



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA

Proyecto de Investigación previo a
la obtención del título de Ingeniero
Mecánico.

Título del Proyecto de Investigación:

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE AGUA
RESIDUAL GENERADA EN LA LAVADORA DE AUTOMÓVILES DIMAS VERA,
DEL CANTÓN EL CARMEN**

Autor:

Solorzano Castro Jeanpool Emiliano

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. Zamora Hernández Yusimit Karina, MSc.

Quevedo- Los Ríos- Ecuador

2020

Declaración de auditoría y cesión de derechos

Yo, **Solorzano Castro Jeanpool Emiliano**, declaro que la investigación aquí detallada es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Solorzano Castro Jeanpool Emiliano

C.C.# 131521811-3

Autor

Certificación de culminación del proyecto de investigación



El suscrito, **Ing. Zamora Hernández Yusimit Karina, Msc.**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Solorzano Castro Jeanpool Emiliano**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE AGUA RESIDUAL GENERADA EN LA LAVADORA DE AUTOMÓVILES DIMAS VERA, DEL CANTÓN EL CARMEN**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Yusimit Karina Zamora Hernández MSc.

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico



Por medio del presente me permito certificar, que el Sr. **SOLORZANO CASTRO JEANPOOL EMILIANO**, estudiante egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica presencial, una vez que se revisó el proyecto de investigación titulado **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE AGUA RESIDUAL GENERADA EN LA LAVADORA DE AUTOMÓVILES DIMAS VERA, DEL CANTÓN EL CARMEN”**, tengo a bien informar que se realizó la revisión respectiva por medio del sistema Urkund, con un porcentaje favorable del

Se adjunta imagen del sistema **Urkund**.



Document Information

Analyzed document	Tesis de pregrado Solorzano Castro Jeanpool Emiliano.docx (D77160854)
Submitted	7/25/2020 9:25:00 PM
Submitted by	Zamora Hernandez Yusimit Karina
Submitter email	yzamorah@uteq.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	yzamorah.uteq@analysis.orkund.com

Ing. Yusimit Karina Zamora Hernández Msc.

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Certificación de aprobación por tribunal de sustentación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE AGUA
RESIDUAL GENERADA EN LA LAVADORA DE AUTOMÓVILES DIMAS VERA, DEL
CANTÓN EL CARMEN

Presentado al Consejo Académico como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Omar Arturo Cevallos Muñoz

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Rodger Benjamín Salazar Loor

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Jorge Javier Acosta Manosalvas

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2020

Agradecimiento

Agradezco infinitamente a Dios por brindarme salud, fortaleza y perseverancia para culminar este proyecto de investigación el cual me permite cumplir con una de las metas planteadas en el transcurso de la vida, conseguir ser Ingeniero Mecánico. A mis madres, María Macias, Blanca Castro, María Castro y Rosa Castro, a mi hermana, Jamileth Vélez, a mi padre, Emiliano Solorzano y a mi familia en general por brindarme apoyo incondicional, por inculcarme buenos valores y siempre guiarme por el camino del bien.

Agradezco a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por permitirme cursar la carrera de Ingeniería Mecánica, a sus autoridades y docentes que formaron parte de todo el transcurso de la preparación académica, brindado sus conocimientos y experiencias laborales.

Agradezco a cada uno de mis amigos y compañeros que formaron parte de todo este periodo académico, por ofrecer su apoyo y así mismo por las convivencias dentro y fuera de la universidad.

Solorzano Castro Jeanpool Emiliano

Dedicatoria

El presente proyecto de titulación lo dedico principalmente a Dios, a mis madres María Macias, Blanca, María y Rosa Castro por el cariño y apoyo incondicional, por ser el pilar fundamental en mi educación y en mi vida personal.

A todas las personas que me han brindado su apoyo permitiendo que el trabajo se realice con éxito.

Solorzano Castro Jeanpool Emiliano

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad presentar el diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada en la lavadora de automóviles Dimas Vera. Se realizó un trabajo de campo el cual permitió tomar muestras del efluente generado por el proceso de lavado de los vehículos para que sean analizadas por un laboratorio certificado y este facilite el resultado real de los contaminantes presentes en el agua, así también se tomaron las mediciones del caudal de lavado y la cantidad de agua que se va a tratar. Se plantean alternativas de diseño para un correcto tratamiento del efluente y así ejecutar un diseño detallado de los procesos que componen al sistema siendo estos: pretratamiento (cribado-trampa de grasa y tanque de almacenamiento), tratamiento primario (sedimentador y sus componentes mecánicos), tratamiento secundario (filtro y tanque de almacenamiento final). El diseño de ingeniería incluye la selección de componentes comerciales, cálculos analíticos, cálculos hidráulicos y determinación de accesorios. Algunos de los elementos que componen el sistema fueron modelados en SolidWorks y verificados en el complemento de simulación del mismo programa mediante análisis de elementos finitos. Finalmente se realizó un análisis económico-financiero con la finalidad de demostrar la factibilidad de la implementación, así como también los beneficios ambientales y económicos.

Palabras claves: Agua residual, sedimentador, sistema de tratamiento, recirculación.

Abstract

The purpose of this research work is to present the design of a wastewater treatment and recirculation system generated in the Dimas Vera car washer. Field work was carried out which allowed samples of the effluent generated by the washing process of the vehicles to be analyzed by a certified laboratory and facilitate the actual result of the contaminants present in the water, so also took measurements of the washing flow and the amount of water to be treated. Design alternatives are proposed for proper effluent treatment and thus execute a detailed design of the processes that make up the system being these: pretreated (screening-trap of grease and storage tank), primary treatment (sedimentator and its mechanical components), secondary treatment (filter and final storage tank). Engineering design includes commercial component selection, analytical calculations, hydraulic calculations, and accessory determination. Some of the elements that make up the system were modeled in SolidWorks and verified in the simulation add-in of the same program by finite element analysis. Finally, an economic-financial analysis was carried out in order to demonstrate the feasibility of implementation, as well as the environmental and economic benefits.

Key words: Waste water, settler, treatment system, recirculation.

TABLA DE CONTENIDO

Portada.....	i
Declaración de auditoría y cesión de derechos.....	ii
Certificación de culminación del proyecto de investigación.....	iii
Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico	iv
Certificación de aprobación por tribunal de sustentación	v
Agradecimiento	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
Índice de tablas	xvi
Índice de gráficos.....	xix
Índice de ecuaciones.....	xxi
Índice de Anexos	xxiii
Código Dublín	xxiv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación.	4
1.1.1. Planteamiento del problema.	4
1.1.2. Formulación del problema.	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	6

1.2.	Objetivos.	7
1.2.1.	Objetivo general.	7
1.2.2.	Objetivos específicos.	7
1.3.	Justificación.	8
CAPÍTULO II.....		9
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN		9
2.1.	Marco Conceptual.	10
2.1.1.	Diseño en Ingeniería.	10
2.1.1.1.	Fases del proceso de diseño.	10
2.1.2.	Agua.	11
2.1.3.	Agua residual.	11
2.1.3.1.	Clasificación de las aguas residuales.	11
2.1.3.2.	Características generales de las aguas residuales.	12
2.1.4.	Sistema de tratamiento de aguas residuales.	14
2.1.4.1.	Etapas de un sistema de tratamiento de agua residual.	15
2.1.5.	Sistema de recirculación de agua.	15
2.1.6.	Demanda Química de Oxígeno (DQO).	16
2.1.7.	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).	16
2.1.8.	Relación entre la DBO y la DQO.	16
2.1.9.	Tipos de tratamientos.	17
2.1.9.1.	Tratamiento físico químico.	17
2.1.9.2.	Tratamiento Biológico.	17
2.1.10.	Aceites y Grasas.	17
2.1.11.	Efectos contaminantes de las aguas residuales generadas por las lavadoras de automóviles.	18

2.1.12. Parámetros de Descarga al Sistema de Alcantarillado.	18
2.1.13. Factores a evaluar para la elección de operaciones y procesos en el diseño.	20
2.1.14. Medición de Caudales.....	21
2.1.14.1. Caudal medio diario.....	22
2.1.14.2. Caudal máximo diario.	22
2.1.14.3. Caudal mínimo diario.	22
2.1.15. Análisis económico-financiero.	22
2.1.16. Impacto ambiental.....	23
2.1.17. Normativa ambiental.....	23
2.1.17.1. Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del agua.	24
2.1.17.2. Texto Unificado de Legislación Secundaria.....	24
2.1.17.3. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2266.....	25
2.2. Marco referencial.	25
CAPÍTULO III	29
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.1. Localización.....	30
3.1.1. Límites Geográficos del cantón El Carmen.....	30
3.2. Tipos de investigación.....	31
3.2.1. Investigación de campo.....	31
3.2.2. Investigación documental.....	31
3.3. Métodos de investigación.....	32
3.3.1. Método analítico.....	32
3.3.2. Método inductivo.	32
3.3.3. Método de muestreo.....	32
3.4. Fuentes de recopilación de la información.	33

3.5.	Diseño de la investigación.	33
3.6.	Recursos humanos y materiales.	33
3.6.1.	Recursos humanos.....	33
3.6.2.	Recursos materiales.....	34
3.6.2.1.	Materiales y equipos utilizados en la investigación de campo.....	34
CAPÍTULO IV		35
RESULTADOS Y DISCUSIONES		35
4.1.	Resultados.	36
4.1.1.	Caracterización del agua residual proveniente del proceso de lavado de vehículos. ...	36
4.1.1.1.	Análisis de los parámetros físicos-químicos del agua residual.	36
4.1.1.2.	Relación DBO/DQO.....	38
4.1.2.	Diseño del sistema de tratamiento de agua residual.	39
4.1.2.1.	Investigación de campo en la lavadora.....	39
4.1.2.2.	Caudal de lavado.	42
4.1.2.3.	Capacidad de la planta.	43
4.1.2.4.	Planteamiento de alternativas.	43
4.1.2.4.1.	Alternativa A. (Filtro de grava y arena).	44
4.1.2.4.2.	Alternativa B (Filtro de carbón activado).	47
4.1.2.5.	Selección de alternativas.	48
4.1.2.5.1.	Criterios de ponderación.	49
4.1.2.6.	Conceptualización de la alternativa.	52
4.1.2.6.1.	Pretratamiento.....	52
4.1.2.6.2.	Sistema primario.	52
4.1.2.6.3.	Filtrado.	53
4.1.2.7.	Diseño detallado.	54

4.1.2.7.1. Etapa 1 (Pretratamiento).	54
4.1.2.7.2. Etapa 2 (Tratamiento primario).	65
4.1.2.7.3. Etapa 3 (Tratamiento secundario)	100
4.1.2.8. Perfil hidráulico del sistema.	102
4.1.2.9. Simulaciones por el método de elementos finitos.	118
4.1.2.9.1. Análisis de simulación de esfuerzos estáticos bajo una carga (CAE) para el eje de agitación.	119
4.1.2.9.2. Análisis de simulación de esfuerzos estáticos bajo una carga (CAE) para la base del motorreductor.	127
4.1.2.9.3. Análisis de simulación de esfuerzos estáticos bajo una carga (CAE) para la columna de soporte.	135
4.1.2.9.4. Análisis de simulación de esfuerzos estáticos bajo una carga (CAE) para el tanque sedimentador.	143
4.1.3. Análisis económico-financiero para la factibilidad de la implementación del sistema para tratamiento y recirculación de agua residual.	151
4.1.3.1. Costo de inversión fija.	152
4.1.3.2. Depreciación de la inversión.	153
4.1.3.2.1. Método de línea recta.	153
4.1.3.3. Costo de operación.	154
4.1.3.3.1. Costo de materia prima (floculante) por cada metro cubico de agua a tratar.	154
4.1.3.3.2. Costo de energía eléctrica y mantenimiento.	154
4.1.3.4. Financiamiento de la inversión.	155
4.1.3.5. Beneficios del proyecto.	157
4.1.3.5.1. Ahorro de consumo de agua.	158
4.1.3.5.2. Ahorro económico por el consumo de agua potable.	158
4.1.3.5.3. Ahorro económico de multas y sanciones.	159

4.1.3.6. Evaluación económica (TIR, VAN).	160
4.1.3.6.1. Tasa interna de retorno (TIR).	160
4.1.3.6.2. Valor neto actual (VAN).	160
4.1.3.6.3. Flujo de efectivo.	161
CAPÍTULO V	164
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	164
5.1. Conclusiones.	165
5.2. Recomendaciones.	166
CAPÍTULO VI	167
BIBLIOGRAFÍA	167
6.1. Bibliografía	168
CAPÍTULO VII	172
ANEXOS	172

Índice de tablas

Tabla 1. Efectos contaminantes	18
Tabla 2. Parámetros de descarga al sistema de alcantarillado (TULSMA)	19
Tabla 3. Equipos de Hardware implementados para la investigación	34
Tabla 4. Equipos de Software implementados para la investigación	34
Tabla 5. Análisis físico químico del agua residual proveniente del área de lavado de vehículos.....	37
Tabla 6. Consumo de agua por tiempo de lavado.....	39
Tabla 7. Vehículos lavados semana uno.....	40
Tabla 8. Vehículos lavados semana dos	40
Tabla 9. Vehículos lavados semana tres	41
Tabla 10. Vehículos lavados semana cuatro.....	41
Tabla 11. Asignación de ponderación de criterios.....	50
Tabla 12. Asignación de escala para establecer el rating.	51
Tabla 13. Resultado de ponderación por el método Scoring.	51
Tabla 14. Coeficiente de pérdida en rejillas	55
Tabla 15. Primer método para seleccionar una trampa de grasa.	59
Tabla 16. Segundo método para seleccionar una trampa de grasa	60
Tabla 17. Modelos de trampas de grasas.	61
Tabla 18. Consumo de agua por día correspondiente a un mes.....	63
Tabla 19. Relaciones geométricas impulsor turbina.....	67
Tabla 20. Constantes de potencia	78
Tabla 21. Factor de fricción.....	110
Tabla 22. Longitudes equivalentes	110
Tabla 23. Sujeción del eje agitador.....	119
Tabla 24. Carga sometida al eje de agitación.	120
Tabla 25. Información de mallado.....	121
Tabla 26. Detalles de mallado.	121
Tabla 27. Tensión máxima de Von Mises.	123
Tabla 28. Resultado del análisis estructural del diseño.	123
Tabla 29. Propiedades mecánicas del acero AISI 304.....	124

Tabla 30. Desplazamiento resultante en el análisis estructural.	125
Tabla 31. Factor de seguridad del eje de agitación.....	126
Tabla 32. Sujeción de la base del motorreductor.....	127
Tabla 33. Carga sometida a la base del motorreductor.....	128
Tabla 34. Información de mallado.....	129
Tabla 35. Detalles de mallado.	129
Tabla 36. Tensión máxima de Von Mises.	130
Tabla 37. Resultado del análisis estructural del diseño.	131
Tabla 38. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.	132
Tabla 39. Desplazamiento resultante en el análisis estructural.	133
Tabla 40. Factor de seguridad de la base del motorreductor.	134
Tabla 41. Sujeción de la columna de soporte.	135
Tabla 42. Carga sometida a la columna de soporte.	136
Tabla 43. Información de mallado.....	137
Tabla 44. Detalles de mallado.	137
Tabla 45. Tensión máxima de Von Mises.	139
Tabla 46. Resultado del análisis estructural del diseño.	139
Tabla 47. Propiedades mecánicas del acero AISI 1015.....	140
Tabla 48. Desplazamiento resultante en el análisis estructural.	141
Tabla 49. Factor de seguridad de la columna de soporte.....	142
Tabla 50. Sujeciones en el tanque sedimentador.....	143
Tabla 51. Cargas aplicadas al tanque sedimentador.	144
Tabla 52. Información de mallado.....	145
Tabla 53. Detalles de mallado.	145
Tabla 54. Tensión máxima de Von Mises.	147
Tabla 55. Resultado del análisis estructural del diseño.	148
Tabla 56. Propiedades mecánicas del acero AISI 1015.....	148
Tabla 57. Deformación resultante en el análisis estructural.	149
Tabla 58. Factor de seguridad del tanque sedimentador.....	150
Tabla 59. Costo de inversión fija.....	152
Tabla 60. Costo de energía eléctrica anual del sistema propuesto	155

