesa". facultad de ciencias exactas y tecnologías aplicadas, Universidad internacional del ecuador. Quito: 2018. Tesis para obtencion de titulo.
- SOCIETY OF DAIRY TECHNOLOGY. 2008. Cleaning-in-Place. Dr Adnan Tamime. Reino unido : Blackwell Publishing, 2008. Vol. Third Edition. ISBN 978-1-4051-5503-8.
- SUINBASA. 2015. Sosa caustica liquida - Ficha tecnica. 2015.
<https://www.suinbasa.com/ficha/%5B0018%5D%5BSOSA%20CAUSTICA%20LIQUIDA%5D%5B5%5D%5Bes%5D.pdf>.
- SUMITEC. Suministros tecnicos s.a.
<http://www.sumiteccr.com/acero/inoxidable/AI07.pdf>.
- SUTHERLAND, K y RECORDS, A. 2001. Decanter centrifuge handbook. Primera edicion. UK : Elsevier Science Ltd, 2001.
- YANG, J. 2018. *Novel Strategies for Cleaning-in-Place*. DTU (Universidad Tecnica de Dinamarca). Kgs. Lyngby - Dinamarca : s.n., 2018. Tesis para obtener titulo de Doctor en ingenieria quimica y bioquimica

X. ANEXOS

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p>Problema general: ¿Cómo diseñar el sistema Cleaning In Place para reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado?</p>	<p>Objetivo general: Diseñar el sistema Cleaning In Place para reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.</p>	<p>Hipótesis general: El diseño del sistema Cleaning In Place reduce el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Sistema Cleaning In Place</p>	<p>Sistema de tuberías</p> <p>Tanques de dilución y almacenamiento</p> <p>Equipo de bombeo</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Investigación Tecnológica</p> <p>MÉTODO:</p> <p>Método de diseño</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:</p> <p>La investigación es de diseño no experimental</p> <p>TÉCNICA:</p> <p>Análisis documental</p> <p>INSTRUMENTOS:</p> <p>Ficha de recolección de datos</p>	<p>POBLACIÓN:</p> <p>05 separadoras decantadoras</p> <p>MUESTRA:</p> <p>Separadora decantadora NX-934-B</p>
<p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cómo diseñar el sistema de tuberías que permita al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado?</p> <p>¿Cómo diseñar los tanques CIP que permita al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado?</p> <p>¿Cómo seleccionar el equipo de bombeo que permita al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>Diseñar el sistema de tuberías que permita al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.</p> <p>Diseñar los tanques CIP que permita al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.</p> <p>Seleccionar el equipo de bombeo que permita al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado en la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.</p>	<p>Hipótesis específicas:</p> <p>El diseño del sistema de tuberías permite al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado de la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.</p> <p>El diseño de los tanques CIP permite al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado de la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.</p> <p>El equipo de bombeo seleccionado permite al sistema Cleaning In Place reducir el tiempo de lavado de la separadora decantadora NX-934B de una planta de harina y aceite de pescado.</p>		<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Tiempo de lavado</p>			Método de limpieza

ANEXO 2 CUADRO DE CAUDALES PARA DISTINTOS DIAMETROS DE ROTOR DE
SEPARADORA EN VELOCIDAD ALTA

CIP de alta velocidad		
Diámetro del rotor	Tubo de alimentación	Boquillas de CIP en carcasa/tapa a 3 bar
[mm]	[litros/hora]	[litros/hora]
200	1500	3000
280	5500	7400
353	10000	11000
450	20000	12000
480	<u>25000</u>	12000
575	45000	14000
740	100000	15000

Fuente: (Alfa laval, 2007) caudal para separadora NX-934B con diámetro de rotor 480 mm

ANEXO 3 ACERO AISI 304

1. Descripción: Debido a su buena resistencia a la corrosión, conformado en frío y soldabilidad, este acero es usado extensamente para la fabricación de utensilios domésticos, cuchillería, arquitectura y industrial entre otros, es un acero austenítico, aleado con Cr y Ni y bajo contenido de C que presenta una buena resistencia a la corrosión. En la condición de suministro resiste a la corrosión intergranular en el rango de 300°C y 350°C, no se requiere un tratamiento posterior al proceso de soldadura; tiene propiedades para embutido profundo, no es templeable ni magnético. Puede ser fácilmente trabajado en frío, sin embargo, el alto grado de endurecimiento que alcanza por el trabajo en frío, comparado con los aceros de baja aleación, hacen requerir de mayores esfuerzos para su proceso de conformado.

2. Normas involucradas: ASTM A 312/ A 312M

3. Propiedades mecánicas:

Resistencia a la fluencia 170 MPa
Resistencia máxima 485 MPa
Elongación 40 % (en 50mm)
Reducción de área 50 %
Módulo de elasticidad 190 GPa

4. Propiedades físicas: Densidad 7.8 g/cm³ (0.28 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.035 % C mín
2.00 % Mn
1.00 % Si
18.0 – 20.0 % Cr
8.0 – 12 % Ni
0.045 % P
0.030 % S

6. Usos: Sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

7. Tratamientos térmicos: Éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente.

Fuente: (Sumitec) características del acero inoxidable 304

ANEXO 4 TABLA DE VALORES DE COEFICIENTE "Y"

Tabla 304.1.1 Valores de coeficiente Y para $t < D/6$

Materiales	Temperatura, °C (°F)					
	≤ 482 (900 y menores)	510 (950)	538 (1.000)	566 (1.050)	593 (1.100)	≤ 621 (1.150 y mayores)
Aceros Ferriticos	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Aceros Austeniticos	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7
Otros metales ductiles	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Hierro Fundido	0,0	...	...	...	...	...

Fuente: (ASME B31.3 , 2010) tabla para hallar el valor de Y

ANEXO 5 VALORES DE ESFUERZO "S"

Tabla A-1 Esfuerzos permitidos básicos en tensión para metales¹ (cont.)

Los números en paréntesis se refieren a las notas para las Tablas del apéndice A; las especificaciones son ASTM a menos que se especifique de otra forma.

Material	No. espec.	N.º P o N.º S (5)	Grado	No. UNS	Notas	Temp. min. °F (6)	Mín. esfuerzo especificado, ksi		Temp. min. a 100	200	300	400	500	600
							Tensión	Elasticidad						
Acero inoxidable (3) (4^a) (continuación)														
Tuberías y tubos (2) (continuación)														
Tubo de 18Cr-8Ni	A 269	8	TP304	S30400	(14)(26)(28)(31)(36)	-425	75	30	20,0	20,0	20,0	18,6	17,5	16,6
Tubería de 18Cr-8Ni	A312	8	TP304	S30400	(26)(28)	-425	75	30	20,0	20,0	20,0	18,6	17,5	16,6
Tipo 304 A 240	A358	8	304	S30400	(26)(28)(31)(36)	-425	75	30	20,0	20,0	20,0	18,6	17,5	16,6
Tubería de 18Cr-8Ni	A 376	8	TP304	S30400	(20)(26)(28)(31)(36)	-425	75	30	20,0	20,0	20,0	18,6	17,5	16,6
Tubería de 18Cr-8Ni	A 376	8	TP304H	S30409	(26)(31)(36)	-325	75	30	20,0	20,0	20,0	18,6	17,5	16,6
Tubería de 18Cr-8Ni	A 409	8	TP304	S30400	(26)(28)(31)(36)	-425	75	30	20,0	20,0	20,0	18,6	17,5	16,6
Tubería de 18Cr-8Ni	A312	8	TP304H	S30409	(26)	-325	75	30	20,0	20,0	20,0	18,6	17,5	16,6
18Cr-10Ni-Mo	A 451	8	CPF8M	J92900	(26)(28)	-425	70	30	20,0	20,0	18,9	17,0	15,8	15,0
Tubo de 20Cr-Cu	A 268	10	TP443	S44300	(35)	-20	70	40	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3
Tubo de 27Cr	A 268	10I	TP446	S44600	(35)	-20	70	40	23,3	23,3	22,5	21,9	21,5	20,9
24Cr-9Ni-N	A 451	8	CPE20N	...	(35)(39)	-325	80	40	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7
23Cr-4Ni-N	A 789	10H	...	S32304	(25)	-60	87	58	29,0	27,9	26,1	24,7	22,9	19,2
23Cr-4Ni-N	A 790	10H	...	S32304	(25)	-60	87	58	29,0	27,9	26,1	24,7	22,9	19,2
12%Cr	A 426	6	CPCA-15	J91150	(10)(35)	-20	90	65	30,0	...	...	...	...	...
22Cr-5Ni-3Mo	A 789	10H	...	S31803	(25)	-60	90	65	30,0	30,0	28,9	27,8	27,2	26,9
22Cr-5Ni-3Mo	A 790	10H	...	S31803	(25)	-60	90	65	30,0	30,0	28,9	27,8	27,2	26,9
26Cr-4Ni-Mo	A 789	10H	...	S32900	(25)	-20	90	70	30,0	...	...	...	...	...
26Cr-4Ni-Mo	A 790	10H	...	S32900	(25)	-20	90	70	30,0	...	...	...	...	...
25Cr-8Ni-3Mo-W-Cu-N	A 789	S-10H	...	S32760	(25)	-60	109	80	36,3	35,9	34,4	34,0	34,0	34,0

Fuente: (ASME B31.3 , 2010) tabla para hallar el valor de S

ANEXO 6 VALORES DE CALIDAD "E"

Tabla A-1B factores de calidad básicos para juntas longitudinales soldadas en tuberías, tubos y accesorios, E_j (cont.)

Estos factores de calidad son determinados de acuerdo con el párrafo 302.3.4(a). vea también párrafo 302.3.4(b) y Tabla 302.3.4 para factores de calidad incrementados aplicables a casos especiales. Las especificaciones, excepto API, son ASTM.

No. espec.	Clase (o tipo)	Descripción	$E_j(2)$	Notas. Apéndice A
Acero de baja y media aleación (continuación)				
A 672	12, 22, 32, 42, 52	Tubería soldada por fusión eléctrica, 100% radiografiado	1.00	...
	13, 23, 33, 43, 53	Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón doble a tope	0.85	(78)
A 691	12, 22, 32, 42, 52	Tubería soldada por fusión eléctrica, 100% radiografiado	1.00	...
	13, 23, 33, 43, 53	Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón doble a tope	0.85	(78)
Acero inoxidable				
A 182	...	Forjas y accesorios	1.00	...
A 268	...	Tubo sin costura	<u>1.00</u>	...
		Tubo soldado por fusión eléctrica, cordón doble a tope.	0.85	...
		Tubo soldado por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 269	...	Tubo sin costura	1.00	...
		Tubo soldado por fusión eléctrica, cordón doble a tope.	0.85	...
		Tubo soldado por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 312	...	Tubo sin costura	1.00	...
		Tubo soldado por fusión eléctrica, cordón doble a tope.	0.85	...
		Tubo soldado por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 358	1, 3, 4	Tubería soldada por fusión eléctrica, 100% radiografiado	1.00	...
	5	Tubería soldada por fusión eléctrica, radiografía por lotes	0.90	...
	2		0.85	...
A 376	...	Tubería sin costura	1.00	...
A 403	...	Accesorios sin costura	1.00	...
		Accesorio soldado, 100% radiografiado	1.00	(16)
		Accesorio soldado, cordón doble a tope.	0.85	...
		Accesorio soldado, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 409	...	Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón doble a tope.	0.85	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 487	...	Fundiciones de acero	0.80	(9)(40)
A 789	...	Tubería sin costura	1.00	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, 100% radiografiado	1.00	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón doble a tope	0.85	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 790	...	Tubería sin costura	1.00	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, 100% radiografiado	1.00	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón doble a tope	0.85	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 815	...	Accesorios sin costura	1.00	...
		Accesorio soldado, 100% radiografiado	1.00	(16)
		Accesorio soldado, cordón doble a tope.	0.85	...
		Accesorio soldado, cordón sencillo a tope	0.80	...