Tabla 61. Datos para el cálculo de las cuotas para el financiamiento de la propuesta	155
Tabla 62. Tabla de amortización tipo francesa con pagos mensuales	156
Tabla 63. Tarifa de agua potable en el cantón El Carmen	159
Tabla 64. Flujo de efectivo	161
Tabla 65. Periodo de recuperación de la inversión.....	162

Índice de gráficos

Gráfico 1. Fase del proceso de Diseño	10
Gráfico 2. Sistema de tratamiento de agua residual	14
Gráfico 3. Ubicación Geográfica.....	30
Gráfico 4. Vehículos lavados al mes.	42
Gráfico 5. Filtro lento de grava y arena.....	45
Gráfico 6. Filtro rápido de grava y arena.....	46
Gráfico 7. Filtro de carbón activado	47
Gráfico 8. Esquema general del sistema de tratamiento.....	53
Gráfico 9. Diferentes formas de rejillas.....	56
Gráfico 10. Rejilla de cribado.....	58
Gráfico 11. Especificaciones de la trampa de grasa MIFAB.....	62
Gráfico 12. Dimensiones del tanque de almacenamiento #1.....	65
Gráfico 13. Semejanzas geométricas de diseño.....	67
Gráfico 14. Dimensiones del tanque sedimentador (mm)	68
Gráfico 15. Área de un cono.....	73
Gráfico 16. Medidas de la propela (mm).....	78
Gráfico 17. Esfuerzos en un eje de agitación.	81
Gráfico 18. Trabajo de eje	82
Gráfico 19. Momento torsor	84
Gráfico 20. Momento flector	85
Gráfico 21. Dimensiones del motorreductor seleccionado.....	88
Gráfico 22. Acople rígido	89
Gráfico 23. Viga con carga puntual.....	90
Gráfico 24. Propiedades del eje y propela	91
Gráfico 25. Aplicación de la carga.	92
Gráfico 26. Diagrama de fuerza cortantes y momento flector para la viga.	93
Gráfico 27. Longitud efectiva en columnas.....	95
Gráfico 28. Tanque sedimentador	98
Gráfico 29. Bomba dosificadora.....	100

Gráfico 30. Estructura general filtro.....	101
Gráfico 31. Puntos de estudio hidráulico.....	103
Gráfico 32. Puntos hidráulicos (pretratamiento)	105
Gráfico 33. Coeficiente de resistencia de entrada	107
Gráfico 34. Puntos hidráulicos (tratamiento primario).....	115
Gráfico 35. Catálogo de bomba centrífuga.....	118
Gráfico 36. Mallado del eje agitador en 3D.	122
Gráfico 37. Mallado de la base del motorreductor en 3D.....	130
Gráfico 38. Mallado de la columna de soporte en 3D.	138
Gráfico 39. Mallado del tanque sedimentador en 3D.....	146

Índice de ecuaciones

Ecuación 1.	Caudal en función del volumen y tiempo	21
Ecuación 2.	Caudal en función del área de la tubería y velocidad del fluido.....	21
Ecuación 3.	Relación DBO/DQO	38
Ecuación 4.	Ponderación lineal	48
Ecuación 5.	Pérdida de carga en rejilla	55
Ecuación 6.	Volumen del tanque	64
Ecuación 7.	Esfuerzo circunferencial	69
Ecuación 8.	Ley de pascal	69
Ecuación 9.	Esfuerzo longitudinal.....	70
Ecuación 10.	Peso del acero	70
Ecuación 11.	Área del cilindro	72
Ecuación 12.	Área del cono	72
Ecuación 13.	Tensión máxima permisible.....	74
Ecuación 14.	Número de Reynolds	76
Ecuación 15.	Potencia característica.....	77
Ecuación 16.	Torque de bomba	80
Ecuación 17.	Trabajo de flecha	82
Ecuación 18.	Momento torsor.....	83
Ecuación 19.	Momento flector	85
Ecuación 20.	Diámetro mínimo de un eje	86
Ecuación 21.	Módulo de sección	94
Ecuación 22.	Relación de Esbeltez.....	95
Ecuación 23.	Constante de columna.....	96
Ecuación 24.	Relación de Johnson para columnas	97
Ecuación 25.	Fuerza de pandeo para columnas	98
Ecuación 26.	Ecuación general de la energía	102
Ecuación 27.	Pérdida en la entrada de tubo	106
Ecuación 28.	Pérdida por fricción en tubería.....	108
Ecuación 29.	Pérdida en válvula tipo mariposa.....	109

Ecuación 30.	Pérdida en codo 90°	111
Ecuación 31.	Pérdida por fricción en tubería a la salida.....	112
Ecuación 32.	Pérdida en la salida de la tubería	112
Ecuación 33.	Depreciación por el método de línea recta.....	153
Ecuación 34.	Cuota para tabla de amortización.....	156
Ecuación 35.	Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)	160

Índice de Anexos

Anexo 1.	Diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto).	173
Anexo 2.	Toma, manejo y conservación de la muestra (agua residual) según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013.	174
Anexo 3.	Análisis del agua residual generada por el lavado de vehículos.....	177
Anexo 4.	Toma de muestra del agua residual generada por el lavado de vehículos	178
Anexo 5.	Descarga de efluente al sistema de alcantarillado según la Norma de calidad ambiental y de descarga del recurso agua TULSMA.....	179
Anexo 6.	Selección del motorreductor	181
Anexo 7.	Perfil estructural seleccionado	182
Anexo 8.	Perfil estructural circular	182
Anexo 9.	Característica del filtro seleccionado	183
Anexo 10.	Diagrama de Moody	184
Anexo 11.	Tuberías de presión.....	184
Anexo 12.	Cotizaciones de los equipos que intervienen en el sistema	185
Anexo 13.	Reglamento interno de manejo de los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y drenaje pluvial en el cantón El Carmen	187
Anexo 14.	Selección de la bomba de inyección de floculador.....	188
Anexo 15.	Características de la bomba seleccionada para el sistema.	189
Anexo 16.	Representación en 3D del sistema planteado mediante SolidWorks.....	190

Código Dublín

Título	Diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada en la lavadora de automóviles Dimas Vera, del cantón El Carmen.			
Autor	Solorzano Castro Jeanpool Emiliano			
Palabras Claves	Agua residual	Sedimentador	Sistema de tratamiento	Recirculación
F. publicación	-----			
Editorial	Quevedo: UTEQ, 2020			
Resumen	El presente trabajo de investigación tiene como finalidad presentar el diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada en la lavadora de automóviles Dimas Vera. Se realizó un trabajo de campo el cual que permitió tomar muestras del efluente generado por el proceso de lavado de los vehículos para que sean analizadas por un laboratorio certificado y este facilite el resultado real de los contaminantes presentes en el agua, así también se tomaron las mediciones del caudal de lavado y la cantidad de agua que se va a tratar. Se plantearon alternativas de diseño para un correcto tratamiento del efluente y así ejecutar un diseño detallado de los procesos que componen al sistema siendo estos: pretratamiento (cribado-trampa de grasa y tanque de almacenamiento), tratamiento primario (sedimentador y sus componentes mecánicos), tratamiento secundario (filtro y tanque de almacenamiento final). El diseño de ingeniería incluye la selección de componentes comerciales, cálculos analíticos, cálculos hidráulicos y determinación de accesorios. Algunos de los elementos que componen el sistema fueron modelados en SolidWorks y verificados en el complemento de simulación del mismo programa mediante análisis de elementos finitos. Finalmente se realizó un análisis económico-financiero con la finalidad de demostrar la factibilidad de la implementación, así como también los beneficios ambientales y económicos. Abstract. - The purpose of this research work is to present the design of a wastewater treatment and recirculation system generated in the Dimas Vera car washer. Field work was carried out which allowed samples of the effluent generated by the washing process of the vehicles to be analyzed by a certified laboratory and facilitate the actual result of the contaminants present in the water, so also took measurements of the washing flow and the amount of water to be treated. Design alternatives are proposed for proper effluent treatment and thus execute a detailed design of the processes that make up the system being these: pretreated (screening- trap of grease and storage tank), primary treatment (sedimentator and its mechanical components), secondary treatment (filter and final storage tank). Engineering design includes commercial component selection, analytical calculations, hydraulic calculations, and accessory determination. Some of the elements that make up the system were modeled in SolidWorks and verified in the simulation add-in of the same program by finite element analysis. Finally, an economic-financial analysis was carried out in order to demonstrate the feasibility of implementation, as well as the environmental and economic benefits.			
Descripción	215 hojas: Dimensiones; 29 x 21 cm: CD-ROM			
URI				

Introducción

El agua es uno de los componentes más abundante de la naturaleza ya que cubre aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie de la tierra, la conservación de este recurso hídrico ha despertado en el hombre la búsqueda de métodos óptimos para cuidarlo y reutilizarlo, para que este pueda ser aprovechado por los seres vivos ya que es uno de los recursos de vital importancia para la supervivencia.

Las lavadoras de automóviles generan efluentes con aceites y grasas, estas concentraciones van desde $200 \frac{mg}{L}$ hasta $600 \frac{mg}{L}$. De la misma forma contaminantes como el detergente se aglutinan a los aceites y grasas no emulsionadas, al ser estas de una densidad menor que el agua se separan en dos fases, pudiéndose tratar con sistemas primarios.

En la actualidad las lavadoras de automóviles que se encuentran en el cantón El Carmen provincia de Manabí no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales, que permita recircular el agua emitida por el área de lavado del automotor, zona donde el consumo es abundante y a su vez este efluente se encuentra en muchas de las ocasiones conectado directamente al servicio de alcantarillado, lo que genera el incumplimiento de las disposiciones descritas en las normativas legales en el país en cuanto al manejo y eliminación del agua residual.

La presente investigación se basa en la elaboración del diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada en la lavadora de automóviles Dimas Vera, el cual permita preservar el recurso hídrico y disminuir el impacto ambiental.

Este proyecto de investigación se encuentra dividido en siete capítulos que se describen a continuación:

Capítulo I, describe la contextualización de la información, en donde se detalla el problema, objetivo general, objetivos específicos y justificación del proyecto.

Capítulo II, la fundamentación teórica, recopilación de toda la información básica y necesaria para la formación del marco conceptual y marco referencial que se va a utilizar en el proyecto de investigación, enfocándose también en el estudio económico.

Capítulo III, se describe la metodología investigativa, donde se describen los métodos, técnicas y selección de materiales que se emplearon en el transcurso del trabajo.

Capítulo IV, son los resultados y discusiones, donde se inicia con la toma de muestras del agua residual generada por el proceso de lavado de vehículos, analizando sus propiedades físico-químicas, posteriormente se selecciona la mejor alternativa de filtración para con esto determinar el diseño del sistema de tratamiento y recirculación, analizando la factibilidad de la propuesta.

Capítulo V, conclusiones y recomendaciones que se describen en este capítulo son elaboradas en base a los objetivos propuestos en la investigación.

Capítulo VI, la bibliografía empleada en el desarrollo del proyecto de investigación.

Capítulo VII, los anexos que sirven como información complementaria en el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

En la actualidad, las lavadoras de automóviles presentan una deficiente gestión en el manejo de aguas residuales, existe un bajo índice de interés en las empresas para implementar acciones o sistemas tendientes al tratamiento, recirculación del agua y a su vez el manejo de desechos líquidos para evitar que sean descargados en los ríos, lagos, mares, alcantarillados, entre otros, ocasionando problemas ambientales y graves inconvenientes que afectan el equilibrio de la flora y fauna.

Este tipo de empresas consumen una cantidad de agua considerada, lo que provoca un gran desperdicio del líquido vital, por ende, es necesario un tratamiento para reutilizarlo en el mismo proceso de lavado, cumpliendo con los parámetros de calidad para aguas de uso industrial según la norma de calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua TULSMA (Texto Unificado de Legislación secundaria del Ministerio del ambiente).

La lavadora de vehículos Dimas Vera, no es la excepción en base a la problemática, en la actualidad aumentó el ingreso de vehículos ya que implementó un sistema de elevación de los vehículos para realizar un lavado exterior completo y así abastecer la demanda de sus clientes. Por otra parte, el efluente proveniente del área de lavado está conectado directamente al sistema de alcantarillado sin ser tratado, esto se debe a que no cuenta con un sistema de tratamiento de agua residual.

Por lo tanto, se pretende realizar el diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada por el proceso de lavado de vehículos, con la finalidad de alargar la vida útil del agua y reducir el impacto medioambiental que estas generan.

Diagnóstico.

Mediante el análisis del diagrama Ishikawa (causa-efecto) se identificaron las causas que afectan directamente al problema principal. Durante el recorrido en las instalaciones, se pudo observar que:

- El agua almacenada para el lavado de los vehículos no representa las condiciones óptimas para dicho proceso.
- El efluente proveniente del área de lavado no cuenta con un postratamiento previo a ser vertido al sistema de alcantarillado.
- Desperdicio excesivo de agua.
- Generación de agua contaminada por grasas aceites y detergentes provocando malos olores. (Ver anexo 1)

Pronóstico.

Al implementar dicha propuesta, basada en el diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual, se obtendrá una mejor gestión de la misma reduciendo el desperdicio de agua y contribuyendo a la preservación del medio ambiente.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Cómo contribuir a la disminución del impacto ambiental generado por el agua residual en la lavadora de automóviles Dimas Vera ubicada en el Cantón El Carmen provincia de Manabí?

1.1.3. Sistematización del problema.

La presente investigación enfatiza el diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada en la lavadora de automóviles Dimas Vera, influenciando varias etapas de estudio, de las cuales se obtienen las siguientes interrogantes:

- ✓ ¿Cuántos litros de agua consumen diariamente?
- ✓ ¿Con que frecuencia realizan tratamiento al sistema de almacenamiento del agua?
- ✓ ¿Cuáles son los desagües del efluente generado después del lavado de vehículos?
- ✓ ¿Cuentan con un sistema de tratamiento y recirculación del agua residual?
- ✓ ¿Cuán factible será la implementación de dicha propuesta?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Diseñar un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada en la lavadora de automóviles Dimas Vera, del cantón El Carmen.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Caracterizar el agua residual proveniente del proceso de lavado de vehículos en cuanto a parámetros físicos y químicos definidos por la norma TULSMA y NTE INEN.
- Diseñar el sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada por el proceso de lavado de vehículos.
- Efectuar un análisis económico-financiero para considerar cuan factible sería la implementación del sistema de tratamiento y recirculación de agua residual en la lavadora de vehículos.

1.3. Justificación.

El mundo está en constante cambio sobre todo en el ámbito de los negocios, la innovación, la tecnología. Permitiendo mejorar el estilo de vida de las personas y tener una perspectiva amplia frente a la competencia en el mercado laboral.

Con la intención de resguardar las reservas de agua dulce y disminuir el impacto ambiental, se propone el diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada en la lavadora de automóviles Dimas Vera del cantón El Carmen.

En la elaboración del trabajo de investigación prevalece la importancia de una buena gestión de los recursos que posee esta empresa; tanto naturales como técnicos o tecnológicos, que permitan reducir su consumo sin afectar la calidad del servicio, ni el proceso de lavado, de tal manera que representen importantes ventajas económicas y medioambientales para el establecimiento.

El manejo adecuado del agua residual de esta empresa presentara varias ventajas de carácter económico, ambiental y de imagen pública, permitiendo obtener la certificación de la normativa ISO 14001 (Sistema de Gestión Ambiental), la cual es valorada en un mercado globalizado, donde el tema del medio ambiente cada vez se le concede el factor más importante y de suma relevancia en la actualidad.

Finalmente, el diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada en la lavadora de automóviles Dimas Vera permitirá recuperar, almacenar, tratar y reutilizar el agua después del lavado exterior del automotor logrando así reducir el impacto ambiental y el desperdicio excesivo de este recurso hídrico importante para la humanidad.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual.

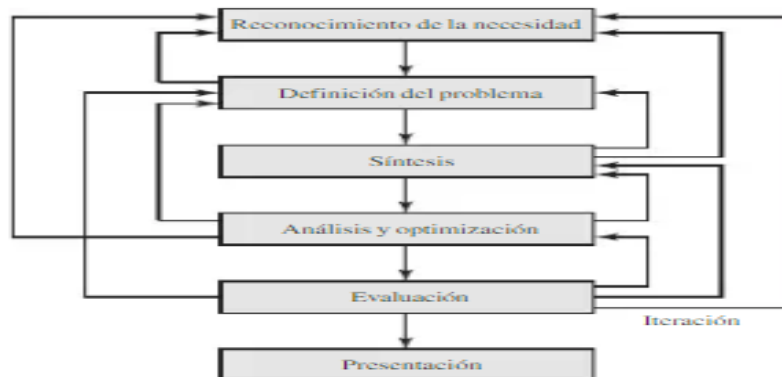
2.1.1. Diseño en Ingeniería.

Está definido como el proceso de concepción de un sistema para satisfacer necesidades o resolver problemas presentes en la sociedad mediante toma de decisiones. El diseño como tal debe ser fundamentado en base a establecimientos de objetivos y especificaciones, síntesis, análisis, construcción, pruebas y evaluación. Además, genera destrezas y habilidades, considerando las restricciones reales como: factores económicos, seguridad, estéticos, innovador, confiable y útil [1].

2.1.1.1. Fases del proceso de diseño.

- ✓ Identificar las necesidades que presenta el problema para brindarle una solución.
- ✓ Definir el problema en función de la necesidad.
- ✓ Plantear el esquema para dar solución a la necesidad.
- ✓ Estudio de factibilidad.
- ✓ Diseñar de forma preliminar el equipo o sistema en relación con características generales de cada elemento [2].

Gráfico 1. Fase del proceso de Diseño



Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley

Autor: Budynas. Richard G, Nisbett. J Keith, [2008]

2.1.2. Agua.

Agua, es una expresión para definir el compuesto de hidrogeno y oxígeno en estado líquido siendo su fórmula H_2O . Es el componente principal de la materia viva constituyendo del 50 al 90% de la masa de todos los organismos vivos, ocupa las tres cuartas partes de la superficie del planeta. Según el Programa de las Naciones Unidas para el medio Ambiente [3], el agua cubre el 75% de la superficie terrestre; el 97.5% del agua salada, y el 2.5% agua dulce. Los casquetes y los glaciares contienen el 74% del agua dulce del mundo. El resto se encuentra en las profundidades de la tierra o encapsulada en componentes de la misma. Solo el 0.3% del agua del mundo se encuentra en los ríos y lagos [4].

2.1.3. Agua residual.

Las aguas residuales son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren tratamiento previo antes de ser reutilizadas, se clasifican en tres tipos: industriales, domésticas y municipales. En su mayoría estas aguas requieren tratamientos específicos antes de ser descargadas en el sistema de alcantarillado por lo que si no son tratadas de forma correcta causarían un impacto ambiental importante [5]. La generación de las aguas residuales se conoce como efluentes [6].

2.1.3.1. Clasificación de las aguas residuales.

De acuerdo con su origen las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

- a. **Aguas residuales industriales:** Son aquellos efluentes provenientes de las descargas industriales de manufactura, su composición depende del tipo de actividad sean estas mineras, agrícolas, energéticas, agroindustriales, entre otras [7].
- b. **Aguas residuales domésticas:** Son aquellos efluentes provenientes de baños, cocinas, lavandería entre otros, está compuesta generalmente por materia orgánica

biodegradable, organismos patógenos y nutrientes. Estas deben recibir un tratamiento adecuado antes de ser vertidas a los ríos [7].

- c. **Aguas residuales municipales:** Son aquellos efluentes domésticos que se combinan con aguas de desagüe pluvial o con aguas residuales de las industrias habiendo recibido un debido proceso de tratamiento para ser descargadas a los sistemas de alcantarillado de tipo combinado [7].

2.1.3.2. Características generales de las aguas residuales.

El agua residual está formada por diferentes contaminantes, que depende de la actividad industrial que a su vez termina siendo un producto incontrolable de toda acción humana. Para lograr un tratamiento y una disposición final adecuada de estas aguas, es necesario conocer las características que esta posee [8]. Las aguas residuales tienen diferentes tipos de características entre estas las físicas, químicas y biológicas a diferencias de otras aguas.

Características físicas.

- a. **Color:** No existe una relación directa entre color y grado de contaminación, al tratarse de un parámetro fuertemente influido por interferencias con otras sustancias coloreadas, se modifican en función del tiempo que transcurre desde que se forman hasta que consigue llegar al tratamiento o vertido (sin tratar). Las aguas residuales recientes son generalmente de color café-grisáceo, sin embargo, si el tiempo de recolección se posterga y se desarrollan condiciones anaerobias, el color cambia secuencialmente de gris oscuro a negro llamada también séptica [9]. La determinación del color se verificó visualmente empleando luz diurna difusa en fondo blanco.
- b. **Olor:** La mayoría de los olores presentes en el agua residual son debido a los gases producidos o liberados por la biotransformación de materia orgánica, esta materia generalmente se almacena en el fondo de estanques creando condiciones propicias para

que los organismos anaerobios (bacterias) produzcan gases. El olor se determina por sucesivas diluciones de la muestra original con agua inodora [9].

- c. **Temperatura:** Es una medida relativa de la cantidad de calor contenida en el agua residual, esta propiedad termodinámica influye notablemente en las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua, estas temperaturas van desde valores muy bajos (inferiores a 12°C) o elevados (superiores a 20°C) [9].
- d. **Sólidos:** Representan las cantidades de sustancias que contiene el agua residual, estas se diferencian de acuerdo al tiempo que han pasado, se dividen en dos: sólidos en suspensión sedimentales los cuales se definen por su peso que sedimentarán luego de transcurrido un tiempo determinado para poder separarse del agua y los sólidos en suspensión no sedimentales que no se sedimentarán debido a su peso próximo del agua o bien por qué se encuentra en forma coloidal [9].

Características químicas.

- **Materias inorgánicas:** Las aguas residuales y naturales constan de componentes inorgánicos, las concentraciones de estos constituyentes aumentan debido al proceso de evaporación que elimina un porcentaje del agua superficial, de acuerdo a parámetros de mayor relevancia a tener en cuenta la depuración de las aguas residuales son: pH, nutrientes (nitrógeno y fósforo), y gases [10].
- **pH:** Parámetro que determina la calidad del agua residual y de aguas naturales, según la escala indicadora de pH varia en un rango de 0 a 14 en donde los valores mayores a 7 son consideradas alcalinas o básicas, valores igual a 7 se las identifica como neutra y valores menores a 7 son conocidas como sustancias ácidas [10].

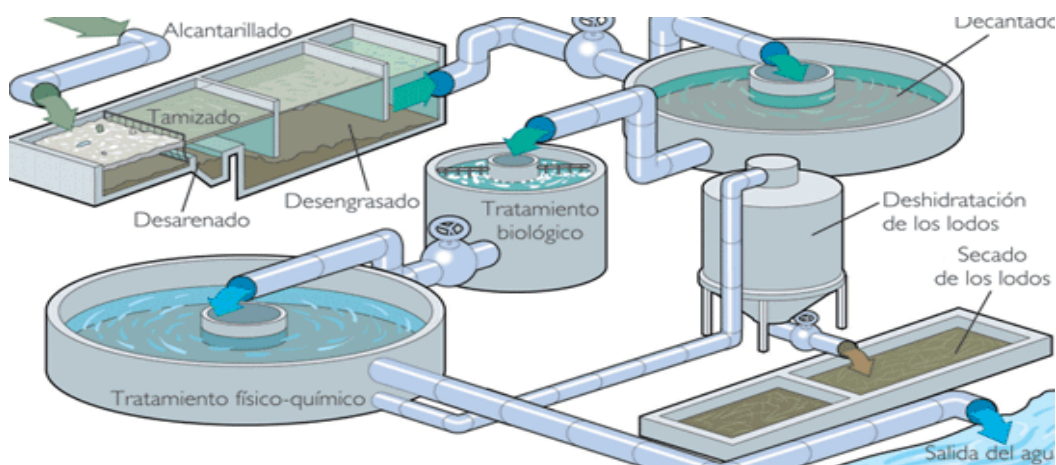
2.1.4. Sistema de tratamiento de aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua como se presenta en la figura 2. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia o reutilizable en el ambiente [11]. La selección del sistema de tratamiento depende de una serie de factores que se enumeran a continuación [12]:

1. Característica del agua residual: DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno), materia en suspensión, pH, productos tóxicos, entre otros.
2. Calidad del efluente necesario para la descarga.
3. Costo y disponibilidad de terrenos.
4. Tecnologías disponibles.

En base a estos parámetros es posible aplicar pretratamiento, tratamiento primario, secundario, avanzado y varios tratamientos especiales que se pueden utilizar después de todos ellos [12].

Gráfico 2. Sistema de tratamiento de agua residual



Fuente: IGNOVA

2.1.4.1. Etapas de un sistema de tratamiento de agua residual.

- **Tratamiento preliminar:** Definido como la antesala del tratamiento de depuración que recibirán las aguas residuales ya que cumple con la función de medir y regular el caudal que ingresa a la planta, esto permite la eliminación de componentes como grasas, arenas, plásticos y aceites. Para que este tratamiento sea optimo se utilizan cribas, desarenadores, rejillas o flotadores [13].
- **Tratamiento primario:** El propósito de esta etapa es eliminar los sólidos en suspensión a través de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida a su vez por sustancias químicas tales como coagulantes y floculantes [13].
- **Tratamiento secundario:** Los procesos biológicos aerobios, anaerobios, físico químicos y floculación son parte de esta etapa ya que permitirá eliminar la materia orgánica biodegradable, estos procesos de tratamiento secundario llegan a eliminar hasta el 90% de los contaminantes que se encuentran en el agua residual [13].
- **Tratamiento terciario o avanzado:** Es la fase final de tratamiento de aguas residuales, en la cual se practican una serie de procesos para aumentar la calidad del agua a estándares requeridos para poder ser descargadas en ríos, mares y lagos o a su vez para poder ser reutilizada en otros procesos. [13]

2.1.5. Sistema de recirculación de agua.

Recirculación está vinculado con volver a impulsar la circulación de algo que se encuentra dentro de un mismo sistema o circuito. Los sistemas de recirculación de agua son ampliamente conocidos y utilizados en la industria, el agua utilizada es un proceso productivo que no requiere altos estándares de calidad para ser reutilizada, basta con cumplir los lineamientos básicos de la necesidad [14].

2.1.6. Demanda Química de Oxígeno (DQO).

La DQO es un parámetro importante dentro del análisis de aguas residuales ya que representa la cantidad de material orgánico no biodegradable, este corresponde a una oxidación química de sustancias susceptibles existentes en la muestra. Para oxidar la materia orgánica por medios químicos se necesita la ayuda del dicromato potásico, además al obtener el DQO que es expresado en unidades de $\text{mg O}_2/\text{l}$ y el valor es más elevado al DBO debido a que el oxidante es más fuerte que el oxígeno, estos valores van de entre los $250 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$ a $1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$ [15].

2.1.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

La DBO indica el contenido de oxígeno necesario para descomponer compuestos orgánicos en aguas residuales mediante el metabolismo de bacterias aerobias dentro de un cierto tiempo, se lo calcula en base a la disminución de materia y se lo obtiene incubando una muestra durante 5 días [15].

2.1.8. Relación entre la DBO y la DQO.

La proporción de DBO₅ y DQO da información sobre la degradabilidad de los compuestos presentes en el agua residual, si el DBO₅ está biodegradado se elimina simultáneamente la cantidad de DQO [15].

- Cuando la relación $\left(\frac{DBO}{DQO}\right)$ es mayor a 0,6 indica que los compuestos son fácilmente degradables en el agua residual, de tal manera se puede tratar con tratamientos biológicos.

- Cuando la relación $\left(\frac{DBO}{DQO}\right)$ es menor a 0,6 indica que los compuestos son pocos degradables en el agua residual, de tal manera que se pueda tratar con tratamientos físicos-químicos.

2.1.9. Tipos de tratamientos.

2.1.9.1. Tratamiento físico químico.

Constituyen un conjunto de procesos destinados a disminuir o eliminar aquellos componentes de un flujo residual de origen industrial, las partículas que se generan en las aguas se las puede tratar con productos químicos llamados coagulantes y floculantes [16].

2.1.9.2. Tratamiento Biológico.

El objetivo del tratamiento biológico es eliminar los contaminantes del agua mediante el uso de microorganismos, es considerado el tipo de tratamiento más fiable y rentable con el ecosistema, dentro de los procesos más importantes se encuentran el aeróbico y anaeróbico [17].

2.1.10. Aceites y Grasas.

Sustancias líquidas y viscosas que se producen a base de origen animal, mineral o vegetal. Se emplean en muchas industrias como lubricantes o dependiendo de la actividad que se requiera utilizar [18]. Los aceites generalmente son líquidos producido por reacciones entre ácidos grasos y alcoholes, mientras que las grasas son más sólidos. Estos a su vez tienen una descomposición lenta por lo que si son afectadas por ácidos minerales se acelerara su proceso.

2.1.11. Efectos contaminantes de las aguas residuales generadas por las lavadoras de automóviles.

Dentro de los problemas ambientales que son generados por parte de este tipo de actividad se engloban varios tipos de contaminación como: contaminación atmosférica causada por gases de combustión, contaminación del recurso de agua y contaminación del suelo generada por el manejo inadecuado de residuos [19]. En la siguiente tabla 1 se presentan los efectos contaminantes de mayor importancia.

Tabla 1. Efectos contaminantes

Efectos sobre el suelo	Efectos sobre el agua	Efecto sobre el aire
Ocasionado por el inadecuado almacenamiento y derrames de los residuos provocando la degradación en la calidad del suelo.	El sector automotriz genera el 65% del total de aceite usado y a su vez es considerado potencialmente peligroso para el medio ambiente debido a su habilidad para expandirse en el agua.	Emitido por los lubricantes ya que se deriva por la emisión de gases peligrosos y su alta toxicidad, debido a que varias empresas optan por incinerar el aceite usado contaminando el aire.

Fuente: Ministerio del ambiente 2016

Autor: Solorzano Castro Jeanpool, [2020]

2.1.12. Parámetros de Descarga al Sistema de Alcantarillado.

Las aguas residuales que se descargue al sistema de alcantarillado y cuerpos receptores, deberán satisfacer los límites señalados para cada uno de los parámetros contaminantes establecidos en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua

(Libro VI Anexo 1) del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA); esta norma expone cada una de las disposiciones, prohibiciones y obligatoriedad que tienen las instituciones del control y monitoreo de estas aguas que afectan debido a su actividad [20].

Tabla 2. Parámetros de descarga al sistema de alcantarillado (TULSMA)

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas.	Solubles en hexano	$\frac{mg}{L}$	70,0
Demanda Química de Oxígeno.	DQO	$\frac{mg}{L}$	500,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	$\frac{mg}{L}$	250,0
Potencial de Hidrogeno	pH		6-9
Sólidos Totales		$\frac{mg}{L}$	1600,0
Sólidos suspendidos totales		$\frac{mg}{L}$	220,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	$\frac{mg}{L}$	20,0

Fuente: Tabla 9. Libro VI, Anexo 1 del Texto Unificado De Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

Autor: Solorzano Castro Jeanpool, [2020]

2.1.13. Factores a evaluar para la elección de operaciones y procesos en el diseño.

- **Aplicación del proceso:** Es valorado en base a datos actuales que han sido publicados, así como también registros de operaciones y plantas pilotos.
- **Caudal:** Los procesos que sean seleccionados deben resistir la operación según el caudal.
- **Variaciones de caudal:** Analizar si el caudal es constante o discontinuo. En caso de que sea un caudal discontinuo se requiere de tanques para homogeneizar el efluente industrial.
- **Características del agua a tratar:** requisitos o parámetros que se requieren para su recirculación.
- **Desempeño del sistema:** Considerar las normas vigentes de cada país con respecto a la calidad del efluente.