Fuente: (ASME B31.3 , 2010) tabla para hallar el valor de E

ANEXO 7 VALORES DE “OD” PARA DIAMETROS NOMINALES DE TUBERIA INOX

Tabla 2 Tamaño nominal de tubería (SNSP), Horarios, y aspectos de los tubos de acero inoxidable

Pipe Size (NPS)	Pipe Size (DN)	Actual OD (in.)	Actual OD (mm)	Schedule	Wall Thickness (in.)	Wall Thickness (mm)
1/8	6	0.405	10.3	10S	0.049	1.24
				40S	0.068	1.73
				80S	0.096	2.41
1/4	8	0.540	13.7	10S	0.065	1.65
				40S	0.088	2.24
				80S	0.119	3.02
3/8	10	0.675	17.1	10S	0.065	1.65
				40S	0.091	2.31
				80S	0.128	3.20
1/2	15	0.840	21.3	5S	0.065	1.65
				10S	0.083	2.11
				40S	0.109	2.77
				80S	0.147	3.73
3/4	20	1.050	26.7	5S	0.065	1.65
				10S	0.083	2.11
				40S	0.113	2.87
				80S	0.154	3.91
1	25	1.315	33.4	5S	0.065	1.65
				10S	0.109	2.77
				40S	0.133	3.38
				80S	0.179	4.55
1 1/4	32	1.660	42.2	5S	0.065	1.65
				10S	0.109	2.77
				40S	0.140	3.56
				80S	0.191	4.85
1 1/2	40	1.900	48.3	5S	0.065	1.65
				10S	0.109	2.77
				40S	0.145	3.68
				80S	0.200	5.08
2	50	2.375	60.3	5S	0.065	1.65
				10S	0.109	2.77
				40S	0.154	3.91
				80S	0.210	5.34
2 1/2	65	2.875	73	5S	0.083	2.11
				10S	0.120	3.05
				40S	0.203	5.16
				80S	0.276	7.01
3	80	3.500	88.9	5S	0.083	2.11

Fuente: (API 574, 2009) tabla para hallar diámetro exterior de tubería “D”

ANEXO 8 VALORES DE FACTOR DE REDUCCION "W"

resistencia
Tabla 302.3.5 Factor de reducción de ~~solidez~~ de soldadura, W

Grupo de aceros	Temperatura del componente, T_c , °C (°F)														
	427 (800)	454 (850)	482 (900)	510 (950)	538 (1,000)	566 (1,050)	593 (1,100)	621 (1,150)	649 (1,200)	677 (1,250)	704 (1,300)	732 (1,350)	760 (1,400)	788 (1,450)	816 (1,500)
CrMo [Notas (1)–(3)]	1	0,95	0,91	0,86	0,82	0,77	0,73	0,68	0,64	...	...	...	...	...	...
CSEF (N + T) [Notas (3)–(5)]	1	0,95	0,91	0,86	0,82	0,77	...	...	...	...	...	...
CSEF [Notas (3) y (4)] (PWHT subcrítico)	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	...	...	...	...	...	...
Soldaduras autógenas en acero inoxidable austenítico grado 3xx y aleaciones de níquel N088xx y N066xx [Nota (6)]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Acero inoxidable austenítico grado 3xx y aleaciones de níquel N088xx [Notas (7) y (8)]	1	0,95	0,91	0,86	0,82	0,77	0,73	0,68	0,64	0,59	0,55	0,5
Otros materiales [Nota (9)]

NOTAS GENERALES:

- (a) Los factores de reducción de ~~solidez~~ de soldadura a temperaturas por encima del límite superior de temperatura indicado en el Apéndice A para el metal base, o fuera del rango aplicable en la Tabla 302.3.5, son responsabilidad del diseñador. A temperaturas por debajo de aquellas en las que se indican los factores de reducción de solidez de soldadura, se deberá utilizar un valor de 1,0 para el factor W cuando se requiera; sin embargo, las reglas adicionales de esta tabla y las notas no son aplicables.
- (b) $T_G = 25$ °C (50 °F) por debajo de la temperatura que identifica el inicio de las propiedades variables en función del tiempo indicadas en "NOTAS: PROPIEDADES VARIABLES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO" (T_{xx}) en las Notas de la Tabla 1A de la Parte D, Sección II, del Código BPV, para los metales base unidos por soldadura. Para los materiales no indicados en la Parte D, Sección II, del Código BPV, T_G deberá ser la temperatura en la que los criterios de la tasa de arrastre o ruptura por esfuerzo en los párrafos 302.3.2(d)(4), (5) y (6) rigen el valor de esfuerzo permitido básico de los metales unidos por soldadura. Cuando los metales base difieren, se deberá utilizar el valor más bajo de T_G para la junta soldada.
- (c) T_i = temperatura, °C (°F), del componente para la condición de presión-temperatura de operación coincidente, i , en consideración.
- (d) **NOTA DE PRECAUCIÓN:** Son muchos los factores que pueden afectar la vida de una junta soldada a temperatura elevada. Todos esos factores no se pueden abordar en una tabla de factores de reducción de solidez de soldadura. Por ejemplo, los problemas de fabricación, como la desviación de una forma circular verdadera (por ejemplo, la formación de "picos" en las costuras longitudinales de la soldadura) o una deformación en la junta soldada, pueden aumentar el esfuerzo y, por consiguiente, reducir la vida útil. Se recomienda controlar estas desviaciones.

NOTAS:

- (1) Los aceros Cr–Mo incluyen: ½ Cr–½ Mo, 1 Cr–½ Mo, 1¼ Cr–½ Mo–Si, 2¼ Cr–1 Mo, 3 Cr–1 Mo, 5 Cr–½ Mo, 9 Cr–1 Mo. Las soldaduras longitudinales se deberán normalizar, normalizar y templar o someter a un tratamiento térmico post soldadura subcrítico (PWHT, por sus siglas en inglés) para la aleación. El examen requerido es conforme a los párrafos 341.4.4 ó 305.2.4.
- (2) No se permite la construcción soldada por fusión con costura longitudinal para acero C–½ Mo por encima de los 850 °F.
- (3) El contenido requerido de carbono del metal de aporte de la soldadura deberá ser ≥ 0.05 % de C por peso. Vea el párrafo 341.4.4(b) para consultar los requisitos de examen. Índice de basicidad del flujo de la soldadura por arco sumergido (SAW, por sus siglas en inglés) ≥ 1.0 .
- (4) Los aceros ferríticos con resistencia a la fluencia lenta mejorada (CSEF, por sus siglas en inglés) incluyen los grados 91, 92, 911, 122 y 23.
- (5) N + T = normalización + PWHT de templado.
- (6) Soldadura autógenas sin metal de aporte en acero inoxidable austenítico (grado 3xx) y aleaciones de níquel austenítico UNS N.º N066xx y N088xx. Para usar los factores de la Tabla, se necesita un recocido por solubilización después de la soldadura. Vea el párrafo 341.4.3(b) para consultar los requisitos de examen.
- (7) Como alternativa, los factores de ruptura por esfuerzo de 100.000 hr. indicados en la Sección III de ASME, División 1, Subsección NH, Tablas I-14.10 A-xx, B-xx, y C-xx, pueden utilizarse como el factor de reducción de solidez de soldadura para los materiales y consumibles de soldadura especificados.
- (8) Determinados calores de los aceros inoxidables austeníticos, particularmente para aquellos grados cuya resistencia a la fluencia esté mejorada mediante la precipitación de carburos y carbonitruros resistentes a la temperatura, pueden sufrir una condición de fragilidad en la zona afectada por el calor de la soldadura que puede llevar a la falla prematura de los componentes soldados que operan a temperaturas elevadas. Un tratamiento térmico de recocido por solubilización del área soldada puede mitigar esta susceptibilidad.

Fuente: (ASME B31.3 , 2010) tabla para hallar el valor de "W".

ANEXO 9 TABLA DE TUBERIAS DE ACERO INOX SCH 10

Tamaño Nominal		Diámetro exterior tubería in (mm)	SCH 5S	SCH 10S	SCH 40S	SCH 80S
NPS in	DN mm		in (mm)	in (mm)	in (mm)	in (mm)
1/8	6	0.405 (10.3)	... (...)	0.049 (1.24)	0.068 (1.73)	0.095 (2.41)
1/4	8	0.54 (13.7)	... (...)	0.065 (1.65)	0.088 (2.24)	0.119 (3.02)
3/8	10	0.675 (17.1)	... (...)	0.065 (1.65)	0.091 (2.31)	0.126 (3.2)
1/2	15	0.84 (21.3)	0.065 (1.65)	0.083 (2.11)	0.109 (2.77)	0.147 (3.73)
3/4	20	1.05 (26.7)	0.065 (1.65)	0.083 (2.11)	0.113 (2.87)	0.154 (3.91)
1	25	1.315 (33.4)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.133 (3.38)	0.179 (4.55)
1 1/4	32	1.66 (42.2)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.14 (3.56)	0.191 (4.85)
1 1/2	40	1.9 (48.3)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.145 (3.68)	0.2 (5.08)
2	50	2.375 (60.3)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.154 (3.91)	0.218 (5.54)
2 1/2	65	2.875 (73)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.203 (5.16)	0.276 (7.01)
3	80	3.5 (88.9)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.216 (5.49)	0.3 (7.62)
3 1/2	90	4 (101.6)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.226 (5.74)	0.318 (8.08)
4	100	4.5 (114.3)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.237 (6.02)	0.337 (8.56)
5	125	5.563 (141.3)	0.109 (2.77)	0.134 (3.4)	0.258 (6.55)	0.375 (9.53)
6	150	6.625 (168.28)	0.109 (2.77)	0.134 (3.4)	0.28 (7.11)	0.432 (10.97)

Fuente: (DN BRIDA) Tabla de espesores de tubos inox según schedule

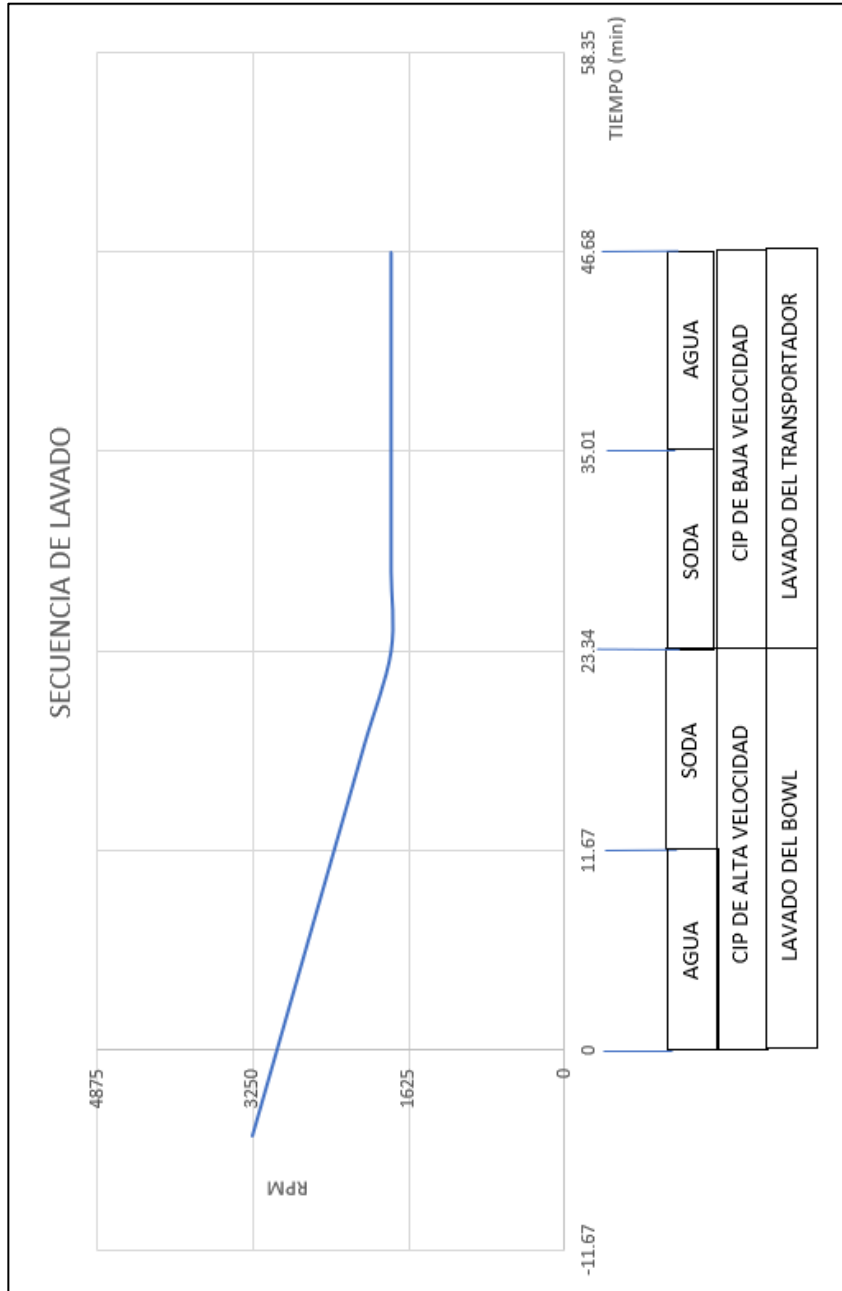
ANEXO 10 VALORES DE COEFICIENTE DE RESISTENCIA "K"

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D
Válvula de globo—abierta por completo	340
Válvula de ángulo—abierta por completo	150
Válvula de compuerta—abierta por completo	8
— $3/4$ abierta	35
— $1/2$ abierta	160
— $1/4$ abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo bola	150
Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a 8 pulg	45
—10 a 14 pulg	35
—16 a 24 pulg	25
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420
Válvula de pie—tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar—con flujo directo	20
—con flujo en el ramal	60