Dentro de otros factores para determinar el proceso en el diseño se encuentran:

- La distribución física de los elementos del sistema de tratamiento.
- Condiciones de operaciones y mantenimiento.
- Estimación de costos de ingeniería [21].

2.1.14. Medición de Caudales.

El caudal está definido como el volumen de agua que atraviesa una sección o superficie en un tiempo determinado. Generalmente se utiliza la ecuación 1 que representa el caudal en función del volumen y el tiempo donde su unidad es el $\left(\frac{m^3}{s}\right)$ [22].

EC 1.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q= caudal $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

V= Volumen (m^3).

t= tiempo (s).

De tal manera el flujo volumétrico se lo calcula mediante la ecuación 2 que representa el caudal en función del área de la tubería y velocidad del fluido. [22].

EC 2.

$$Q = A * v$$

Donde:

Q= caudal $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

A= área o sección transversal de tubería (m^2).

v= velocidad del fluido que se transporta en la tubería ($\frac{m}{s}$).

2.1.14.1. Caudal medio diario.

Definido como el caudal promedio determinado en un rango de 0 a 24 horas a partir de los valores obtenidos por un año, la determinación de este valor es importante ya que permite tener referencias para el caudal del diseño y evaluación de costos [23].

2.1.14.2. Caudal máximo diario.

Caudal que se obtiene a partir de 24 horas de análisis durante un día, la estimación de este es esencial para el diseño de estructuras que requieran un tiempo de retención adecuado [23].

2.1.14.3. Caudal mínimo diario.

Caudal mínimo que se obtiene en 24 horas, la estimación de este es importante en estructuras que requieran sedimentación para caudales pequeños [23].

2.1.15. Análisis económico-financiero.

Evaluación económica de un proyecto constituye una parte fundamental del estudio de factibilidad de un proyecto de inversión [24]. De tal manera, el objetivo principal de aplicar este método consiste en determinar la viabilidad financiera que tiene el proyecto en términos de la recuperación del capital invertido, la capacidad de pago y el rendimiento y riesgo de la empresa [25].

Para la evaluación financiera de proyectos de inversión se aplican técnicas, entre las que se enfatizan se encuentran las siguientes: Valor Presente Neto (VPN), Tasa interna de Rendimiento (TIR), índice de Rentabilidad (IR). Aplicando esta metodología se podrá identificar con mayor claridad, cuál de las opciones de inversión resulta más propicia y las condiciones en las que se realizarían [26].

2.1.16. Impacto ambiental.

La alteración en el ambiente producida por las causas de la acción o actividad humana y equipos industriales. Esta gestión puede ser un proyecto de ingeniería, un plan o esquema. El impacto puede ser positivo o negativo, el negativo representa una ruptura en el equilibrio ecológico, causando graves daños y perjuicios en el medio ambiente, así como en la salud de las personas y demás seres vivos [27].

2.1.17. Normativa ambiental.

El agua una vez utilizada en cualquier proceso industrial se convierte en transportador de desechos que lleva consigo sustancias disueltas, suspendidas o el mayor de los casos emulsionadas y que limitan su aplicación en el uso que les dio origen, a menos que reciban el respectivo tratamiento. Básicamente el agua residual contiene sustancias en exceso que deben ser controladas y reguladas por alguna normativa ambiental antes de ser descargadas a sistemas de alcantarillado, ríos, lagos o mares. De tal manera el contenido de estas sustancias no debe exceder los límites permisibles de la norma.

El Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 en su objetivo 7 dice que se debe garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable, política 7.8., hace una gran referencia en prevenir y controlar la contaminación ambiental como aporte al mejoramiento de la calidad de vida, regulando criterios de preservación, conservación, ahorro y uso sustentable del recurso hídrico (agua) implementando normas para controlar y hacerle frente a la contaminación de los cuerpos de agua [28]. En referencia a este concepto se

nombran a continuación las normas ambientales aplicadas durante el desarrollo del proyecto de investigación.

2.1.17.1. Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del agua.

Elaborada por la distinguida Comisión de Legislación y Codificación, de acuerdo con lo dispuesto en la Constitución Política de la Republica. Se publica en el Registro Oficial 305 del miércoles 6 de agosto del 2014.

Continuamente se hace referencia a los acápites más importantes a tomar en cuenta para el desarrollo del proyecto de investigación. El capítulo II de la contaminación específicamente en el artículo 22, se encarga de especificar la conservación del agua para evitar su degradación y la afectación a la salud humana, el artículo 79 con sus objetivos de prevención y conservación del agua y el artículo 80 refiere a la prohibición del vertimiento directo o indirecto de aguas residuales sin la aplicación de un tratamiento adecuado,

2.1.17.2. Texto Unificado de Legislación Secundaria.

Acuerdo N° 387 de la Reforma del Libro VI del Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de Efluentes aprobada en la ciudad de Quito el día miércoles 4 de noviembre del 2015.

A continuación, se referencia los puntos más importantes para el desarrollo del proyecto de investigación.

- Prevención de la contaminación del suelo.
- Sobre las actividades que generan desechos peligros y especiales.
- Criterio para la descarga de efluentes
- Principios básicos para la descarga de efluentes.
- Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.

2.1.17.3. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2266.

La NTE INEN 2266 en su apartado de transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos especifica los requisitos a tomar en consideración para realizar la investigación. En el inciso 6.1 requisitos especiales se aplican los siguientes puntos para la investigación:

- (6.1.1.1) Determinar que las personas que manejen materiales peligrosos deben sujetarse a Reglamentos nacionales vigentes, así como también a convenios internacionales que se encuentren totalmente vinculado al país.
- (6.1.1.3.) Toda empresa que maneje materiales peligrosos debe contar con procedimientos e instrucciones operativas formales que le permitan manejar en forma segura dichos materiales a lo largo del proceso:
 - a) Embalaje, rotulado y etiquetado.
 - b) Producción.
 - c) Carga.
 - d) Descarga.
 - e) Almacenamiento.
 - f) Disposición adecuada de los residuos.
 - g) Descontaminación y limpieza.

2.2. Marco referencial.

Tal como menciona Katty Lluminquina y Karen Minta en su proyecto de investigación [29]. La población actual busca mantener un desarrollo sostenible y sustentable en todas sus actividades, lo que comprende el control de los aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales. El diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada en una lubricadora, busca regular los aspectos ambientales generados en relación al recurso del

agua reduciendo su consumo y mejorando su calidad, permitiendo almacenar y reutilizar el agua después del lavado del automotor, menorando el desperdicio excesivo del recurso hídrico

Willam Villareal quien elaboro su investigación en el diseño para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales en el estadio de la Universidad Técnica del Norte, caracterizando el estado de contaminación de las aguas residuales cercanas al estadio y examinar los parámetros físicos químicos de dicho afluente para dimensionar el sistema de tratamiento con la finalidad de poder reutilizar el agua para el uso del campo. Una de las metodologías expuestas por el autor describe el diseño de la trampa de grasas bajo especificaciones de relación largo/ancho del área superficial comprendida entre 2:1 a 3:2 y que su profundidad debe ser mayor a 0.80 m y menor a 2.00 m. Para tomar en consideración la trampa de grasa debe ser de forma piramidal invertida o cónica con un pendiente de 45° a 60° con respecto a la horizontal y el espacio sobre el nivel del líquido con relación a la parte inferior de la tapa deberá ser mayor a 0.30 m [30].

Según Ricardo Sánchez con su propuesta de proyecto de investigación sobre análisis de ladrillo triturado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora San Francisco, con el uso de este material se pretende disminuir los niveles de contaminación provocados por el afluente que esta empresa genera. Para realizar valida esta investigación y la aceptación del ladrillo triturado como fuente de filtración necesito un periodo de 90 días, determinando los parámetros necesarios como caudales de ingreso y salida, consumo de agua por lavado de vehículo. La aplicación de este método permite lograr tratar aceites y grasas en su totalidad, presentando un valor de eficiencia del 99.96 % satisfaciendo los limites propuestos por el TULSMA [31].

El artículo científico denominado optimización de los parámetros operativos de electrocoagulación aplicados a la recuperación de efluentes de lavados de vehículos describe otro método de tratar a los efluentes por medio de técnicas electroquímicas como es la electroflotación y electrocoagulación siendo este parte de un sistema de tratamiento de aguas

residuales en lavadoras de autos. La aplicación de esto se basa en electrodos de aluminios, obteniendo resultados completamente eficaces ya que se redujo el 73% DQO, 58% de surfactantes y el 90% de turbidez. De tal manera se convierte en un proceso selectivo y aplicable para reutilizar el agua residual [32].

Ingrid Chávez quien elaboró un artículo científico basado en el diseño e implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales para una empresa dedicada a la elaboración de lomos de pescados precocidos, congelados y sellados al vacío. El objetivo como tal es aplicar tecnologías para el tratamiento de los desechos líquidos y a su vez implementar dicho sistema el cual se divide en dos etapas, la etapa 1 tratamiento primario o físico quien se encarga de remover sólidos y grasas de las aguas residuales instalando dos bombas de achique en acero inoxidable, un tamiz rotativo y un separador de grasas. Para la etapa 2 tratamiento secundario o físico químico consiste en la instalación del sistema de depuración de aguas por DAF con la finalidad de reducir las cargas de DBO5 y DQO, los equipos que comprenden esta etapa son los siguientes: cámara de coagulación con agitación, dosificador coagulante y regulación de pH con sonda autolimpiable, cámara de floculación con agitación, mecanismo automático de extracción de lodos, cámara de agua tratada y bombas de recirculación. Cabe recalcar que en esta propuesta solo se implementó la primera etapa del sistema ya que para la instalación de la segunda etapa los costos eran elevados y se planteó en el resultado final la implementación de la etapa faltante [33].

El proyecto de investigación realizado por el Ing. Ricardo Monterroso con el tema diseño de una planta modular de tratamiento biológico de aguas residuales para una fábrica de alimentos productoras de chile y frijol en lata, la finalidad de esta investigación es la realización de un diseño acorde a las necesidades de la planta para reducir la contaminación ambiental. Dentro de las etapas del diseño se encuentra: rejillas en acero inoxidable AISI 304, bomba sumergible con una capacidad de $6 \frac{m^3}{h}$, criba, regulador de pH, mezcladores, difusores conectados a un motor, decantador lamelar y un clorinador. Cada una de estas fases permitirá la regulación de

sus propiedades físico químicas del afluente para posteriormente cumplir con la normativa ambiental y pueda ser vertida al sistema de alcantarillado [34].

Stephanie Carrión elaboro el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una empresa procesadora de camarón aplicando un sistema biológico en la que se introducen microorganismos que se encargan de degradar la materia orgánica presente en las aguas residuales, el tratamiento se dividió en varias etapas: tratamiento primario en la que se remueven los materiales flotantes y pesados, para esto diseño una cámara de rejillas e introdujo aire para que la materia flote, en el tratamiento secundario aplico lodos activados en un reactor biológico para biodegradar la materia orgánica y en el tratamiento terciario acondicionar el agua para que sea descargada y así cumplir con lo establecido por la ley [35].

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La lavadora de automóviles Dimas Vera, se encuentra ubicada en el Km 36 de la Av. Chone del cantón el Carmen provincia de Manabí, conocida como la puerta de oro debido a su ubicación geográfica, ya que la vía que conduce al interior de la provincia desde Quito pasa por su jurisdicción.

Gráfico 3. Ubicación Geográfica



Fuente: Google Maps

3.1.1. Límites Geográficos del cantón El Carmen.

Norte: Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Sur: Provincia del Guayas.

Este: Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Oeste: Cantón Flavio Alfaro.

Características principales del cantón El Carmen.

- ✓ Latitud= -0.266667
- ✓ Longitud= -79.4333
- ✓ Temperatura habitual= 20°C a 33°C
- ✓ Población= 46.358 habitantes.

3.2. Tipos de investigación.

Esta investigación mantuvo una acción participativa en la que se involucró al propietario del lugar, quien brindó información necesaria sobre su empresa permitiendo recorrer las instalaciones. Por lo cual se utilizó dos tipos de investigación que son partes fundamentales para abarcar información necesaria y verídica para el desarrollo del proyecto de investigación.

3.2.1. Investigación de campo.

Mediante esta investigación se conoció las instalaciones de la empresa y el proceso de lavado de los automóviles para así diagnosticar la gestión actual de las aguas residuales generadas por dicho proceso, la cual se toma como referencia para realizar el diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual.

3.2.2. Investigación documental.

Esta investigación se maneja para recopilar información basada en libros, proyectos de investigación, artículos científicos entre otros, relacionados al tema de investigación contribuyendo al desarrollo satisfactorio del proyecto en cada una de sus etapas.

3.3. Métodos de investigación.

La metodología es una etapa muy importante en la realización del proyecto ya que contribuye en la búsqueda de información con el uso de diferentes métodos de investigación descrito a continuación.

3.3.1. Método analítico.

A base de este método se plantea comprobar los diversos datos e información que se obtuvieron de la investigación de campo y el análisis de los parámetros físico químicos del agua residual a tratar, con el objetivo de diseñar el sistema de tratamiento acorde para la reutilización del efluente.

3.3.2. Método inductivo.

Con la aplicación de este método se consigue obtener el funcionamiento en conjunto de las etapas que conforman el sistema de tratamiento (pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario) para luego recircular el agua tratada, así como también la determinación del estado actual de los equipos (bombas, mangueras, tuberías entre otros).

3.3.3. Método de muestreo.

Este método se considera para tomar las muestras necesarias del agua tanto de ingreso al almacenamiento como del agua residual generada por el área de lavado de los vehículos para su posterior análisis físico químico en laboratorio certificado. El muestreo se lleva a cabo mediante el cumplimiento de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013 y la Norma de Calidad Ambiental y de descarga del Efluente (TULSMA). (ver anexo 2)

3.4. Fuentes de recopilación de la información.

La investigación se fundamentó en la recopilación de información mediante la investigación de campo y la observación directa de la situación actual del lugar, cabe recalcar que para esto se mantuvo una conversación con el propietario para tener la aprobación para la presente investigación. Además, se utilizó la información bibliográfica publicadas en páginas web, proyectos de investigación y artículos científicos relacionados al diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada en el lavado de vehículos.

3.5. Diseño de la investigación.

Para la obtención de los datos necesarios, se enmarca el diseño experimental en la cual se manejan las variables dependientes que en este caso sería el agua residual generada por el proceso de lavado de vehículos, el proceso en donde el agua se contamina con sustancias extrañas a su naturaleza sería la variable independiente. Para la aplicación de tal se realiza análisis en laboratorio del agua residual, para adoptar los procesos necesarios en la reutilización del recurso hídrico, y mediante la observación directa determinar los parámetros necesarios para el diseño del sistema de tratamiento de agua residual.

3.6. Recursos humanos y materiales.

3.6.1. Recursos humanos.

Se contó con colaboradores que estuvieron presentes en los diferentes procesos del proyecto de investigación.

- Tutor de proyecto de investigación.
- Cotutor de proyecto de investigación.
- Docentes de la FCI.
- Analista del laboratorio de aguas residuales.

3.6.2. Recursos materiales.

3.6.2.1. Materiales y equipos utilizados en la investigación de campo.

Materiales (Hardware)

Tabla 3. Equipos de Hardware implementados para la investigación

Cantidad	Equipo	Características
1	Computadora Portátil Acer	Intel® Core™ i7-8550U CPU @ Processor 16GB RAM
1	Impresora	EPSON L3110 con sistema de tinta continua
1	Memoria USB	Kingston USB Flash Drive Capacidad 8GB

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool [2020]

Materiales (Software)

Tabla 4. Equipos de Software implementados para la investigación

Tipo	Descripción
Software Utilitario	MS Office 2019 • Word • Excel
Software Diseño	• SolidWorks, Autocad.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool [2020]

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados.