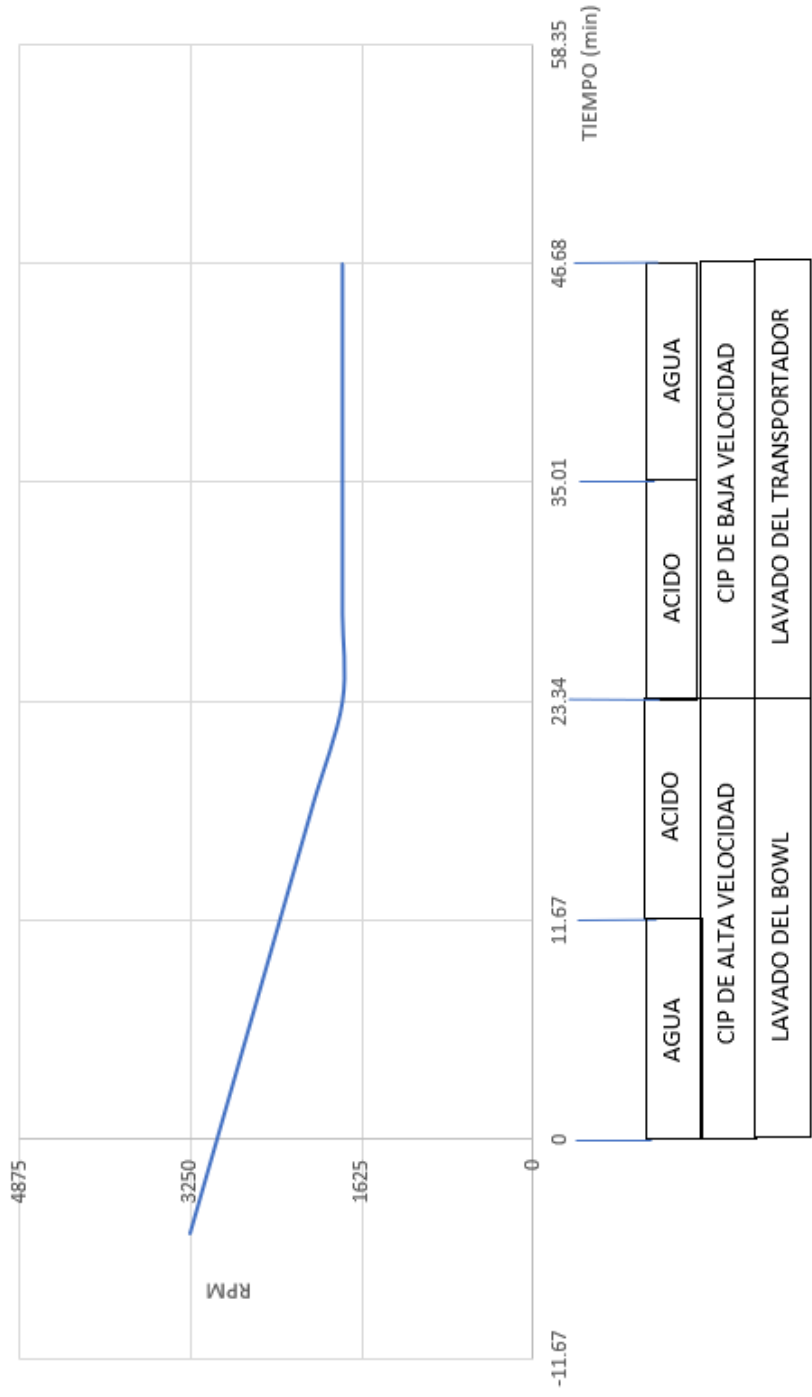
Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f
$1/2$	0.027	$3\frac{1}{2}$, 4	0.017
$3/4$	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
$1\frac{1}{4}$	0.022	8–10	0.014
$1\frac{1}{2}$	0.021	12–16	0.013
2	0.019	18–24	0.012
$2\frac{1}{2}$, 3	0.018		

Fuente: (MOTT, 2006)

ANEXO 11 SECUENCIA DE LAVADO CON SISTEMA CIP



SECUENCIA DE LAVADO



ANEXO 12 TABLA DE PROPIEDADES DEL AGUA

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

ANEXO 13 RUGOSIDAD DEL MATERIAL

material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (pie)
vidrio	liso	liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro ductil, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro ductil, no recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-7}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Fuente: (MOTT, 2006)

ANEXO 14 PROPIEDADES DEL ACIDO NITRICO

SECCIÓN 9 – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Estado físico:	Líquido.
Color:	Amarillo.
Olor:	irritante, pungente y asfixiante.
Umbral olfativo:	0,29 - 0,98 ppm; 0,75 - 2,5 mg/m ³
pH:	1 (6 %)
Punto de fusión / de congelación:	-42°C (-43,6°F) a -38°C (-36,4°F)
Punto / intervalo de ebullición:	83°C (181,4°F) a 122°C (251,6°F)
Tasa de evaporación:	N/D
Punto de inflamación:	N/D
Límites de inflamabilidad:	N/D
Presión de vapor (20°C):	7,3 - 58,5 hPa
Densidad de vapor (aire=1):	2,2
Densidad (20°C):	1,413 – 1,513 g/cm ³
Solubilidad (20°C):	soluble en agua (exotérmica), soluble en éter.
Coef. de reparto (logK _{ow}):	-2,3
Temperatura de autoignición:	N/D
Temperatura de descomposición:	N/D
Viscosidad cinemática (cSt a 20°C):	0,59 – 1,42

Fuente: (divisa quimica y asociado, 2018)

ANEXO 15 PROPIEDADES DE LA SODA CUSTICA



SOSA CAUSTICA LIQUIDA



SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS (continúa)

Caracterización del producto:

Densidad a 20 °C:	1384 kg/m ³
Densidad relativa a 20 °C:	1,384
Viscosidad dinámica a 20 °C:	2,31 cP
Viscosidad cinemática a 20 °C:	1,67 cSt
Viscosidad cinemática a 40 °C:	No relevante *
Concentración:	No relevante *
pH:	No relevante *
Densidad de vapor a 20 °C:	No relevante *
Coefficiente de reparto n-octanol/agua a 20 °C:	No relevante *
Solubilidad en agua a 20 °C:	No relevante *
Propiedad de solubilidad:	No relevante *
Temperatura de descomposición:	No relevante *
Punto de fusión/punto de congelación:	No relevante *

Inflamabilidad:

Punto de inflamación:	No inflamable (>60 °C)
Temperatura de auto-inflamación:	No relevante *
Límite de inflamabilidad inferior:	No relevante *
Límite de inflamabilidad superior:	No relevante *

9.2 Información adicional:

Tensión superficial a 20 °C:	No relevante *
Índice de refracción:	No relevante *

*No relevante debido a la naturaleza del producto, no aportando información característica de su peligrosidad.

Fuente: (SUINBASA, 2015)

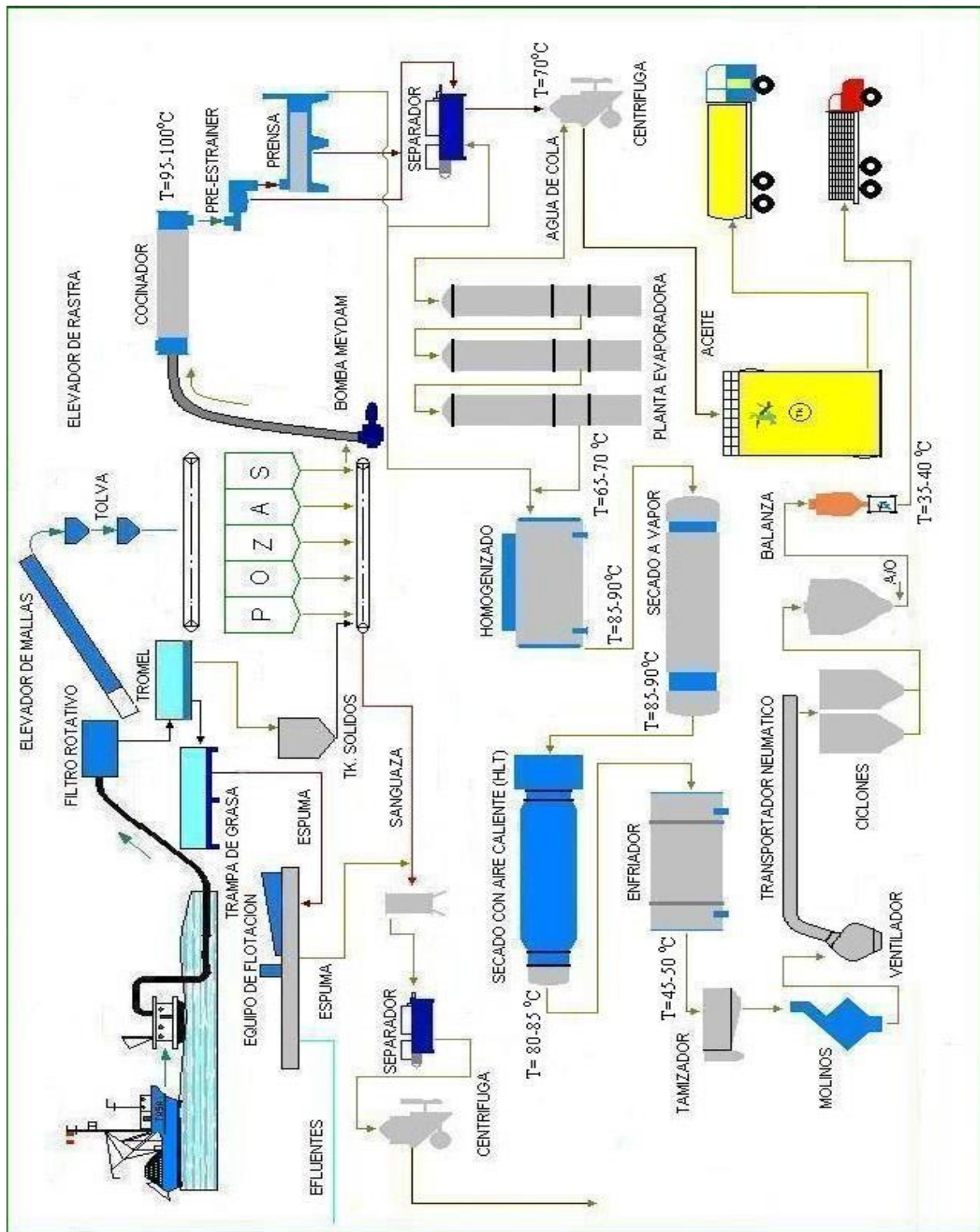
ANEXO 16 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ACERO

<u>Ventajas:</u>	<u>Desventajas:</u>
<ul style="list-style-type: none"> - <i>Resistencia elevada:</i> los aceros, en general, tienen una alta resistencia a la tracción. - <i>Homogeneidad:</i> reduce el riesgo de corrosión mejorando su calidad y fiabilidad. - <i>Elasticidad:</i> se acerca a un comportamiento lineal elástico hasta ciertos esfuerzos límites. - <i>Tenacidad:</i> absorbe grandes cantidades de energía cuando se deforma. - <i>Ductilidad:</i> se producen deformaciones previas a la rotura. - <i>Facilidad de unión con otros miembros:</i> fácil de soldar, unir a través de tornillos o remaches. - <i>Disponibilidad de secciones y tamaños:</i> su uso se encuentra muy extendido en el mercado y debido a la importante estandarización, hay total accesibilidad a diferentes geometrías. - <i>Se pueden prefabricar estructuras:</i> facilita el montaje en obra prefabricándolo en taller. - <i>Reciclable:</i> es totalmente reciclable y degradable. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Corrosión:</i> en general, los aceros poseen una baja resistencia a la corrosión, pero al tratarse de un acero inoxidable se puede disminuir este problema dado que contiene como mínimo un 10.5% de Cr que protege de la humedad. - <i>Fatiga:</i> al someter al acero a un gran número repetitivo de cargas con una cierta frecuencia puede provocar que falle a lo largo del tiempo. - <i>Pandeo:</i> los aceros tienen menor $\sigma_{c,adm}$, lo que provocaría que las estructuras pandearan con más facilidad. - <i>Resistencia al fuego:</i> en aceros no existe una alta resistencia al fuego pero, en comparación con otros metales, el acero inoxidable presenta la mayor resistencia al fuego en aplicaciones estructurales gracias a una temperatura de fluencia elevada (superior a 800° C).
<p>Fuente: (González Dorta, y otros, 2018)</p>	

ANEXO 17 ACEROS AUSTENÍTICOS

AISI 304	- Es el más significativo de los aceros inoxidables austeníticos. Posee buena resistencia a la corrosión y contiene principalmente 18%Cr, 8%Ni y $\leq 0.02\%C$. Puedellegar a darse la corrosión por picado ¹ en este tipo de aceros.
AISI 321	- acero con propiedades similares al anterior, pero con una adición de Ti que reduce la precipitación de carburos durante la soldadura. Se usa para aplicaciones a temperaturas entre 427°C y 816°C intermitentemente o de forma continua.
AISI 347H	- acero con alto contenido en Cr y que además contiene Nb, el cual evita la sensibilización ² . Al igual que el acero 321, éste puede trabajar a temperaturas continuas o intermitentes entre 427°C y 816°C.
AISI 316	- como mejora al acero 304, éstos poseen cierta cantidad de Mo (2%) que forma una capa más resistente evitando la corrosión por picado.
AISI 317	- acero inoxidable más resistente debido a la adición de S (0.001%), que provoca la reducción de la fragilidad en caliente.
AISI 321 y el 347	- son aceros inoxidables estabilizadores ya que también evitan el problema de sensibilización. Esto es debido a la adición de Ti o Ni, que poseen una mayor afinidad por el C que por el Cr, evitando la precipitación de carburos de Cr, permaneciendo éste como solución sólida.
AISI 304L, 316L y 317L	tipos de aceros inoxidables con elementos que eliminan la corrosión intergranular, ya que produce una estabilización que elimina la precipitación de carburos durante la soldadura (evita la sensibilización). Son aconsejables para aceros que trabajan a temperaturas entre 450°C y 850°C
AISI 316 Ti	tipo de aceros que mejoran el problema de sensibilización que posee el 316 debido a la adición de Ti. Son aconsejables para temperaturas de trabajo entre 400°C y 900°C
AISI 904 L	estos aceros poseen una mayor cantidad de elementos de aleación que mejoran la resistencia al picado así como la resistencia a la corrosión en medios ácidos.
AISI 304H y 316H	aceros que poseen mejores propiedades de resistencia mecánica prescindiendo de la importancia de la corrosión intergranular. Esto es debido a que poseen mayores cantidades de C (0.04-01%)
Fuente: (González Dorta, y otros, 2018)	