4.1.1. Caracterización del agua residual proveniente del proceso de lavado de vehículos.

En el presente proyecto de investigación se requiere diseñar un sistema de tratamiento de agua residual generada por el proceso de lavado de vehículos, y reutilizarla para el mismo proceso para ello es de gran importancia conocer la calidad del agua que se requiere para el continuo uso de la misma.

4.1.1.1. Análisis de los parámetros físicos-químicos del agua residual.

Con la finalidad de definir el tipo de tratamiento que se requiere, es necesario efectuar un análisis físico químico del efluente a tratar. Los parámetros físicos y químicos principales para este tipo de empresas son:

- Aceites y grasas.
- pH.
- TPH
- DBO (demanda bioquímica de oxígeno).
- DQO (demanda química de oxígeno).
- Sólidos totales suspendidos.
- Sólidos totales.

La toma de las muestras se las realiza en la zanja de drenaje, considerando la aplicación de la Norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013. Agua. Calidad de agua. Muestreo. Manejo y conservación de la muestra. (Ver anexo 2).

Para el análisis de cada uno de los parámetros mencionados anteriormente, se enviaron las muestras al laboratorio CENTROCESAL Cia. Ltda. mismo que es certificado y acreditado por el SAE, (ver anexo 3). Los resultados obtenidos se los aprecia en la siguiente tabla 5

Tabla 5. Análisis físico químico del agua residual proveniente del área de lavado de vehículos.

Parámetros	Unidades	Resultado	Límite máximo permitido
Aceites y Grasas	$\frac{mg}{L}$	183 ± 12	Hasta $70 \frac{mg}{L}$
pH	Unidades de pH	$7,06 \pm 0,11$	6-9 Unidades
TPH	$\frac{mg}{L}$	$0,51 \pm 0,03$	$<20 \frac{mg}{L}$
DBO	$\frac{mg}{L}$	100 ± 2	Hasta $250 \frac{mg}{L}$
DQO	$\frac{mg}{L}$	232 ± 3	Hasta $500 \frac{mg}{L}$
Solidos T suspendidos	$\frac{mg}{L}$	68 ± 3	Hasta $220 \frac{mg}{L}$
Solidos totales	$\frac{mg}{L}$	704 ± 16	Hasta $1600 \frac{mg}{L}$

Fuente: CENTROCESAL Cia. Ltda.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Análisis.

Conforme a los resultados obtenidos del laboratorio el análisis físico químico del agua residual proveniente del área de lavado de vehículos, se determinó que el parámetro de aceites y grasas se encuentra por encima del límite máximo permitido de la tabla TULSMA, acuerdo N°97/A-Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, en donde se indica los límites (ver anexo 5).

De tal manera es de gran importancia diseñar un sistema de tratamiento de agua residual y a su vez reutilizarla, para obtener una mejor gestión de estas y reducir el impacto medio ambiental.

4.1.1.2. Relación $\frac{DBO}{DQO}$.

Como describe [15], para desarrollar el diseño de un sistema de tratamiento de agua, se debe considerar el tipo de tratamiento a desarrollar sea este físico químico o biológico por lo que:

- Si la relación ($\frac{DBO}{DQO}$) es $> 0,6$ indica compuestos fácilmente degradables en el agua residual, puede ser tratado mediante tratamientos biológicos.
- Si la relación ($\frac{DBO}{DQO}$) es < 0.6 indica compuesto pocos degradables en el agua residual, puede ser tratado mediante tratamiento físico químicos.

Entonces para el respectivo cálculo se debe emplear la ecuación 3 que representa la relación $\frac{DBO}{DQO}$.

EC 3.

$$\frac{DBO}{DQO} = \frac{100}{232} = 0,43$$

Análisis: El resultado calculado entre la $\frac{DBO}{DQO}$ equivale a 0,43, lo que indica que el agua residual contiene compuestos pocos degradables, esto significa que el diseño del sistema consiste en la aplicación del tratamiento físico químico

4.1.2. Diseño del sistema de tratamiento de agua residual.

4.1.2.1. Investigación de campo en la lavadora.

Para la realización del diseño de la planta se procedió a determinar el caudal, obteniendo así los siguientes resultados:

Para la medición del caudal es necesario conocer que cantidad de agua se gasta por minuto, por lo que se aplicó el método volumétrico, tomando el tiempo con un cronometro y midiendo cuantos litros de agua expulsa la manguera en 1 minuto, el resultado obtenido es de 11 litros de agua por minuto.

Así mismo, se controló el tiempo que se demora el operario en el lavado del vehículo, pausando el tiempo cuando este no usa el agua, dicho esto se pudo establecer los tiempos de demora por cada vehículo que, multiplicando por el número de litros medidos por minuto da como resultado el agua que se consume para lavar los vehículos:

Tabla 6. Consumo de agua por tiempo de lavado

Tipo de Vehículos	Tiempo/minutos	Litros de agua
Autos	18	198
4x4	30	330
Camionetas	30	330
Camión dos ejes	40	440
Camión tres ejes	50	550
Camión cuatro ejes	60	660
Promedio	38	418

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Para determinar el ingreso de automóviles por día se obtuvo información por parte del administrador de la lavadora, en donde llevaba un registro de los autos que se lavan por día con su respectivo costo, en las siguientes tablas se detalla por días el ingreso de los vehículos.

Tabla 7. Vehículos lavados semana uno

Vehículos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Autos	7	5	5	7	4	8
4x4	5	3	2	3	4	6
Camionetas	4	4	1	2	2	5
Camión dos ejes	2	1	0	0	2	1
Camión tres ejes	1	0	0	1	1	2
Camión cuatro ejes	1	2	0	0	0	2
Total	20	15	8	13.	13	24

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Tabla 8. Vehículos lavados semana dos

Vehículos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Autos	6	5	2	6	6	5
4x4	2	1	0	2	1	2
Camionetas	3	5	5	3	5	5
Camión dos ejes	1	1	0	0	1	1
Camión tres ejes	0	0	1	0	0	0
Camión cuatro ejes	0	0	0	1	0	0
Total	12	12	8	12	13	13

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Tabla 9. Vehículos lavados semana tres

Vehículos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Autos	8	6	3	6	8	7
4x4	1	2	0	1	0	1
Camionetas	4	3	3	5	3	5
Camión dos ejes	2	3	1	0	2	0
Camión tres ejes	0	0	0	0	1	0
Camión cuatro ejes	0	1	0	0	0	0
Total	15	15	7	12	14	13

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

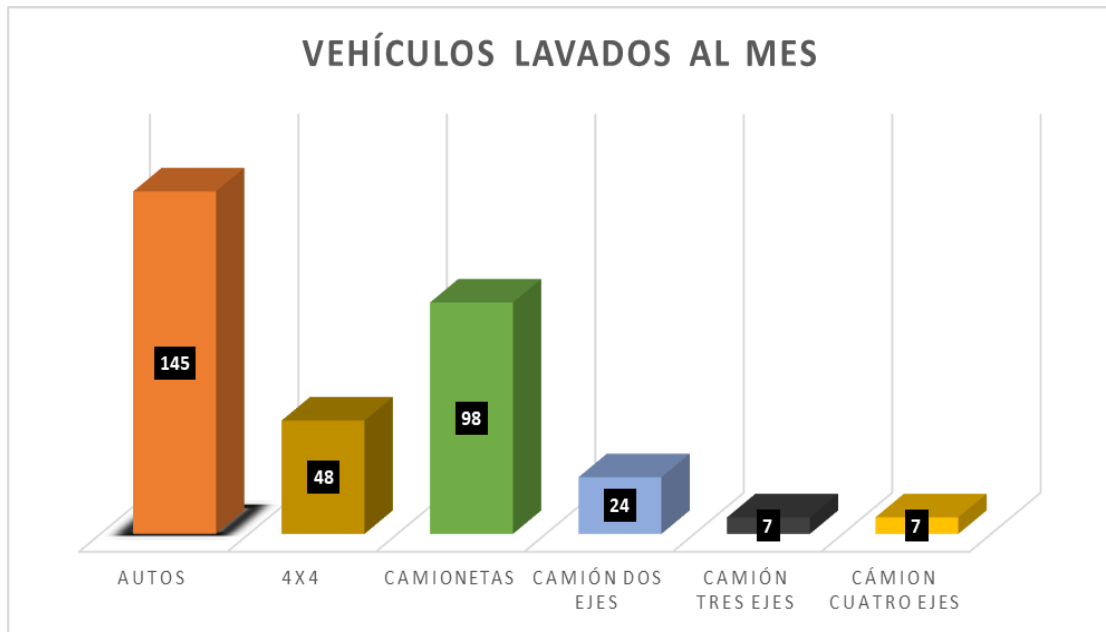
Tabla 10. Vehículos lavados semana cuatro

Vehículos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Autos	9	5	6	7	6	8
4x4	2	1	3	2	1	3
Camionetas	5	5	4	6	4	7
Camión dos ejes	1	1	0	1	1	2
Camión tres ejes	0	0	0	0	0	0
Camión cuatro ejes	0	0	0	0	0	0
Total	17	12	13	16	12	20

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Gráfico 4. Vehículos lavados al mes.



Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

4.1.2.2. Caudal de lavado.

El sistema de tratamiento trabajara con un requisito principal como es el caudal, este se lo tiene en cuenta con el tiempo que el operario hace uso del agua, se pudo obtener la cantidad de agua utilizada en un minuto de lavado aplicando la ecuación 1.

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{11 \text{ L}}{1 \text{ min}}$$

$$Q = 11 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

4.1.2.3. Capacidad de la planta.

La capacidad de la planta se determina mediante la ecuación en la cual se multiplica el caudal de lavado por el tiempo de lavado promedio.

Donde:

Q = expresada en litros por minuto

T = tiempo de utilización promedio en minutos

$$Cant = Q * T_{prom}$$

$$Cant = 11 \frac{L}{min} * 38 min$$

$$Cant = 418 L$$

Obteniendo la cantidad de agua utilizada por los vehículos que están entre el intervalo de tiempo de los 38 min como son los 4x4, camionetas y camiones de dos ejes, se determina la capacidad de agua que la planta debe suministrar por ciclo de lavado, como esta empresa cuenta con cuatro espacios para realizar la limpieza del automotor se tiene.

$$Capacidad = 418 L * 4 vehiculos$$

$$Capacidad = 1672 L = 1,67 m^3$$

4.1.2.4. Planteamiento de alternativas.

El diseño de la planta se efectuará acorde a las necesidades del tratamiento y la reutilización del efluente generado por el proceso de lavado de vehículos. El proceso da en marcha con el planteamiento de una serie de alternativas perteneciente al subsistema de la planta, dicha

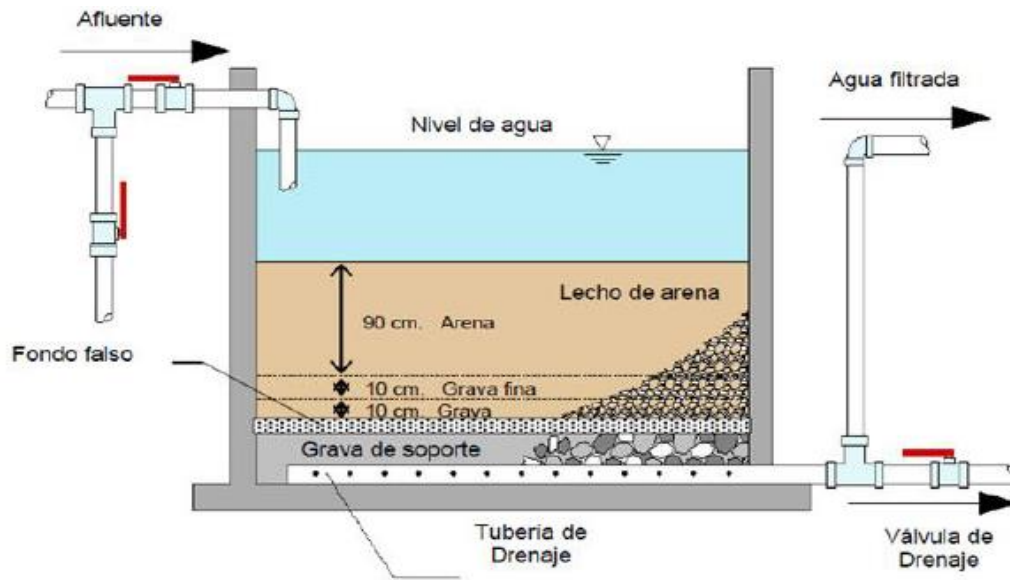
alternativas se estudiarán para determinar la opción más conveniente, las alternativas pertenecen al sistema de filtrado, se evaluarán teniendo en cuenta su aplicabilidad y capacidad de solución frente a los problemas que presenta el análisis del agua residual proveniente de la lavadora de automóviles Dimas Vera.

Se divide en dos tipos característicos: Filtro lento contiene un lecho filtrante y el agua fluye a través de este lecho gracias al efecto que produce la gravedad por lo que posee una velocidad de filtración muy lenta por lo que requiere un área de filtración amplia para un flujo determinado mientras que el filtro rápido el agua es forzada a fluir a través del lecho filtrante gracias a la presión que efectúa una bomba, lo que significaría que con un área de filtración baja con respecto al filtro lento se podría manejar volúmenes de agua más grandes [36].

4.1.2.4.1. Alternativa A. (Filtro de grava y arena).

El filtro más utilizado para remover sólidos en suspensión es el filtro de grava y arena. En este tipo de filtro el agua fluye a través de un lecho, estas propiedades del medio causan que el efluente tome caminos erráticos y largos trayectos, lo que hace que incremente la probabilidad de que el sólido tenga contacto con otras partículas suspendidas y con el medio formado en la superficie del granulo de grava o arena siendo estas partículas retenidas por el material filtrante. A continuación, se presenta un esquema gráfico de cada uno de los filtros a considerar como alternativas [37].

Gráfico 5. Filtro lento de grava y arena.



Fuente: Occites.org

Ventajas:

- Mejora las propiedades y características físico-químicas del agua.
- Bajo costo.
- Eficiencia media.
- No necesita de un control de velocidad por lo que es un filtro lento.

Desventajas:

- Su eficiencia reduce cuando se encuentra a temperaturas de 8°.
- Necesita de una construcción tipo cisterna para su funcionamiento total.
- Si el afluente contiene plaguicidas o biocidas puede destruir el proceso de filtración.

Gráfico 6. Filtro rápido de grava y arena.



Fuente: Occites.org

Ventajas:

- Se mejora las propiedades físico químicas del agua.
- No es necesario un control de velocidad.
- Bajo costo
- Gran eficiencia.

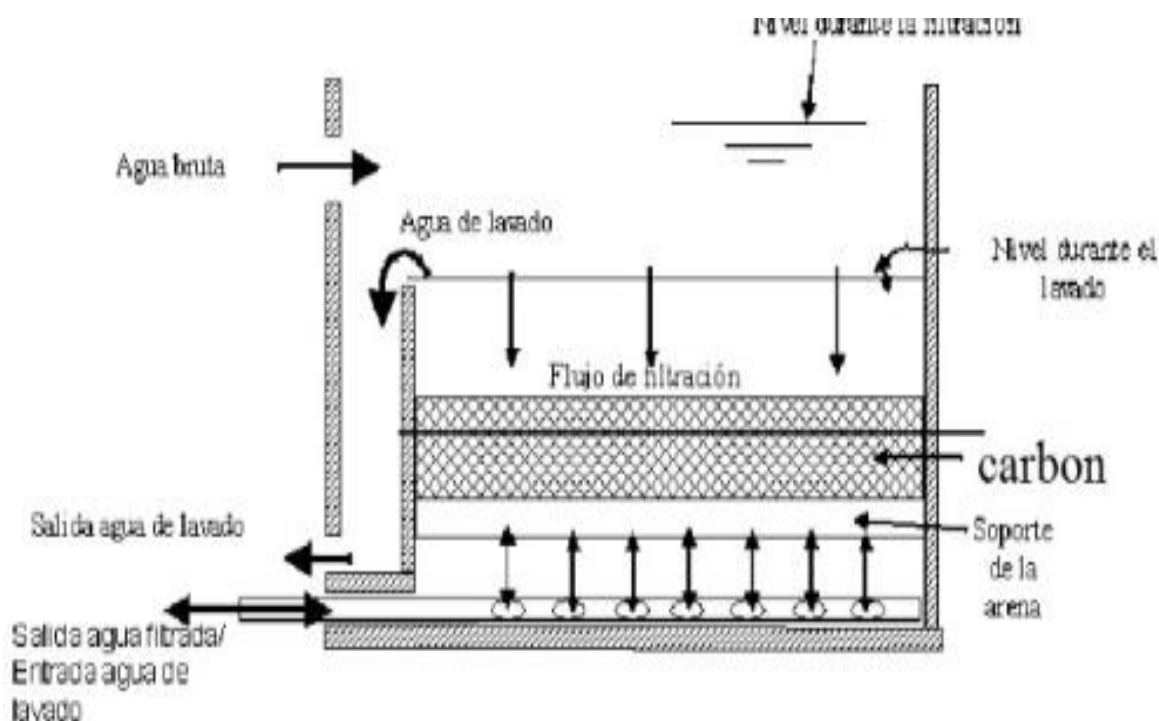
Desventajas:

- En climas de bajas temperaturas menos 4° la eficiencia reduce.
- No tiene funcionalidad con turbiedades a mayores a 20 o 30 UNT.
- Si el afluente contiene plaguicidas o biocidas puede destruir el proceso de filtración.

4.1.2.4.2. Alternativa B (Filtro de carbón activado).

El filtro de carbón activado está diseñado especialmente para remover el cloro y la materia orgánica causante del mal olor, color y sabor en el efluente, a su vez se encarga de eliminar fenoles, pesticidas y herbicidas presentes en el agua. La activación del carbón produce excelente filtración lo que permite tener una gran absorción de impurezas en el agua. La absorción es el proceso mediante el cual la materia se adhiere a la superficie de un absorbente [38].

Gráfico 7. Filtro de carbón activado



Fuente: www.elaguapotable.com

Ventajas:

- Remoción de mal olor, sabor y color.
- Fácil de operar
- Remoción de plaguicidas y compuestos volátiles.

Desventajas:

- Mantenimiento frecuente.
- No se percibe la baja eficiencia.
- No remueven bacterias, metales ni nitratos.
- Generan residuos que no son de fácil disposición.

4.1.2.5. Selección de alternativas.

Para determinar que alternativa es la mejor se utiliza el método de ponderación lineal, la cual permite conocer la alternativa adecuada que cumple con los parámetros planteados para el diseño [39]. Para la realización del método de ponderación lineal se utiliza la ecuación 4.

EC 4.

$$S_j = \sum W_i * r_{ij}$$

Donde:

r_{ij} = rating de la alternativa j en función del criterio i

W_i = ponderación para cada criterio i.

S_j = score para alternativa j.

Esta metodología tiene las siguientes etapas:

- Identificar la meta general de problema.
- Identificar las alternativas.
- Listar criterios a tener en cuenta.
- Asignar ponderación.

- Establecer nivel de satisfacción de cada alternativa en cada uno de los criterios
- Calcular el score para cada alternativa.

Con este método se pretende identificar la mejor alternativa para el filtrado siendo estas las alternativas de diseño:

- ✓ Filtro de arena y grava lento o rápido.
- ✓ Filtro de carbón activado lento o rápido [39].

4.1.2.5.1. Criterios de ponderación.

Los criterios de evaluación aplicados para seleccionar la mejor alternativa se listan a continuación:

- Fácil mantenimiento: El sistema de filtrado debe poseer la facilidad de mantenimiento cuando este sea necesario.
- Capacidad de filtrado: El sistema de filtrado debe proporcionar una carga de filtración constante, teniendo en cuenta que debe cumplir con los parámetros máximos permitidos por la normativa.
- Velocidad de filtrado: El sistema de filtrado debe poseer una velocidad considerable, que permita a la planta realizar la recirculación del agua según las necesidades de operación.

Para la asignación de una ponderación para cada criterio se establece una escala de 5 puntos en donde [39] :

1 = muy poco importante.

2= poco importante.

3= importancia media.

4= algo importante

5= muy importante.

La asignación de la ponderación correspondiente según los criterios establecidos. Ver tabla 11.

Tabla 11. Asignación de ponderación de criterios.

CRITERIOS	PONDERACION W_i
Mantenimiento	4
Capacidad de filtración	5
Velocidad de filtración	5

Fuente: Método Scoring.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Para establecer el rating de satisfacción para cada alternativa se emplea una escala de 9 puntos donde [39]:

1 = extra bajo; 2 = muy bajo; 3 = bajo; 4 = poco bajo; 5 = medio; 6 = poco alto; 7 = alto; 8 = muy alto; 9 = extra alto.

En la tabla 12 se representa el rating asignado para la satisfacción de cada alternativa.

Tabla 12. Asignación de escala para establecer el rating.

CRITERIOS	FILTRO DE GRAVA Y ARENA		FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO	
	Lento r_{i1}	Rápido r_{i2}	Lento r_{i3}	Rápido r_{i4}
Mantenimiento	8	8	8	9
Capacidad de filtración	9	9	5	5
Velocidad de filtración	2	9	2	9

Fuente: Método Scoring.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Una vez asignado los valores para establecer el rating se procede a calcular el Score correspondiente a cada alternativa. Ver tabla 13.

Tabla 13. Resultado de ponderación por el método Scoring.

CRITERIOS	PONDERACION w_i	FILTRO DE ARENA Y GRAVA				FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO			
		Lento r_{i1}	S_{ij}	Rápido r_{i2}	S_{ij}	Lento r_{i3}	S_{ij}	Rápido r_{i4}	S_{ij}
Mantenimiento	4	8	32	8	32	8	32	9	36
Capacidad de filtración	5	9	45	9	45	5	25	5	25
Velocidad de Filtración	5	2	10	9	45	2	10	9	45
Score S_j			87		122		67		106

Fuente: Método Scoring.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Con la aplicación del método de ponderación lineal scoring, se identificó la alternativa que logra cumplir con los requerimientos establecidos siendo este el filtro de grava y arena tipo rápido, por lo que este será utilizado en el sistema de tratamiento y reutilización del agua residual generada en la lavadora de automóviles Dimas Vera.

4.1.2.6. Conceptualización de la alternativa.

Una vez definida la parametrización y de establecer la alternativa de diseño, se tiene la suficiente información técnica para crear el diseño conceptual de lo que sería el sistema de tratamiento y recirculación de agua residual para el lavado de vehículos.

4.1.2.6.1. Pretratamiento

La planta brindará la capacidad de lavar 4 vehículos al mismo tiempo, el sistema contará con su correspondiente rejilla de cribado en donde sus dimensiones y geometría serán especificadas en el diseño detallado; luego el agua pasará por la trampa de grasas en esta parte se efectuará la eliminación de las grasas por medio de flotación y dar una disposición final adecuada. El efluente seguirá su recorrido hasta ser almacenada en un tanque que tendrá una capacidad de 1700 litros, que vale por a un ciclo de lavado general. En esta parte el agua almacenada servirá como un plan de contingencia en caso de cualquier anomalía que se pueda presentar, como un corte de energía lo que imposibilitaría llevar el agua hasta el próximo tratamiento.

4.1.2.6.2. Sistema primario.

Esta etapa contará con un sedimentador el que tendrá una capacidad de 3500 litros, tendrá un sistema de agitación compuesto por un motorreductor y unas aspas logrando la mezcla del agente químico, los sólidos presentes serán retirado por la parte inferior del tanque para darle

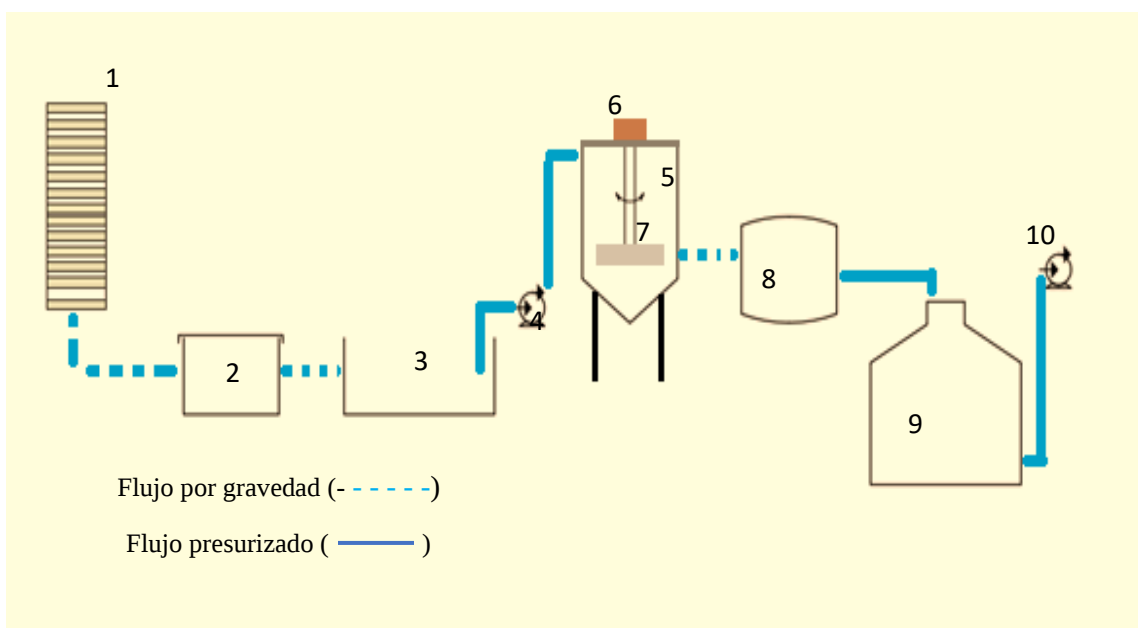
una disposición final, una vez el agua clarificada saldrá por un lado lista para el próximo tratamiento.

4.1.2.6.3. Filtrado.

El agua que se encuentra en el tanque de sedimentación será impulsada mediante una bomba de alimentación la que se encargara de llevar el agua al filtro de arena y grava, dicho filtro contara con capas interiores las cuales se determinarán en el diseño logrando la retención de los últimos sólidos, posterior a este se dispondrá el efluente en un tanque de almacenamiento final donde el agua estará completamente tratada y lista para la reutilización.

En el gráfico 8 se representa el funcionamiento completo del sistema de tratamiento y recirculación de agua residual en la lavadora de automóviles Dimas Vera.

Gráfico 8. Esquema general del sistema de tratamiento.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Las etapas y partes que lo conforman se describen a continuación:

1. Cribado (rejillas).
2. Trampa de grasas.
3. Tanque de almacenamiento #1.
4. Bomba de alimentación #1.
5. Sedimentador.
6. Motorreductor.
7. Aspas de agitación.
8. Filtro de arena.
9. Tanque de almacenamiento #2
10. Bomba de alimentación #2

4.1.2.7. Diseño detallado.

En esta sección se analizarán todos los elementos propios para realizar el diseño detallado del sistema de tratamiento y recirculación de agua residual, parte desde la selección los componentes comerciales y el correspondiente diseño de los que no se encuentren en el mercado. Así también se establecerá el rendimiento de la planta y las limitaciones de funcionabilidad.

4.1.2.7.1. Etapa 1 (Pretratamiento).

- **Cribado.**

Se puede elegir entre diferentes tipos de rejillas, pero se debe cumplir con parámetros establecidos en el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico [40]. El cribado se debe colocar como primer filtro de residuos ya que este permitirá retener botellas, trapos, entre otros., que pueden taponar tuberías o afectar el funcionamiento del sistema siguiente.

El RAS recomienda un espacio entre barras de 15 mm a 50 mm para rejillas limpiadas manualmente con una velocidad de aproximación mínima del fluido entre $0,3 \frac{m}{s}$ a $0,6 \frac{m}{s}$. Para calcular la pérdida de carga en rejilla se emplea la ecuación 5.

EC 5.

$$k = \beta \left(\frac{S}{b} \right)^{1.33} \sin \alpha$$

Donde:

S = ancho de la barra.

b = espaciamento entre barras.

α = ángulo de aproximación determinado en 10° , este valor se determina mediante construcciones existentes en sitios de lavado vehicular.

Esta ecuación se realiza para una rejilla limpia en la que no se acepta una pérdida de mayor a 75 cm. Donde β depende de la forma geométrica de la barra. Ver tabla 14 y gráfico 9.

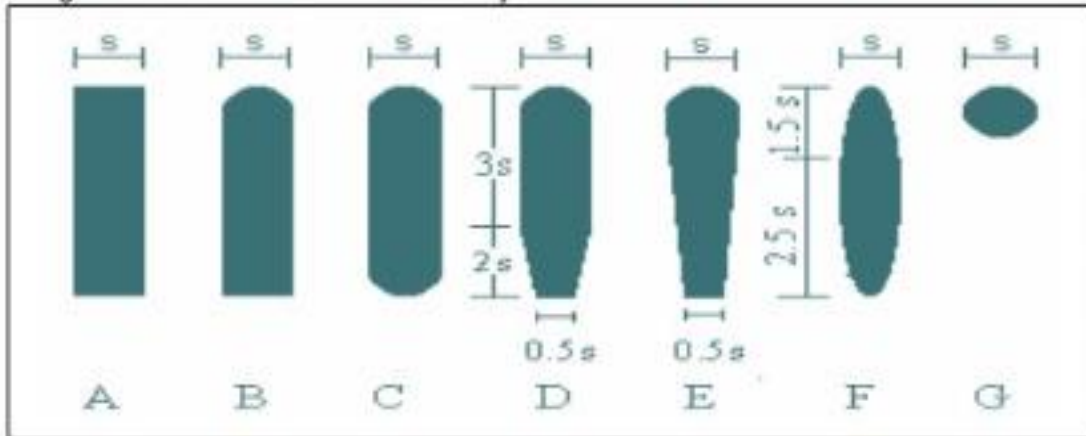
Tabla 14. Coeficiente de pérdida en rejillas

Sección Transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: RAS 200- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Gráfico 9. Diferentes formas de rejillas



Fuente: RAS 200- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Conociendo todos los parámetros se procede a diseñar la rejilla con los siguientes resultados

Velocidad de aproximación $0,35 \frac{m}{s}$ con diámetro de manguera de 1 in.