ANEXO 18 PROCESO DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO



Fuente: (KROST INGENIERIA S.A.C)

ANEXO 19 VALVULA MARIPOSA SERIE - 50 DE DELVAL



Características

- ✦ Conexión al vástago disponible en los tamaños estándar DeVal o en tamaños opcionales para coincidir con la perforación secundaria estándar en la placa superior.
- ✦ Placa superior con doble perforación para adaptarse a las dimensiones ISO 5211 y las dimensiones de círculo de perno secundario estándar. Todas las palancas, operadores de engranaje y accionadores neumáticos DelTorq están diseñados para montaje directo a las válvulas DeVal.
- ✦ La opción de un disco recubierto con Nylon PA 12 asegura una excelente resistencia ante la corrosión de varios medios químicos. El polímero sintético no poroso y duro tiene una higroscopicidad muy baja y es adecuado para uso en agua potable y productos alimenticios.
- ✦ Vástago de una pieza con accionamiento doble D de estrecha tolerancia elimina la necesidad de pasadores cónicos o tornillos en el disco.
- ✦ Juntas tóricas dobles moldeadas en los muñones superiores e inferiores proporcionan un sello secundario superior.
- ✦ El cuerpo de una pieza de alta resistencia tiene un cuello extendido para aislamiento de tubería de 2". El recubrimiento estándar es de dos capas de epoxi duro rico en zinc para una excelente resistencia ante la corrosión.
- ✦ El diseño del asiento de alta resistencia con ranurado cuadrado tiene sellos de juntas tóricas moldeados para servir como empaques de bridas. Los asientos de EPDM son curados con peróxido para producir las mejores propiedades elásticas del elastómero.
- ✦ Sistema de retención de vástago único para proporcionar un vástago antirreventones y un fácil montaje y desmontaje de la válvula.
- ✦ El buje de acetal de alta resistencia absorbe las fuerzas que actúan sobre el montaje del vástago/disco causadas por la presión de la línea.
- ✦ Sello bidireccional de copa en U para el vástago.
- ✦ El cuerpo de una pieza de alta resistencia tiene un cuello extendido para aislamiento de tubería de 2". El recubrimiento estándar es de dos capas de epoxi duro rico en zinc para una excelente resistencia ante la corrosión.
- ✦ Los dos orificios para ubicación de bridas de tamaños de hasta 12", y los cuatro orificios para ubicación de bridas desde un tamaño de 14" a 24" aseguran un alineamiento fácil de la válvula durante la instalación. Éstos cumplen con el estándar ANSI #125 /150, y otros estándares internacionales de perforación.
- ✦ Disco de alta resistencia con cubos y borde de disco pulidos a mano.
- ✦ El radio mecanizado con precisión en los cubos superior e inferior del disco se presiona contra las caras de sellado superior e inferior del asiento para lograr un sellado principal entre el disco y el asiento.



Fuente: (ADOLPHUS S.A).

ANEXO 20 MATERIAL DE LA VÁLVULA MARIPOSA Y SUS COMPONENTES

Materiales de construcción

Cuerpo

- ◊ Hierro fundido ASTM A126 Clase B/IS 210 FG 260
- ◊ Hierro dúctil ASTM A395 60-40-18
- ◊ Acero al carbono ASTM A 216 WCB

Disco

- ◊ Hierro Dúctil ASTM A536 Grado 65-45-12 + Recubierto de Nylon 12
- ◊ Hierro Dúctil ASTM A 536 Grado 65-45-12 + Recubierto de Aroxy
- ◊ Acero inoxidable ASTM A351 Grado CF8M

Vástago

- ◊ Acero inoxidable ASTM A479 Tipo 410
- ◊ Acero inoxidable ASTM A276 Tipo 316
- ◊ ASTM A564 Tipo 630 (17-4PH)

Rango de temperatura del asiento:

Tipo de asiento	Rango de temperatura	
	Min.	Máx.
EPDM/ EPDM BLANCO	-20° F (-29°C)	302° F (150°C)
BUNA-N / BUNA-N BLANCO	0° F (-18°C)	212° F (100°C)
Viton® (FKM)	0° F (-18°C)	392° F (200°C)
Silicona#	-58° F (-50°C)	392° F (200°C)

La presión nominal máxima está limitada a 6 Bar.
Viton® es una marca registrada de E.I. DuPont.

Asiento

- ◊ EPDM/ EPDM Blanco - Grado alimenticio
- ◊ BUNA-N/ BUNA-N Blanco - Grado alimenticio
- ◊ Viton® (FKM)
- ◊ Silicona

Estándar de fabricación y diseño general:

API 609 / BS EN -593

Estándar de pruebas: API 598 / BS EN 12266-1

Presión nominal:

Para corte hermético bidireccional tipo burbuja y para servicio de vacío completo con el disco en posición cerrada.

Pulg.	DN	PSIG	BARG
2" - 24"	50-600	230	16
2" - 12"	50-300	175	12
2" - 24"	50-600	150	10
4" - 24"	100-600	87	6
4" - 24"	100-600	50	3.5

*Opcional, contacte a la fábrica para detalles.

Servicio en extremo cerrado: Sin tener una brida aguas abajo instalada, las presiones nominales en extremos cerrados son iguales a los valores arriba mencionados.



** Nota: Repuestos recomendados

Fuente: ADOLPHUS S.A. representante de Delval Flow Controls.

ANEXO 21 GUIA DE RESISTENCIA QUIMICA

	SBR	NR	NEOPRENO	NBR	EPDM	IIR	HYPALON	SILICONA	VITON	KALREZ
Aceite Transformador	■	■	▲	●	■	■	▲	▲	●	●
Aceites Minerales	■	■	■	●	■	■	▲	▲	●	●
Aceites Pesados	-	-	-	-	-	-	●	-	●	●
Acetileno	●	■	▲	●	■	■	●	▲	●	●
Acetona	▲	▲	▲	■	●	●	▲	■	■	●
Ácido acético (10%)	●	■	▲	■	●	●	▲	●	■	●
Ácido adípico	●	●	●	●	●	●	-	-	-	●
Ácido bromhídrico (37%)	■	●	■	■	●	●	●	■	●	●
Ácido clorhídrico (37%)	▲	■	■	▲	▲	▲	●	■	●	●
Ácido crómico (40%)	■	■	■	■	▲	■	▲	■	●	●
Ácido fluorhídrico (48%)	■	▲	●	■	▲	▲	●	■	●	-
Ácido fórmico	●	▲	▲	■	●	■	●	▲	■	●
Ácido fosfórico (50%)	▲	▲	▲	■	●	●	●	▲	●	●
Ácido nítrico (10%)	■	▲	▲	■	●	●	●	▲	●	●
Ácido oxálico	●	▲	▲	▲	▲	●	●	▲	●	●
Ácido sulfúrico (10%)	▲	▲	▲	▲	●	●	●	■	▲	●
Ácido tánico	●	●	▲	●	●	●	●	▲	●	●
Agua	●	●	-	●	●	●	●	●	●	●
Agua marina	●	●	▲	●	●	●	●	●	●	●
Aguarrás	■	■	■	●	■	■	■	■	●	●
Aire	-	●	●	●	●	●	-	●	●	●
Alcohol butílico (50 °C)	●	●	●	●	▲	▲	●	▲	●	●
Glicol Etileno	●	▲	●	●	●	●	●	●	●	●
Hidróxido de Sodio (50%)	●	▲	▲	▲	▲	▲	●	▲	■	●
Hidróxido de Amonio (10%)	■	▲	▲	▲	●	●	●	▲	▲	●
Hidróxido de Calcio	●	▲	●	▲	●	●	●	▲	●	●

- Recomendado
- ▲ Recomendado dependiendo de las condiciones de operación
- NO recomendado

Fuente: ADOLPHUS S.A. representante de Delval Flow Controls.

ANEXO 22 TABLA DE PRESION DE VAPOR DEL AGUA

$t_{\text{sat}}(^{\circ}\text{C})$	$p_{\text{sat}}(\text{kPa})$
0	0.6105
5	0.8722
10	1.228
20	2.338
30	4.243
40	7.376
50	12.33
60	19.92
70	31.16
80	47.34
90	70.10
100	101.3

Fuente: (LICEO AGB)

ANEXO 23 CUADRO DE COSTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y ENERGÍA



DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO: DISEÑO , FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA CIP PARA PLANTA PESQUERA						
DESCRIPCIÓN						
1 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE NUEVE (09) VÁLVULAS TIPO MARIPOSA CON SUS RESPECTIVAS BRIDAS						
2 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BOMBA DE SISTEMA CIP - INOX. De 25 m3/h - 2 bar						
3 FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TRES (03) TANQUES DE ACERO INOX. 304 DE 9.34 m3 DE VOLUMEN PARA SOLUCIONES DE AGUA SODA Y ÁCIDO						
4. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE ACERO INOX. PARA INSTALACIÓN DE LÍNEAS DE INGRESO Y RETORNO DE SISTEMA CIP						
5. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FLUJÓMETROS						
OBSERVACIONES:						
PLAZO DE ENTREGA (DÍAS ÚTILES): 25 días						
I. DETALLE DE LOS MATERIALES APORTADOS POR EL CONTRATISTA						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U US\$	US \$ V. TOTAL	
1	VALVULA MARIPOSA DIAMETRO 2 1/2" MARCA: DELVAL FLOW	UNID	6	\$72.00	\$432.00	
1	VALVULA MARIPOSA DIAMETRO 3" MARCA: DELVAL FLOW CONTROLS /	UNID	7	\$59.00	\$413.00	
1	BOMBA CIP - INOX.marca HIDROSTAL de 25 m3/h-3HP	UNID	1	\$3,500.00	\$3,500.00	
1	TUBO INOX. AISI 304 SCH 10 DE Ø2 1/2" x 6 000	UNID	2	\$187.30	\$374.60	
1	TUBO INOX. AISI 304 SCH 10 DE Ø3" x 6 000	UNID	9	\$174.97	\$1,574.73	
1	TUBO INOX. AISI 304 SCH 10 DE Ø4" x 6 000	UNID	2	\$238.04	\$476.08	
1	CODO INOX. AISI 304 SCH 10 Ø2 1/2" x 90°	UNID	6	\$6.13	\$36.78	
1	CODO INOX. AISI 304 SCH 10 Ø3" x 90°	UNID	7	\$8.13	\$56.91	
1	BRIDA SLIP ON INOX. AISI 304 ANSI B 16.5 150 PSI Ø 2.1/2"	UNID	12	\$17.11	\$205.32	
1	BRIDA SLIP ON INOX. AISI 304 ANSI B 16.5 150 PSI Ø 3"	UNID	14	\$22.26	\$311.64	
1	RED. CONC. INOX. AISI 304 SCH 10 3" X 2.1/2"	UNID	4	\$6.00	\$24.00	
1	VALVULA MARIPOSA MANUAL marca BRAY DE 3"	UNID	6	\$60.00	\$360.00	
1	ACCESORIOS MECÁNICOS(PERNOS, ABRAZADERA, OTROS)	GLB	1	\$1,000.00	\$1,000.00	
1	TANQUE DE ACERO INOX. 304 DE 9.34 m3	UND	3	\$9,208.00	\$27,624.00	
1	FLUJOMETRO YOKOGAWA ELECTROMAGNÉTICO AXG100	UND	2	\$600.00	\$1,200.00	
				TOTAL	\$37,589.06	
OBSERVACIONES:						
II. DETALLE DE MATERIALES CONSUMIBLES APORTADOS POR EL CONTRATISTA						
ITEM	ESPECIALIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PU US\$	US \$ V. TOTAL	
1	GAS ARGON -10 M3	UNID	20	\$90.00	\$1,800.00	
2	APORTE DE SOLDADURA TIG	GLB	1	\$400.00	\$400.00	
3	SOLDADURA AW 1/8"	GLB	1	\$80.00	\$80.00	
4	SOLDINOX	GLB	1	\$280.00	\$280.00	
6	DISCOS DE CORTE	GLB	50	\$3.00	\$150.00	
				TOTAL	\$2,710.00	
OBSERVACIONES:						
III. DETALLE DE MANO DE OBRA FABRICACIÓN Y MONTAJES EN PLANTA						
ITEM	ESPECIALIDAD	PERSONAL	H-H	DIAS:	30	
1	INGENIERO SUPERVISOR Y SEGURIDAD	1	240	\$10.00	\$2,400.00	
3	ARMADOR MECÁNICO	3	240	\$8.00	\$5,760.00	
4	SOLDADOR	2	240	\$8.00	\$3,840.00	
5	AYUDANTE MECÁNICO	5	240	\$6.00	\$7,200.00	
TOTAL		11		TOTAL	\$19,200.00	
OBSERVACIONES						
IV. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	US \$ V. TOTAL	
1	MAQUINA DE SOLDAR	UNID	2	\$15.00	\$900.00	
2	AMOLADORAS	UNID	5	\$5.00	\$750.00	
3	STOCKAS , HERRAMIENTAS EN GENERAL	GLB	3	\$15.00	\$1,350.00	
4	MOVILIDAD	GLB	1	\$40.00	\$1,200.00	
				TOTAL	\$4,200.00	
OBSERVACIONES:						
V. SERVICIOS						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	US \$ V. TOTAL	
3	ALQUILER DE ANDAMIOS	DIAS	15	\$40.00	\$600.00	
4	TRANSPORTE DEMATERIALES LIMA - PUERTO MALABRIGO	GLB	1	\$800.00	\$800.00	
5	TRANSPORTE RETORNO DE ANDAMIOS Y HERRAM A LIMA	GLB	1	\$800.00	\$800.00	
				TOTAL	\$2,200.00	
OBSERVACIONES:						
VI. GASTOS DE MOVILIDAD, ALIMENTACION, ALOJAMIENTO Y TRASLADO DE PERSONAL A PLANTA						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	US \$ V. TOTAL	
2	ALIMENTACION Y ALOJAMIENTO DE PERSONAL- MALABRIGO	PERSONA	11	\$18.00	\$5,940.00	
				TOTAL	\$5,940.00	
VII. GASTOS DE SEGURIDAD						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	US \$ V. TOTAL	
1	POLIZAS SCTR	PERSONA	11	\$17.00	\$187.00	
2	EXAMEN MEDICO OCUPACIONAL	PERSONA	11	\$60.00	\$660.00	
3	EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL	PERSONA	11	\$80.00	\$880.00	
4	ARTICULOS DE SEGURIDAD	GLB	1	\$300.00	\$300.00	
5	ELABORACION DEL PLAN DE SEGURIDAD	GLB	1	\$255.00	\$255.00	
				TOTAL	\$2,282.00	
VIII. SUBTOTAL						
						\$74,121.06
IX. GASTOS DE INGENIERIA Y DISEÑO ,GASTOS ADMINISTRATIVOS , USO DE TALLER, PRUEBAS DE OPERACIÓN Y CAPACITACION						
INDICAR PORCENTAJE						
15%						TOTAL
						\$11,118.16
PRECIO FINAL US\$						
						\$85,239.22

ANEXO 24 TIEMPO DE LAVADO MANUAL DE SEPARADORA EN PLANTA PESQUERA

INFO Recibidos x



Hugo Guillen Mansilla (HAY-MLB) <hguillen@hayduk.com.pe>
para marco.veramendi@krost.com.pe

Paso lo solicitado.

CENTRIFUGA Y SEPARADORAS	CENTRIFUGAS	10/07/2021	31/07/2021	15	230.00	100%	40%
	TK LICOR DE PRENSA	20/07/2021	24/07/2021	4	-	100%	0%
	TK ACEITE PRODUCCION	20/07/2021	22/07/2021	3	-	100%	0%
	TK ACEITE PAMA	20/07/2021	22/07/2021	3	-	100%	0%
	TK LODO PRODUCCION	20/07/2021	23/07/2021	4	-	100%	0%
	TK LODO PAMA	21/07/2021	23/07/2021	3	-	100%	0%
	SEPARADORAS	20/07/2021	27/07/2021	6	-	100%	0%
	TK LICOR DE SEPARADORA PRODUCCION	20/07/2021	24/07/2021	4	-	100%	0%
	TK LICOR SEPARADORA PAMA	20/07/2021	24/07/2021	4	-	100%	0%
	FILTROS LICOR DE SEPARADORA	26/07/2021	31/07/2021	5	-	100%	0%
	TK SODA LAVADO CYF	26/07/2021	27/07/2021	2	-	100%	0%
	TK AGUA DURA	20/07/2021	27/07/2021	6	-	100%	0%
	INTERCAMBIADORES DE CALOR	26/07/2021	31/07/2021	5	-	100%	0%

Limpieza de 6 separadoras en 6 días.

Atte.



Hugo Guillen Mansilla | Gestor Harina y Aceite
Teléfono | Entel 998117204
Av. Playa Norte S/N Puerto Malabrigo

...

El cuadro fue proporcionado por la planta pesquera en estudio, el cual indica el rango de días usados para la limpieza de 6 separadoras NX-934, el encargado explica que se tardan en limpiar una separadora por día (08 horas).

ANEXO 25 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

OPERACIÓN DEL SISTEMA CIP

PREVIOS

1. Inspección visual de la posición de las válvulas.
2. Cerrar las líneas de producción, para que no se contamine con los agentes limpiadores.
3. Tener preparados los tanques CIP con sus respectivos agentes de limpieza (soda, ácido).
4. Iniciar la reducción de revoluciones del Bowl, ya que tiempo de desaceleración es prolongado.

SECUENCIA DE LAVADO

Para la operación del sistema CIP, existe dos secuencias de lavado: alta velocidad y baja velocidad

LAVADO A ALTA VELOCIDAD

Primer paso: lavado con agua a fondo perdido durante 11,67 min, esto servirá para poder retirar los residuos de la producción. En este paso, toda el agua se desecha (no recircula).

1. Abrir la válvula de salida del tanque de agua.
2. Encender la bomba de suministro.
3. Regular el flujo de salida a 25 m³/h con la válvula de regulación de caudal (válvula n°11- ver plano 03)
4. Abrir la válvula de la línea 24 (ver plano 03) para liberar el líquido al desagüe.

Segundo paso: lavado con soda/ácido por un periodo de 11.67min para desprender las partículas residuales de la superficie a lavar. En este paso, el agente de limpieza se recupera retornado al tanque de origen.

1. Cerrar la válvula de salida de tanque de agua y cerrar la válvula de la línea 24 (ver plano 03)
2. Abrir la válvula de salida del tanque de soda/ácido.

3. Encender la bomba 19, (ver plano 03) para retornar el agente limpiador del tanque de licor de prensas una vez que este haya alcanzado la $\frac{3}{4}$ parte de su capacidad de almacenamiento.
4. Abrir la válvula para habilitar la línea de retorno CIP

LAVADO A BAJA VELOCIDAD

Tercer paso: Se continúa el lavado con soda/acido por un periodo de 11.67min con la única diferencia del paso anterior es que el bowl gira a una velocidad mas lenta, con el objetivo de reducir la fuerza centrípeta y así el contacto del agente limpiador sea con toda la superficie del trasportador helicoidal que se en la zona interior del bowl.

Cuarto paso: enjuague con agua por un periodo de 11.67min para remover residuos de los agentes de limpieza. En este paso, el agua que contiene residuos de los agentes de limpieza se recupera retornado al tanque de origen para optimizar el lavado en la siguiente secuencia de lavado:

1. Cerra la válvula de salida del tanque de soda/ácido y cerrar la válvula para deshabilitar la línea de retorno CIP.
2. Abrir la válvula de salida del tanque de agua.
3. Apertura la línea de retorno al tanque de agua
4. Completado el periodo de 11.67min cerra válvula de regulación de caudal y apagar las la bomba de suministro
5. Apagar la bomba 19 una vez que el tanque de licor de prensas quede casi vacío.
6. Cerrar todas las válvulas.

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA CIP

Por tratarse de un sistema de limpieza interna, las tuberías y demás componentes se mantenimiento, limpios debido al flujo de los agentes de limpieza.

Los mantenimientos se enfocarían en las válvulas y bombas.

Válvula frecuencia de mantenimiento.

Limpieza y mantenimiento cada 3 meses

Bombas frecuencia de mantenimiento.

Cambio de aceite cada 2000 hrs de operación

Limpieza y mantenimiento cada 6 meses

ANEXO 266 EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

Análisis de Costo de lavado hora hombre del Sistema Cleaning In Place

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal, diseñar el sistema Cleaning In Place (CIP) para reducir el tiempo de limpieza en la separadora decantadora NX-934B, de tal manera que se optimice el tiempo en el proceso de limpieza de la separadora NX-934B.

Para lo cual, se ha realizado el análisis y comparación de los costos de lavado por hora hombre que se incurre durante el proceso de centrifugado anualmente. En un primer momento, se realizó el cálculo del costo de lavado sin el Sistema Cleaning In Place; en este sentido, se tiene un costo total anual por las 6 máquinas de S/.192,000.00 (Ciento noventa y dos mil con 00/100 Soles). Mientras que al realizar el cálculo del costo de lavado considerando el Sistema Cleaning In Place, este asciende a S/26,883.81 (Veintiséis mil ochocientos ochenta y tres con 81/100 Soles).

CUADRO XX:

Cálculo del costo de lavado sin el proyecto		Cálculo del costo de lavado con el proyecto	
Costo de lavado al mes	S/2,666.67	Costo de lavado	S/373.39
Costo de lavado al año	S/32,000.00	Costo de lavado al año	S/4,480.64
Costo Total por las 6 maquinas	S/192,000.00	Costo Total por las 6 maquinas	S/26,883.81

Asimismo, en relación a la diferencia del costo empleado, se tendría una reducción del costo anual en S/165,116.19 (Ciento sesenta y cinco mil ciento dieciséis con 19/100 soles), lo cual nos permitiría recuperar el costo a invertir del sistema (S/. 323,909.04 Trecientos veintitrés mil novecientos nueve con 04/100 soles), en un plazo de 1 año 11 meses y 16 días.

CUADRO XX:

Tiempo de recuperacion de la inversión	
Inversion Inicial en dólares del sistema	85,239.22
Tipo de Cambio	3.80
Inversión Inicial en soles del sistema	S/323,909.04
Ahorro anual (Dif. de costos)	S/165,116.19

Calculo de la AÑO:

Tiempo de recuperacion de la inversión 1.96

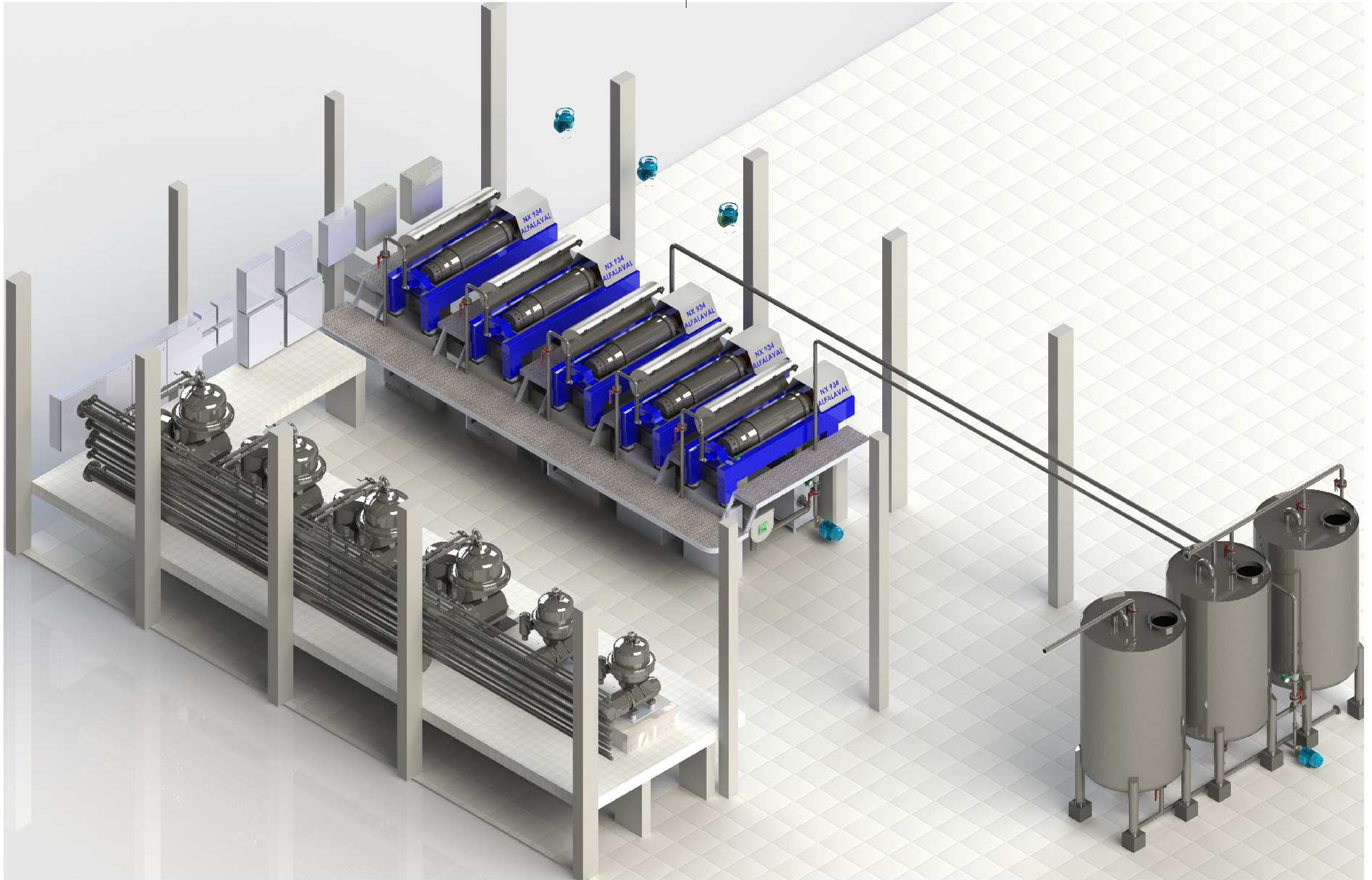
Calculo de la MES:

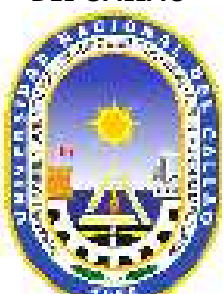
1 → 12 x → 11.52
 0.96 → X

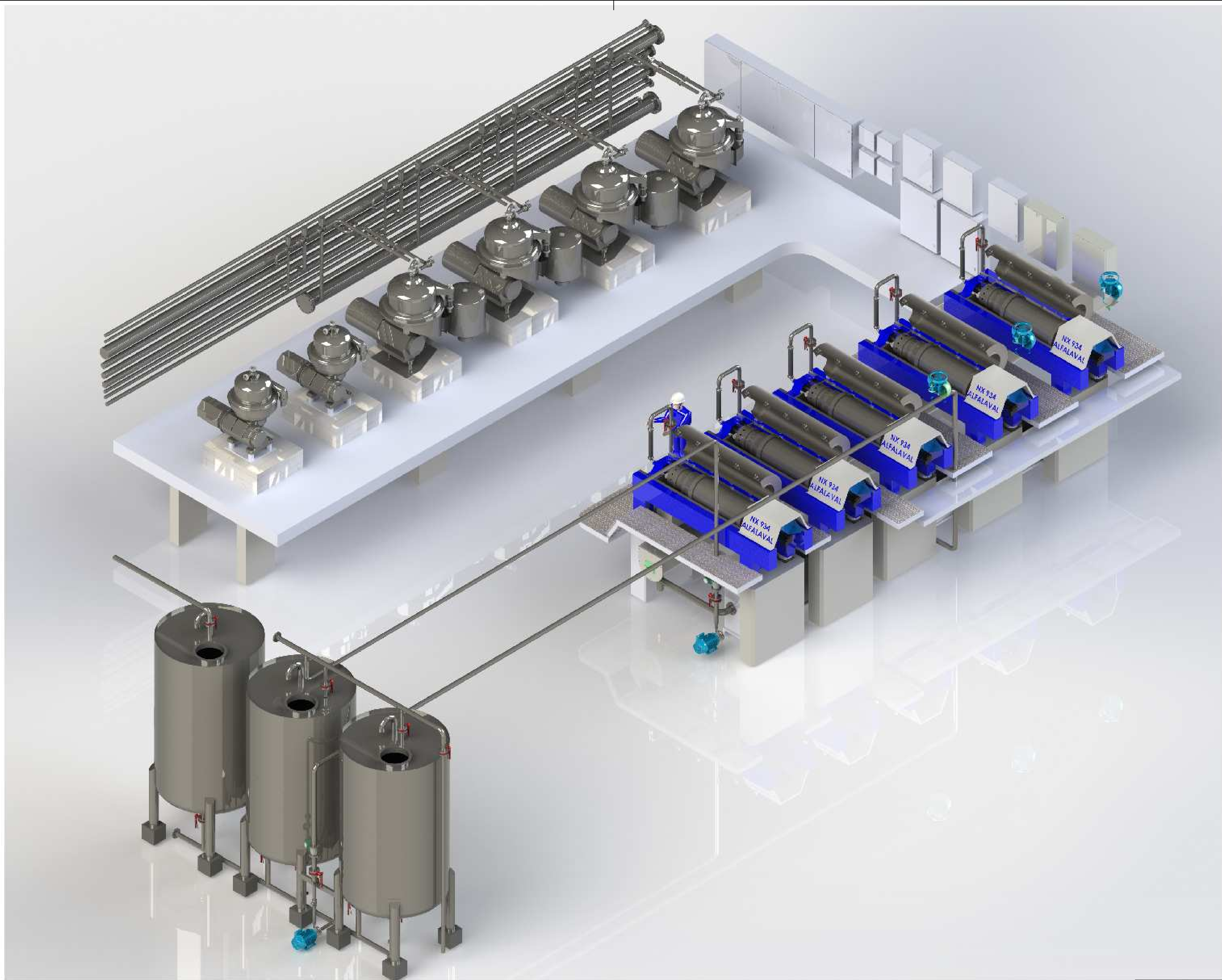
Calculo de la DIAS:


1 → 30 x → 15.60
 0.52 → X

XI.PLANOS

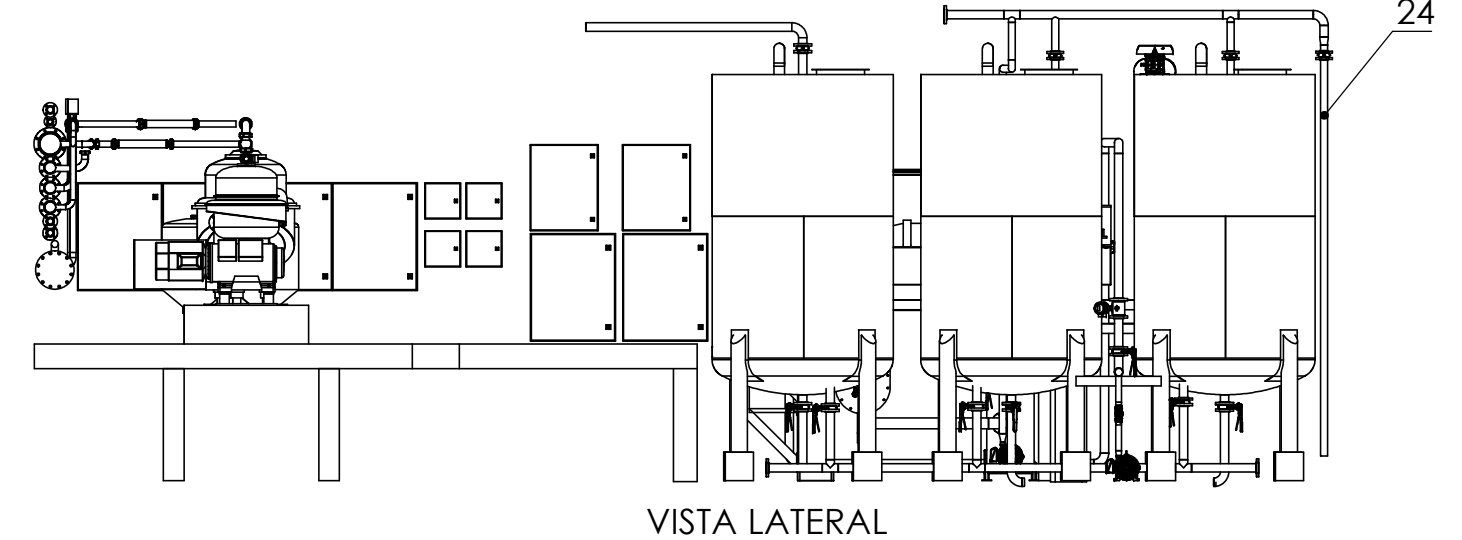
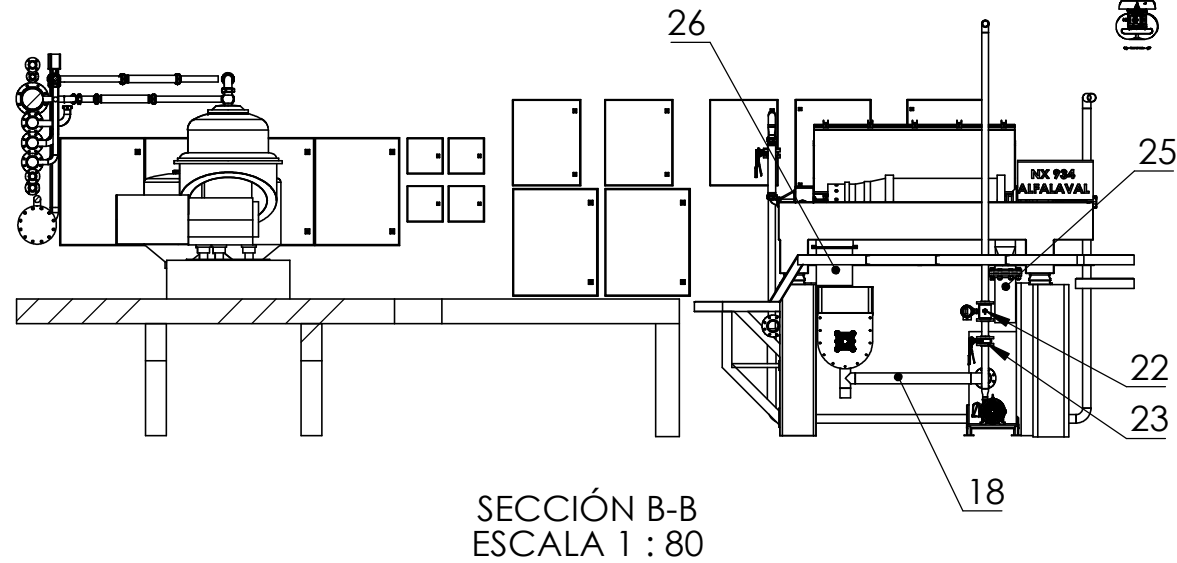
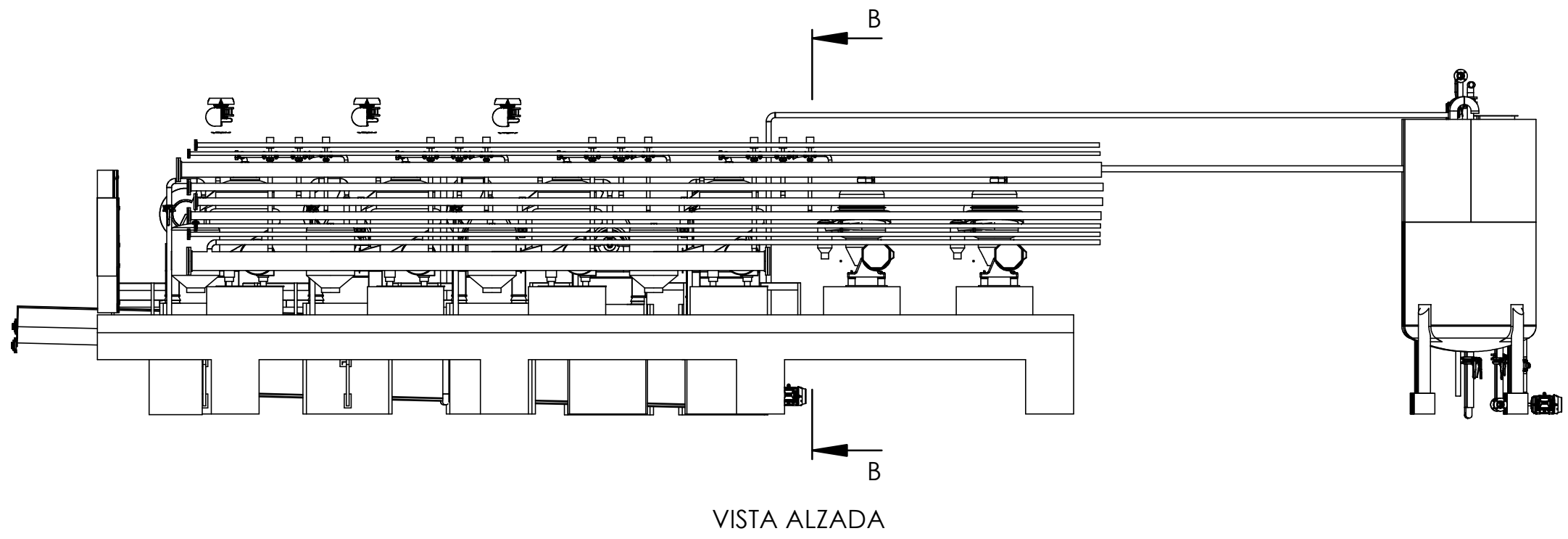
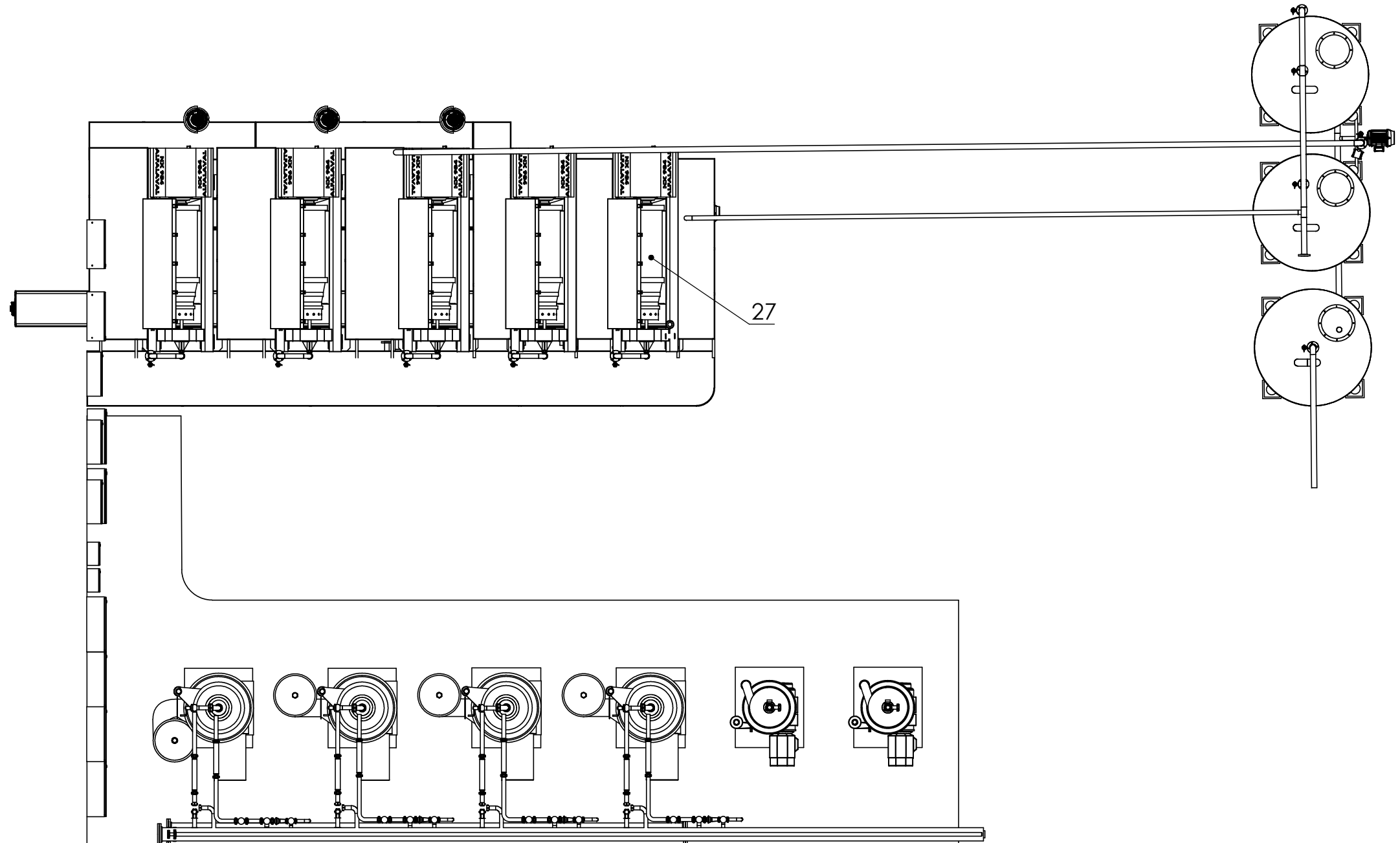
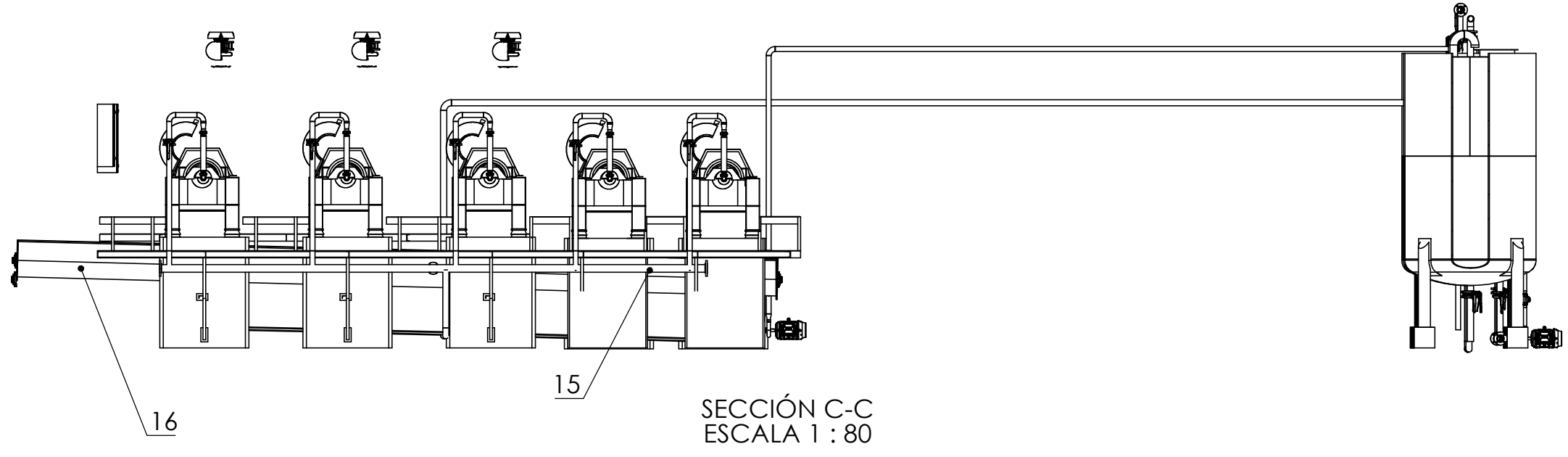
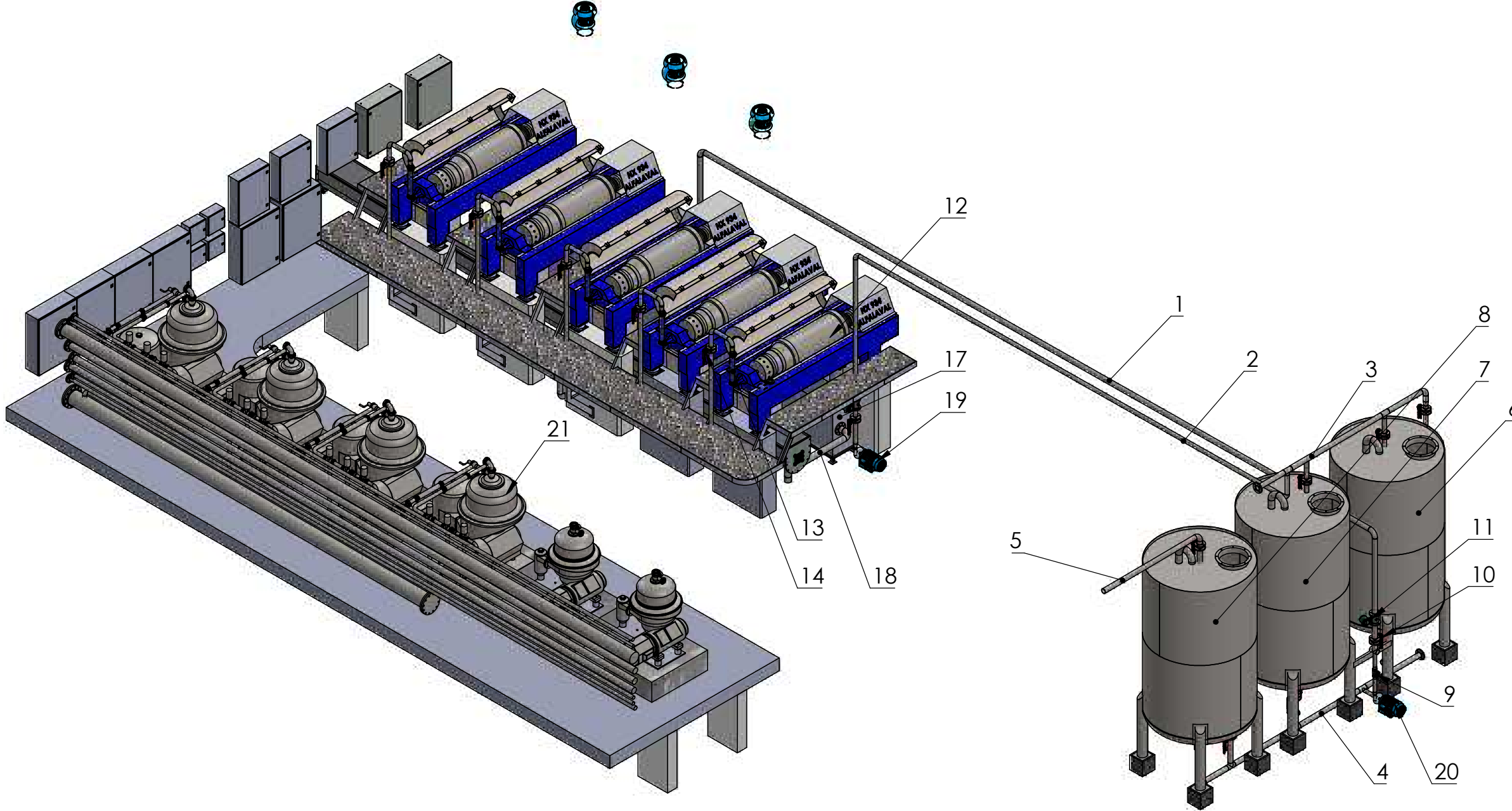