El caudal determinado es de 11 Litros/min.

$$Q = 11 \frac{L}{min} * \frac{1 m^3}{1000 L} * \frac{1 min}{60 s} = 1,83 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

Se asume la velocidad mínima $0,3 \frac{m}{s}$ recomendada por el RAS 2000 (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico)

Entonces:

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{1,83 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{0,3 \frac{m}{s}}$$

$$A = 6,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{6,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$r = 0,0133 \text{ m}$$

$$D = 2 r$$

$$D = 2 * 0,0133 \text{ m} = 0,027 \text{ m}$$

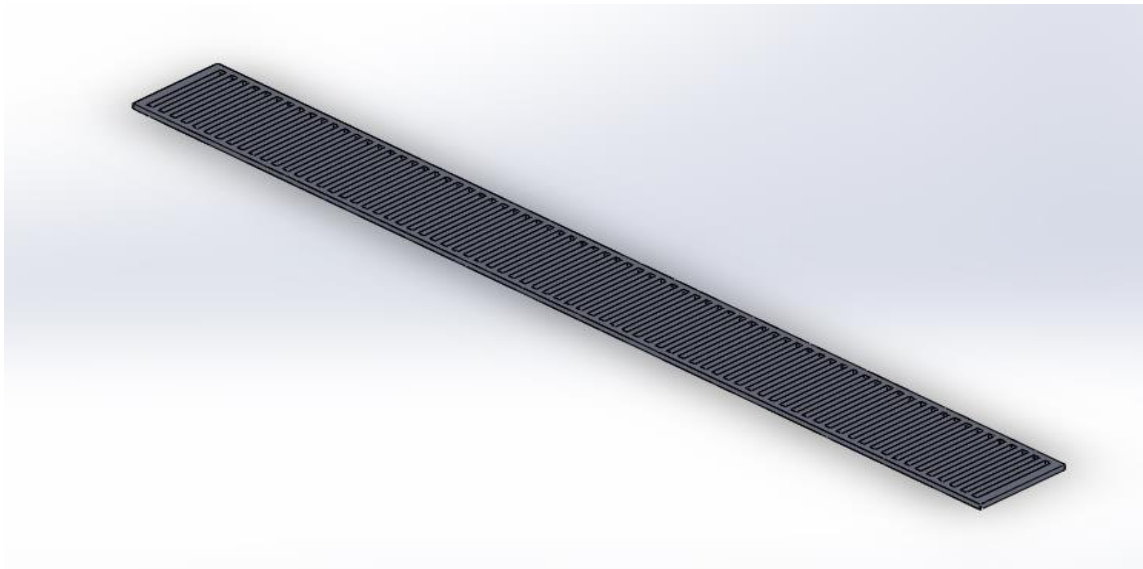
Dado que comercialmente se utiliza la medida de pulgadas en el ámbito comercial para las mangueras se realiza la conversión de unidades.

$$0,027 \text{ m} * \frac{39,3701 \text{ in}}{1 \text{ m}} = 1,06299 \text{ in}$$

Dimensionamiento de la rejilla

Para el diseño de la rejilla se toma en consideración que el sistema de cribado debe tener una distancia de 15 m, dividida en 5 secciones de 3 m de largo cada una y ancho de 0,3 m, barras de caras rectangulares con un ancho de 2 cm y un espaciamiento entre ellas de 2 cm. Ver gráfico 10.

Gráfico 10. Rejilla de cribado.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Se aplica la ecuación 4 que representa el cálculo de pérdida para comprobar si cumple o no con lo determinado por el RAS 2000.

$$k = \beta \left(\frac{S}{b} \right)^{1.33} \sin \alpha$$
$$k = 2.42 \left(\frac{2}{2} \right)^{1.33} \sin 10$$
$$k = 0,420 \text{ cm}$$

Las rejillas se instalarán sobre una canal de concreto que posee una profundidad de 35 cm, donde el agua proveniente del proceso de lavado del automotor se recolecta y será distribuida por gravedad hacia la trampa de grasas.

Trampa de grasas.

Permite la remoción de grasas y aceites por lo que es de gran importancia la instalación, debido a que estos elementos contaminantes presentes en el agua por el lavado de los vehículos pueden ocasionar problemas a futuro, uno de estos es el taponamiento de las tuberías debido al aglutinamiento de grasas. Es necesario que la trampa a diseñar o seleccionar sea la adecuada, debido a que si se selecciona una trampa que tenga una capacidad inferior a la que se requiere puede ocasionar problemas en el sistema.

Para el dimensionamiento de las trampas de grasas existen dos métodos definidos por el PDI-G 101 el instituto de plomería para drenaje que se encarga de determinar procedimientos certificados de pruebas, clasificación e instalación para trampas de grasas [41]. El primero método es el siguiente ver tabla 15.

Tabla 15. Primer método para seleccionar una trampa de grasa.

Paso	Fórmula
1	Determine el volumen contenido, multiplicado largo x ancho x alto.
2	Determine la capacidad en galones, 1 galón = 231 cu*in.
3	Determine la carga real de drenaje, el exceso se haya lleno al 75% de su capacidad, esto por cuanto los elementos a lavar desplazan cerca del 25% del contenido. Carga real de drenaje 0.75 de la capacidad del accesorio.
4	Determine la razón de flujo y periodo del drenaje. La práctica sugiere un minuto de periodo de drenaje.
5	Seleccionar el interceptor.

Fuente: Durman

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

El segundo método es el más sencillo y radica en el flujo que debe soportar la trampa de grasa buscando un parámetro normalizado por la serie PDI-G1 101, ver tabla 16.

Tabla 16. Segundo método para seleccionar una trampa de grasa

Descripción	Medidas								
Símbolo del tamaño, PDI	4	7	10	15	20	25	35	50	
Razón de flujo, galones por minuto (GPM)	4	7	10	15	20	25	35	50	
Razón de flujo, litros por segundo (LPS)	.25	.44	.63	.95	1.26	1.58	2.20	3.16	
Capacidad para grasa, libras (lb)	8	14	20	30	40	50	70	100	
Capacidad para grasa, kilogramos (Kg)	3.36	6.35	9.01	13.61	18.14	22.68	31.75	45.3	

Fuente: Durman

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Para el dimensionamiento de la trampa de grasas se opta por aplicar el segundo método, ya que se conoce con exactitud el caudal con el que se trabaja en el lavado de vehículos. Como ya se conoce anteriormente el sistema de la planta debe tener la capacidad de lavar 4 vehículos al mismo tiempo con el $Q = 11 \frac{L}{min}$

Donde Q es el caudal por vehículo, para encontrar el caudal utilizado en 4 automóviles se tiene:

$$Q = 11 \frac{L}{min} * 4$$

$$Q = 44 \frac{L}{min}$$

$$Q = 44 \frac{L}{min} * \frac{1 min}{60 s}$$

$$Q = 0,733 \frac{L}{s}$$

Si se normaliza este caudal al PDI-G 101 se tiene una razón de flujo de $0.95 \frac{L}{s}$ y un tamaño de 15. Una vez que se conoce el tamaño PDI se selecciona la trampa de grasa adecuada, para este caso se relacionan las características del producto MIFAB MI-G-3 ver tabla 17.

Tabla 17. Modelos de trampas de grasas.

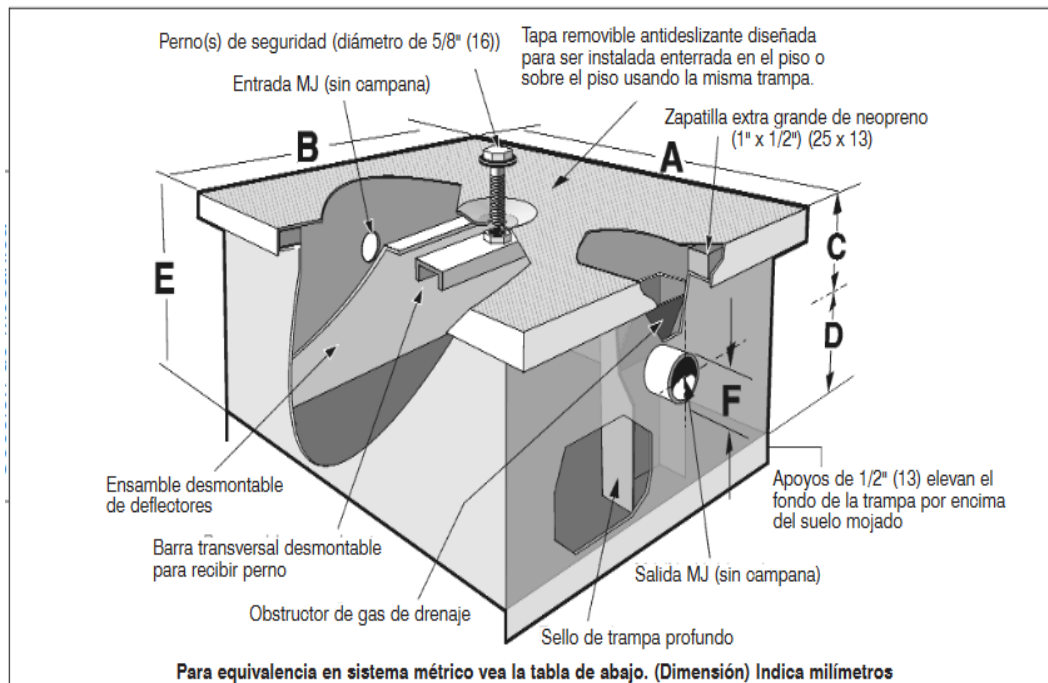
Número de modelo	GPM (USA)	LBS. De capacidad	A	B	C	D	E	F	N° de tapas	N° de pernos
MI-G-0	4	8	16.75" (419)	11.25" (281)	2.5" (6.3)	8.5" (213)	11" (275)	2" (50)	1	1
MI-G-1	7	14	17.75" (444)	13.75" (344)	3.5" (88)	8.5" (213)	12" (300)	2" (50)	1	1
MI-G-2	10	20	21.25" (531)	15.75" (394)	3.5" (88)	9.5" (238)	13" (325)	2" (50)	1	1
MI-G-3	15	30	23.75" (594)	15.75" (394)	3.5" (88)	11.5" (288)	15" (375)	2" (50)	1	1
MI-G-4	20	40	23.75" (594)	15.75" (394)	3.5" (88)	14" (350)	17.5" (53)	3" (75)	1	1
MI-G-5	25	50	27.75" (594)	18.75" (469)	3.5" (88)	14" (350)	17.5" (53)	3" (75)	1	1
MI-G-6	35	70	31.25" (781)	23.75" (594)	5.5" (138)	16.5" (413)	22" (550)	3" (75)	2	4
MI-G-7	50	100	31.25" (781)	23.75" (594)	5.5" (138)	18.5" (463)	24" (600)	3" (75)	2	4

Fuente: MIFAB

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

En el gráfico 11 se puede apreciar el modelo seleccionado según el catálogo de MIFAB siendo el MI-G-3 ya que este modelo puede soportar instalaciones por debajo del nivel del suelo y posee las siguientes especificaciones.

Gráfico 11. Especificaciones de la trampa de grasa MIFAB



Fuente: MIFAB

La conexión entre el cribado y la trampa de grasas, se lo realiza mediante una tubería de PVC de 2 in ya que este material cuenta con una alta durabilidad, resistencia a la corrosión, peso liviano y superficie lisa que facilita el recorrido del flujo. De la misma forma se determina el diámetro de la tubería en base al catálogo del productor MIFAB.

Tanque de almacenamiento #1.

Es necesario tener un tanque en el cual se pueda almacenar el agua tratada mediante la etapa 1 que es el pretratamiento, para así poder transportar el efluente al sistema siguiente. En la tabla 18 se muestra los valores del consumo promedio diario por semana, el cual servirá para dimensionar el tanque.

Tabla 18. Consumo de agua por día correspondiente a un mes

Días de la semana	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Lunes	5391,2	2741,6	3440,8	3790,4
Martes	4232	2852	4029,6	2852
Miércoles	1656	2171,2	1692,8	2925
Jueves	2999,2	2097,6	2649,6	3735,2
Viernes	3514,4	3017,6	3348,8	2741,6
Sábado	6752,8	3128	2815,2	4820,8

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Teniendo en cuenta el consumo promedio diario, se decide diseñar un tanque de almacenamiento que al día realice 2 ciclos de bombeo hacia la etapa 2 sistema primario.

Dimensionamiento del tanque.

Se tiene que:

$$CANTIDAD PROMEDIO DIARIO DEL AGUA = 3308,14 \text{ Litros}$$

$$CANTIDAD PROMEDIO DIARIO DEL AGUA = 3.308,14 \text{ L} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 3,3 \text{ m}^3$$

De esta manera se ajusta el valor teórico que se planteó en la caracterización de 1.700 Litros y cumpliendo la condición de 2 ciclos de bombeo diario el volumen necesario del tanque de almacenamiento sería:

$$V = \frac{3,3 \text{ m}^3}{2} = 1,65 \text{ m}^3$$

Por lo que se diseñará un tanque rectangular con las siguientes medidas para el almacenamiento del agua en base a la siguiente ecuación 6 volumen del tanque.

EC 6.

$$V = l * w * h$$

Donde:

l = largo del tanque en (m).

w = ancho en (m).

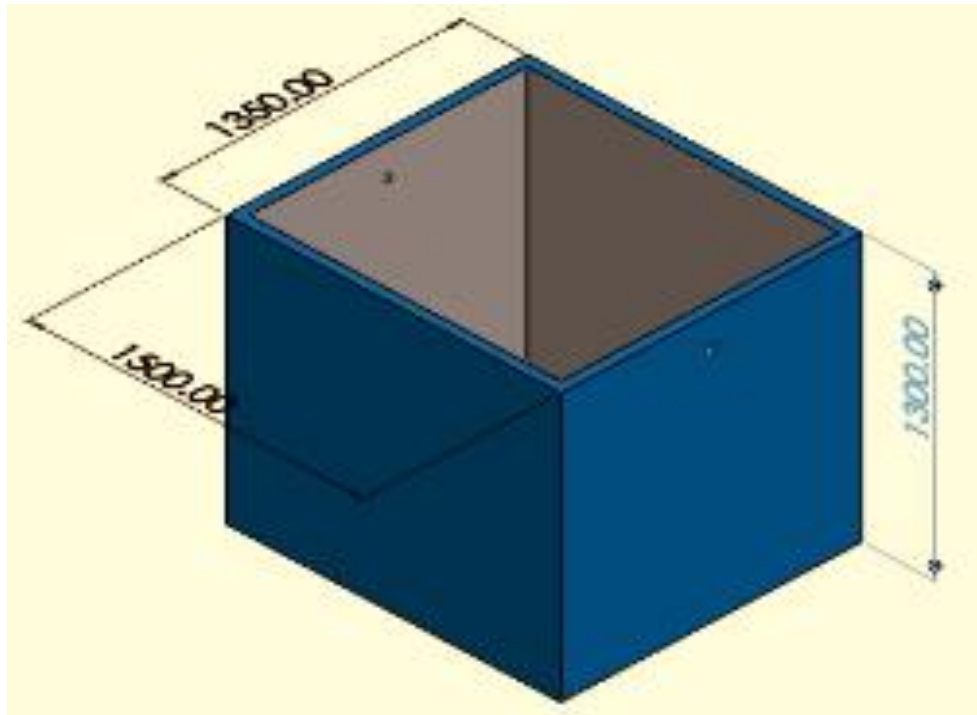
h = altura en (m).

$$V = 1,5 \text{ m} * 1,35 \text{ m} * 1,3 \text{ m}$$

$$V = 2,63 \text{ m}^3$$

Se justifica el diseño del tanque de almacenamiento #1 debido a que no solo cumplirá con la opción de ser una estación de bombeo, sino que sea una opción extra para tener el agua almacenada como un plan de contingencia por si llega a existir alguna anomalía en el sistema eléctrico. Con esta especificación en el gráfico 12 se representan las medidas para el diseño del tanque de almacenamiento N°1.

Gráfico 12. Dimensiones del tanque de almacenamiento N°1



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

4.1.2.7.2. Etapa 2 (Tratamiento primario).

Estará formado por un sedimentador primario, constituido por un agitador que se encarga de crear un floc de lodo en la parte inferior del tanque, para eliminar los sólidos en suspensión presentes en el agua y a su vez mejorar la calidad de la misma, este proceso se logra mediante las revoluciones del agitador y el uso de agentes químicos para facilitar el proceso.

Tanque sedimentador.

El tanque a diseñar será de forma cilíndrica con un final de tanque tipo cono, que contará con una capacidad de almacenamiento de líquido de 3.500 Litros, esto como resultado del sistema de operación de la planta la cual realizará dos ciclos de pretratamiento por un ciclo de tratamiento primario y así evitar costos excesivos en la planilla de luz por la utilización de las bombas.

El agitador mecánico trabajara con velocidad desde aproximadamente 20 rpm hasta 150 rpm, esto se encuentra referenciado en las pruebas de test de jarra para ensayos de floculación y coagulación en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN. Para la fase del diseño se opta por 120 rpm, debido a que la norma técnica del ensayo de test de jarra indica estas revoluciones para el inicio del ensayo de floculación.