INSTRUCCION:		FECHA: 28/12/2021	
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		AUTORES: -LUIS ANTONIO RAMIREZ VILCAYAURI -MARCO ANTONIO VERAMENDI SANCHEZ	
			
TITULO: CIP PARA NX-934 EN SALA DE ACEITES			
N° DE DIBUJO: 01		A1	
ESCALA: 1:15		HOJA 1 DE 5	

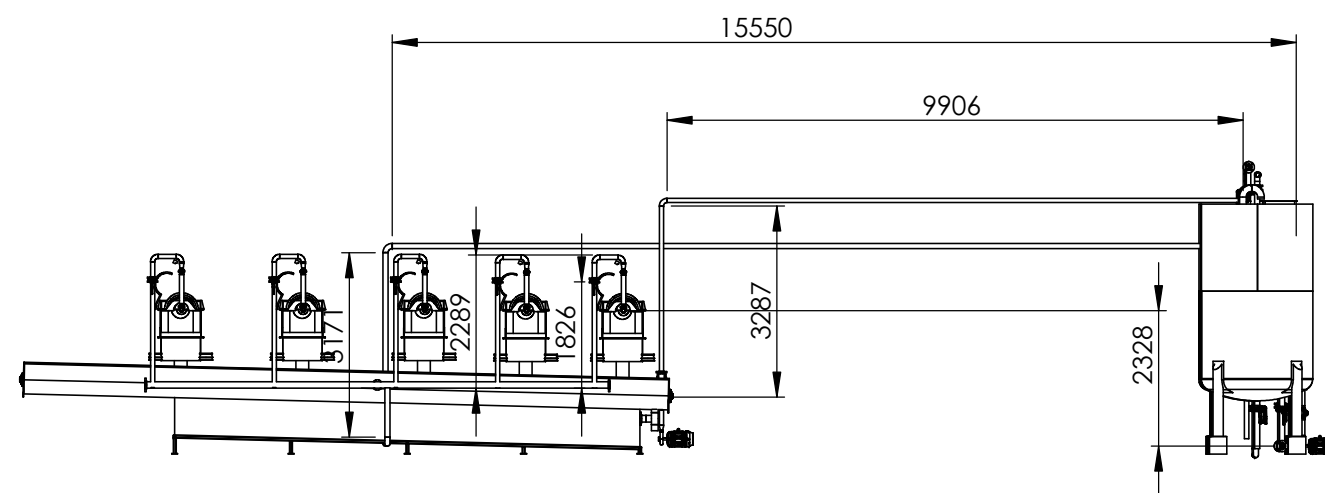


INSTRUCCIÓN:		FECHA: 28/12/2021	
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		AUTORES: -LUIS ANTONIO RAMIREZ VILCAYAURI -MARCO ANTONIO VERAMENDI SANCHEZ	
		TÍTULO: CIP PARA NX-934 EN SALA DE ACEITES	
N° DE DIBUJO		02	A1
ESCALA: 1:15		HOJA 2 DE 5	

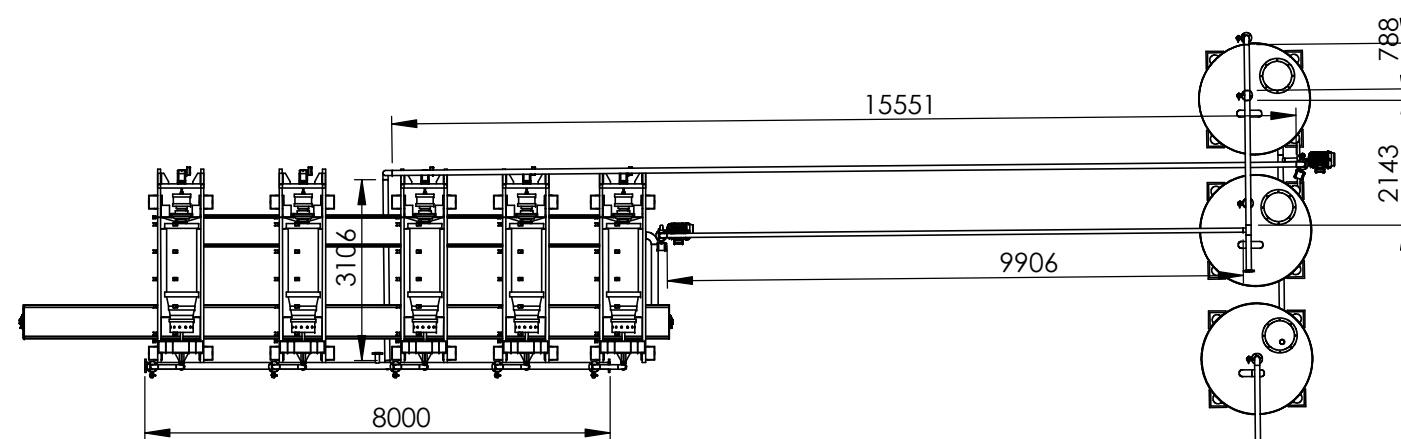
N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTO
1	LIENA DE ALIMENTACIÓN CIP
2	LINEA DE RETORNO CIP
3	MANIFOLD DE RETORNO CIP
4	MANIFOLD DE SALIDA CIP
5	LINEA DE ALIMENTACION A TANQUE DE AGUA
6	TANQUE DE SOLUCIÓN ÁCIDA
7	TANQUE DE SOLUCIÓN ALCALINA
8	TANQUE DE AGUA
9	VALVULA ANTIRETORNO
10	VALVULA DE REGULACION DE CAUDAL
11	FLUJOMETRO DE SALIDA CIP
12	SEPARADORA NX-934B (ELEMENTO DE ESTUDIO)
13	CONEXIÓN FLEXIBLE DE ALIMENTACIÓN DE SEPARADORA
14	VALVULA ON/OFF DE SEPARADORA
15	MANIFILD DE ENTRADA CIP
16	TRANSPORTADOR HELICOIDAL
17	TANQUE DE LICOR DE SEPARADORAS
18	CONEXIÓN DE RECUPERACION DE LIQUIDOS DEL TH
19	BOMBA DE LICOR DE SEPARADORAS
20	BOMBA DE SALIDA CIP
21	CENTRÍFUGA
22	FLUJOMETRO DE RETORNO CIP
23	VALVULA DE REGULACION DE CAUDAL DE RETORNO CIP
24	DESAGUE PARA LAVADO A FONDO PERDIDO
25	DESCARGA DE LIQUIDOS DE SEPARADORA
26	DESCARGA DE SOLIDOS DE SEPARADORA
27	BOWL DE SEPARADORA NX-934B



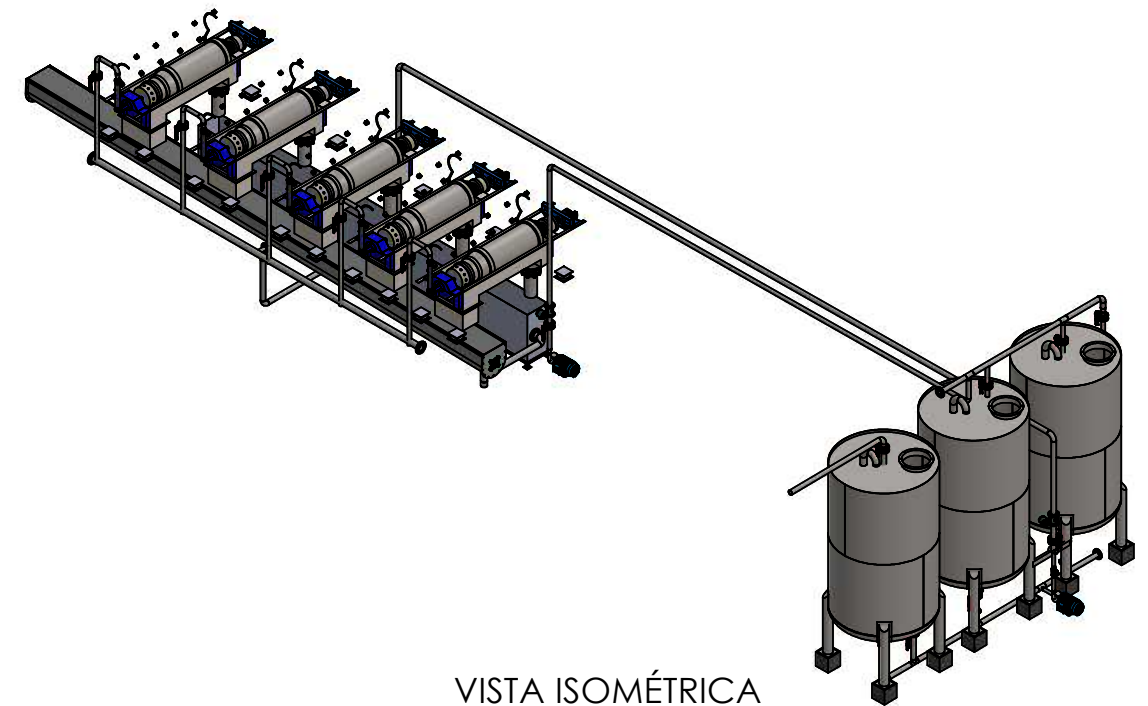
	FECHA: 28/12/2021
	AUTORES: -LUIS ANTONIO RAMIREZ VILCAYAURI -MARCO ANTONIO VERAMENDI SANCHEZ
	TÍTULO: ELEMENTOS DEL SISTEMA CIP PARA NX 934B
	Nº DE DIBUJO: 03
ESCALA: 1:100	HOJA: 3 DE 5



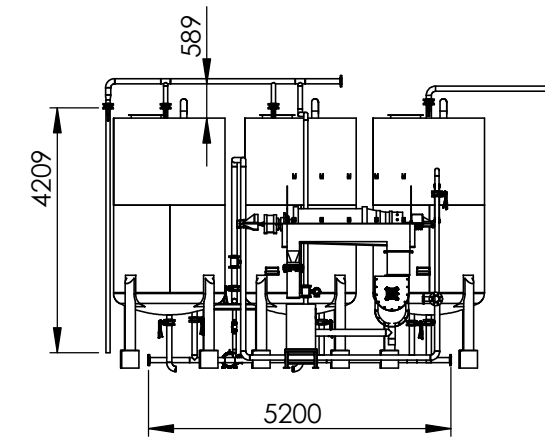
VISTA LATERAL




VISTA DE PLANTA



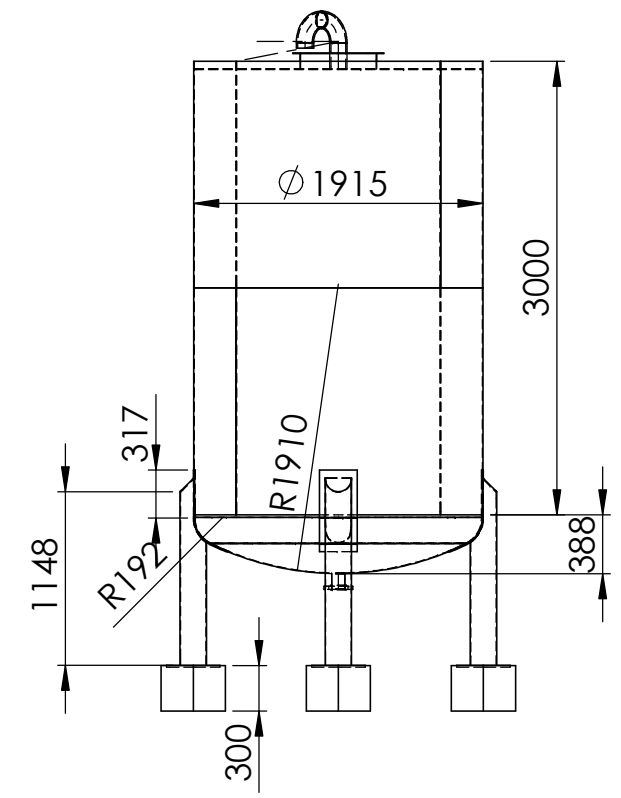
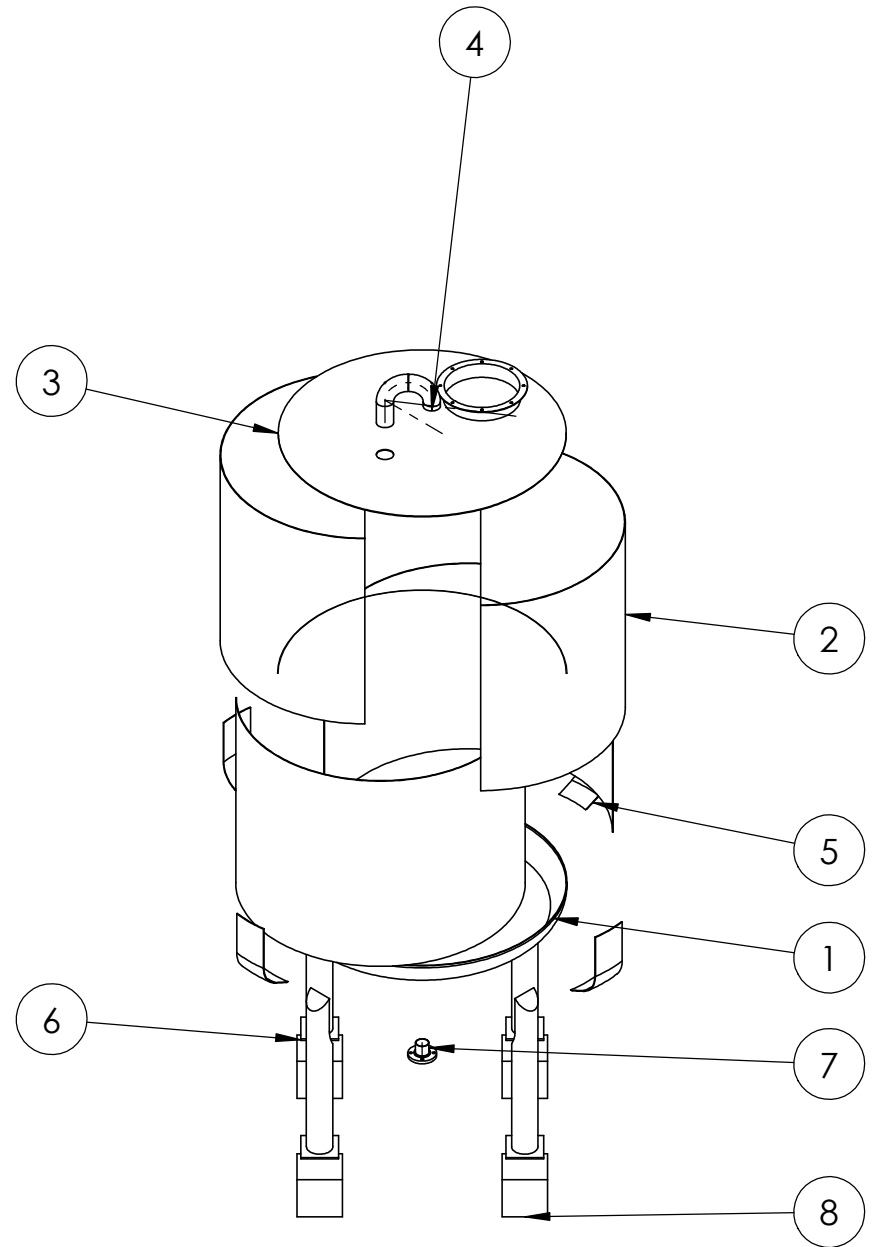
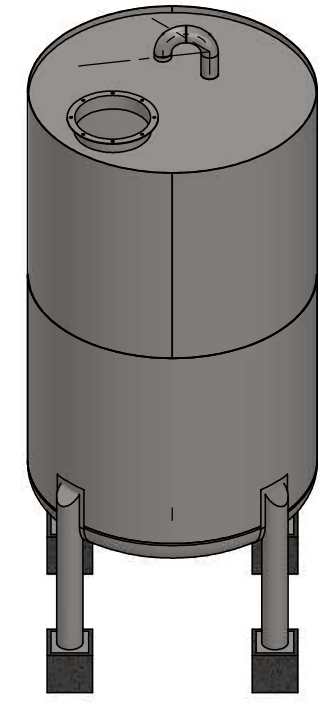
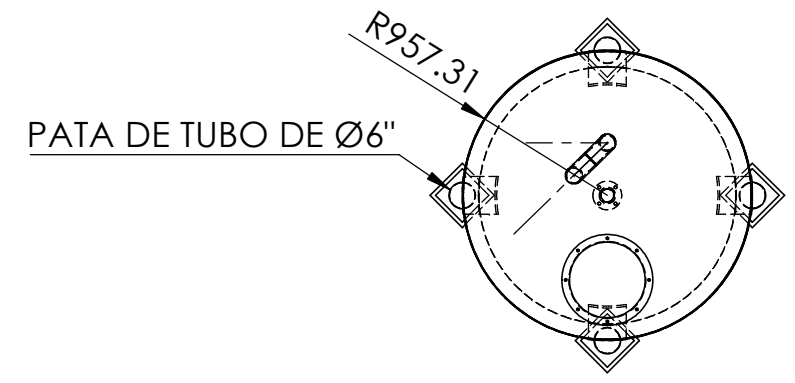
VISTA ISOMÉTRICA



VISTA ALZADA

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO 	AUTORES: -LUIS ANTONIO RAMIREZ VILCAYAURI -MARCO ANTONIO VERAMENDI SANCHEZ	
	TÍTULO: <h1>SISTEMA DE TUBERIAS</h1>	
N.º DE DIBUJO <h1>04</h1>	A3 FECHA: 28/12/2021	ESCALA: 1:200 HOJA 4 DE 5

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Fondo klopper	1
2	plancha 3x1.5 rolada	4
3	Tapa circular plana	1
4	Tubo de venteo	1
5	cartela de patas	4
6	Pata de tanque CIP	4
7	Purga	1
8	Podio de tanque CIP	4



INSTITUCIÓN:
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO



AUTORES: -LUIS ANTONIO RAMIREZ VILCAYAURI
-MARCO ANTONIO VERAMENDI SANCHEZ

TÍTULO:
TANQUE CIP

N.º DE DIBUJO: **05** A3

FECHA: **28/12/2021**

ESCALA: 1:50 HOJA 5 DE 5