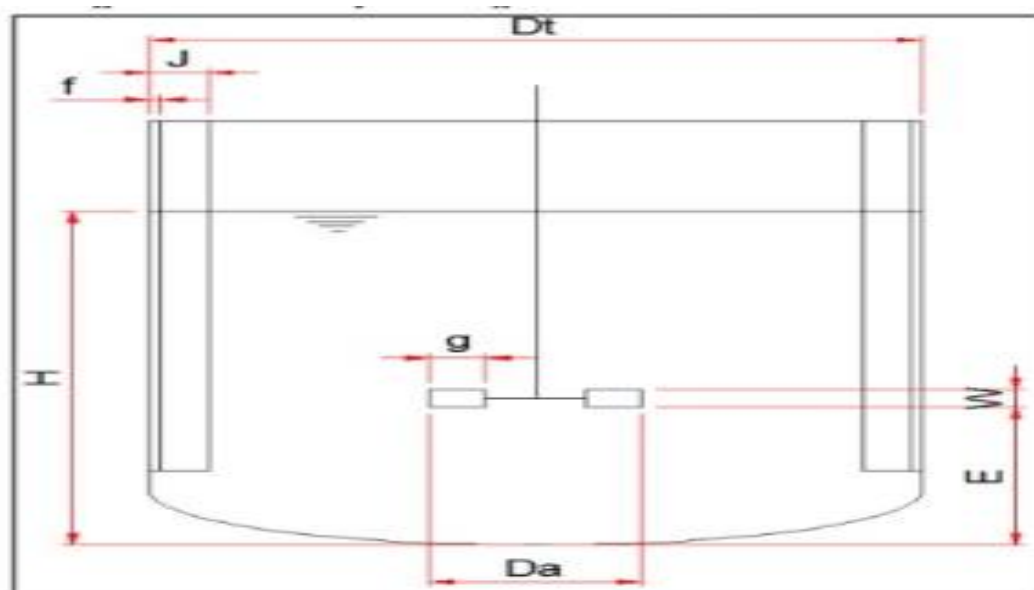
Por lo que el impulsor a utilizar en el diseño debe cumplir con su capacidad de operar a bajas velocidades de entre 20 rpm y 150 rpm. El impulsor será de paletas planas ya que este produce un flujo radial y proporcionaría el rango de RPM necesarias.

- **Geometría del tanque de agitación.**

Dentro del diseño del agitador existen variables que actúan de manera directa con lo que se pretende emplear, estas variables están relacionadas con las necesidades y los objetivos particulares de la agitación como es la velocidad de circulación o el consumo de potencia. Las relaciones geométricas que debe tener el tanque según el tipo de impulso que se tenga serán:

- ✓ Diámetro del tanque (D_t).
- ✓ Diámetro de palas (D_a).
- ✓ Altura del fluido (H).
- ✓ Distancia desde el fondo hasta el impulsor (E).

Gráfico 13. Semejanzas geométricas de diseño.



Fuente: Castillo Vladimir, Diseño y cálculo de agitador de fluidos, [2013].

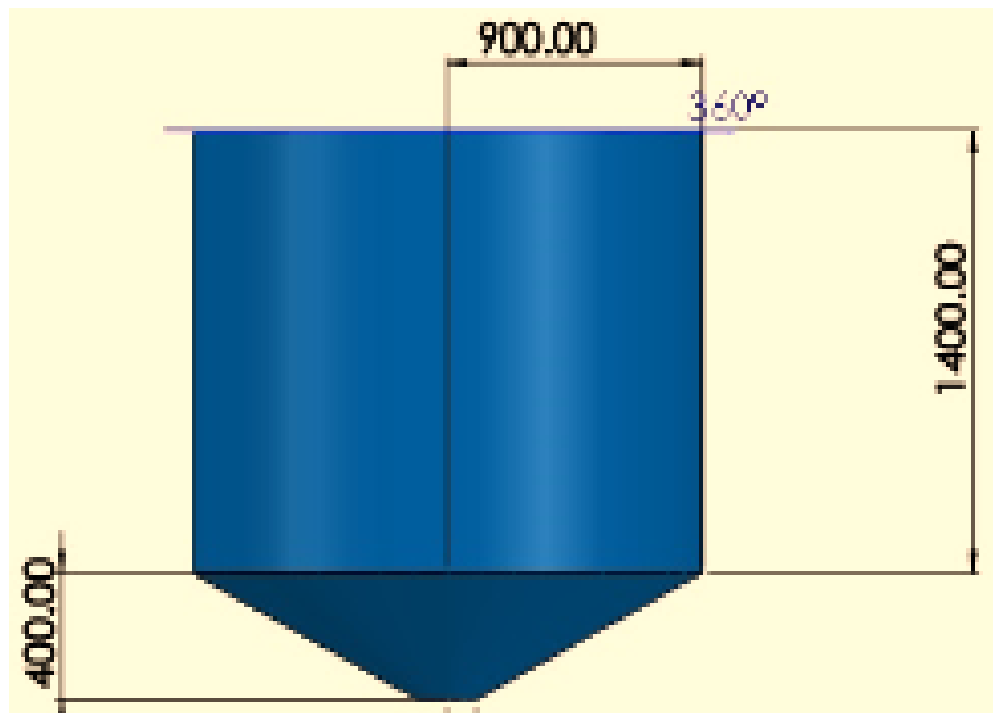
Tabla 19. Relaciones geométricas impulsor turbina

$\frac{H}{D_t} = 1$	$\frac{D_a}{D_t} = 0,33$	$\frac{E}{D_t} = 0,33$
$\frac{W}{D_a} = 0,2$	$\frac{f}{D_t} = 0,02$	$\frac{J}{D_t} = 0,1$

Fuente: Castillo Vladimir, Diseño y cálculo de agitador de fluidos, [2013].

Para el dimensionamiento del tanque se debe tomar en cuenta que este se encargara de acumular una carga de 3500 litros y a su vez tener la capacidad de almacenar la altura de lodo de 0.4 m ya que este para su formación le toma un tiempo determinado antes de su disposición final, dicho tiempo solo se puede calcular mediante pruebas de tratabilidad del efluente, es por eso que en el gráfico 14 durante el proceso de diseño se toma en cuenta el volumen que ocupa el lodo activado dentro del tanque.

Gráfico 14. Dimensiones del tanque sedimentador (mm)



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Para la construcción se recomienda el acero AISI 316 L con un espesor de 20 mm, para la comprobación de que dicho espesor soporte los esfuerzos que se producen por el peso del tanque como la presión que ejerce el agua se plantean cálculos de esfuerzo circunferencial y longitudinal.

- **Cálculo del esfuerzo circunferencial.**

Se debe determinar si el tanque se lo considera de pared delgada y para esto debe cumplir la condición:

$$\frac{r}{t} > 10$$

$$\frac{0,9 \text{ m}}{0,02 \text{ m}} = 45 > 10$$

Como se cumple la condición entonces se aplica la ecuación 7 de esfuerzo circunferencial.

EC 7.

$$\sigma_c = \frac{P * r}{t}$$

Donde:

P = presión que ejerce el agua sobre el tanque (Pa).

r = radio del tanque (m).

t = espesor del tanque (m).

Por lo que, para determinar la presión hidrostática que ejerce el agua se utiliza la ecuación 8 ley de pascal.

EC 8.

$$P = \gamma * h$$

$$P = 9810 \frac{N}{m^3} * 1,8 \text{ m} = 17658 \text{ Pa}$$

Donde:

γ = peso específico del agua (N/m³).

h = altura de la lámina de agua (m).

Conociendo el valor de la presión se reemplaza en la ecuación 7.

$$\sigma_c = \frac{17658 \text{ Pa} * 0,9 \text{ m}}{0,02 \text{ m}} = 794610 \text{ Pa}$$

$$\sigma_c = 794,610 \text{ KPa}$$

- **Cálculo del esfuerzo longitudinal.**

Producido por el peso del tanque que esta sostenido uniformemente por las paredes del mismo y cumple la siguiente ecuación 9 del esfuerzo longitudinal.

EC 9.

$$\sigma_L = \frac{W_{ac}}{A_{ac}}$$

Donde:

W_{ac} = peso del acero (Kg).

A_{ac} = área que ocupa el acero (m²).

Para determinar el peso del acero es necesario aplicar la siguiente ecuación 10 para conocer el peso del acero.

EC 10.

$$W_{ac} = \gamma_{ac} * V_{ac}$$

El peso específico del acero 7950 Kg/m³.

Como el tanque tiene dos figuras geométricas diferentes por lo que para encontrar su respectivo volumen se debe calcular de manera separada.

✓ **Parte cilíndrica**

$$V = [\pi (r_{ext})^2 * h] - [\pi (r_{int})^2 * h]$$

$$V = [\pi (0,9 \text{ m})^2 * 1,4 \text{ m}] - [\pi (0,88 \text{ m})^2 * 1,4 \text{ m}]$$

$$V = 0,1565 \text{ m}^3$$

✓ **Parte cónica**

$$V = \left[\frac{\pi * (r_{ext})^2 * h}{3} \right] - \left[\frac{\pi * (r_{int})^2 * h}{3} \right]$$

$$V = \left[\frac{\pi * (0,9 \text{ m})^2 * 0,4 \text{ m}}{3} \right] - \left[\frac{\pi * (0,88 \text{ m})^2 * 0,4 \text{ m}}{3} \right]$$

$$V = 0,0149 \text{ m}^3$$

Con los valores obtenidos se reemplaza en la ecuación 9 y se tiene el peso del acero.

$$W_{ac} = 7950 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (0,1565 \text{ m}^3 + 0,0149 \text{ m}^3)$$

$$W_{ac} = 1362,63 \text{ Kg}$$

Para conseguir el área que ocupa el acero es necesario replantear el proceso que se realizó para encontrar los volúmenes, tratando las figuras geométricas del tanque.

✓ **Área del cilindro**

EC 11.

$$A_{cilindro} = \pi * r_{ext}^2 - \pi * r_{int}^2$$

$$A_{cilindro} = \pi * (0,9 \text{ m})^2 - \pi * (0,88 \text{ m})^2$$

$$A_{cilindro} = 0,111 \text{ m}^2$$

✓ **Área del cono**

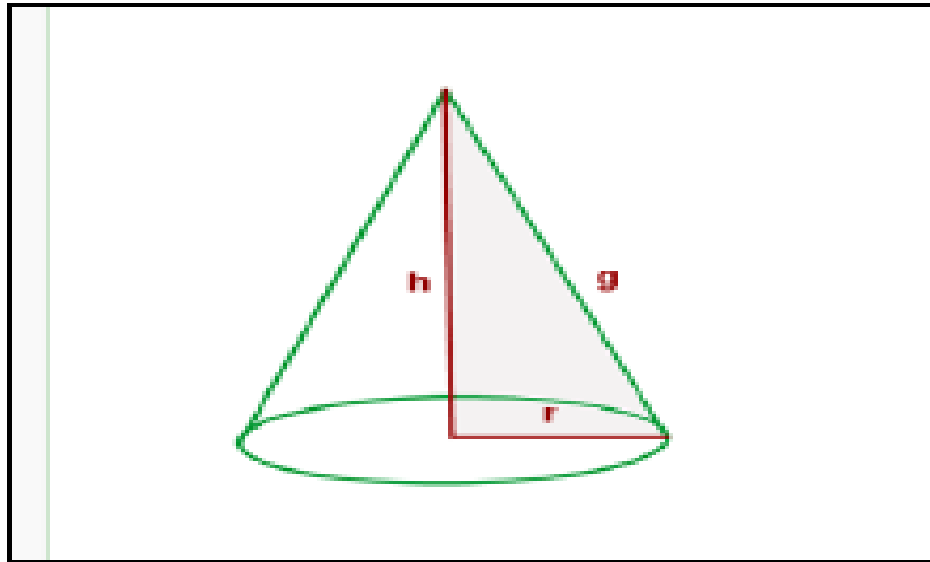
EC 12.

$$A_{cono} = [\pi * r_{ext} * (g + r_{ext})] - [\pi * r_{int} * (g + r_{int})]$$

Donde:

g = generatriz del cono y se calcula mediante el teorema de Pitágoras, como se muestra en el grafico 15.

Gráfico 15. Área de un cono



Fuente: www.vitutor.net.

g de radio externo

$$g = \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$g = \sqrt{0,4^2 + 0,9^2}$$

$$g = 0,984 \text{ m}$$

g de radio interno

$$g = \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$g = \sqrt{0,4^2 + 0,88^2}$$

$$g = 0,966 \text{ m}$$

Entonces el área del cono queda con la siguiente magnitud.

$$A_{cono} = [\pi * 0,9 \text{ m} * (0,984 \text{ m} + 0,9)] - [\pi * 0,88 \text{ m} * (0,966 \text{ m} + 0,88 \text{ m})]$$

$$A_{cono} = 0,224 \text{ m}^2$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 8.

$$\sigma_L = \frac{1362,63 \text{ Kg}}{(0,223 + 0,111)\text{m}^2} = 4079,73 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}$$

$$\sigma_L = 40022,15 \text{ Pa} = 40,022 \text{ Kpa}$$

Los valores obtenidos por los esfuerzos encontrados se deben comparar con el valor de tensión máxima admisible, es decir el cociente entre el esfuerzo de fluencia del material y el factor de seguridad, para cargas livianas se toma el valor de 1.5 y para cargas pesadas un valor de 2.5, de esta manera se asume un promedio entre estos dos valores para determinar el factor de seguridad a utilizar, se debe emplear la ecuación 13 que describe la tensión máxima permisible.

EC 13.

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{lim}}{\eta}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{170000 \text{ KPa}}{2} = 85000 \text{ KPa}$$

Comparando los valores de los esfuerzos calculados se puede determinar que son esfuerzos que no afectan la integridad del tanque y que a su vez el espesor del tanque es el adecuado para el caso de la construcción. Las medidas faltantes:

- **Diámetro impulsor**

$$D_a = D_t * 0,33$$

$$D_a = 1,8 \text{ m} * 0,33 = 0,594 \text{ m}$$

- **Distancia del fondo del tanque al impulsor.**

$$E = D_t * 0,33$$

$$E = 1,8 \text{ m} * 0,33 = 0,594 \text{ m}$$

- **Ancho de paleta.**

$$W = D_a * 0,2$$

$$W = 0,594 \text{ m} * 0,2 = 0,1188 \text{ m}$$

- **Ancho placa deflectora.**

$$\frac{J}{D_t} = 0,1$$

$$J = D_t * 0,1$$

$$J = 1,8 \text{ m} * 0,1 = 0,18 \text{ m}$$

- **Distancia entre placa y tanque del agitador.**

$$\frac{f}{D_t} = 0,02$$

$$f = D_t * 0,02$$

$$f = 1,8 \text{ m} * 0,02 = 0,036 \text{ m}$$

Como resultado la altura total del tanque será de 2 m, considerando las conexiones de tubería por donde ingresará el agua al tanque.

▪ **Cálculo de potencia.**

Determinar la potencia adecuada es de suma importancia debido a que el agitador debe tener la habilidad de llevar el flujo hasta partes más alejadas del tanque, en donde la turbulencia tiene un papel importante. La potencia se obtiene empleando números adimensionales que se relacionan a través del grafico del número de Reynolds para determinar si el tipo de fluido es laminar o turbulento.

- ✓ $Re < 2000$ flujo laminar.
- ✓ $2000 < Re < 4000$ régimen transitorio.
- ✓ $Re > 4000$ flujo turbulento.

Se inicia aplicando la ecuación 14 para determinar el número Reynolds.

EC 14.

$$Re = \frac{N d^2 \rho}{\mu}$$

Donde:

N = velocidad de rotación (rps)

d = diámetro del impulsor (m).

ρ = densidad del fluido (Kg / m³).

μ = Viscosidad (Pa * s).

Como se conocen los valores de cada una de las variables se reemplaza en la ecuación 13.

$$Re = \frac{2 \text{ rps} * (0,594 \text{ m})^2 * 997 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}{0,890 * 10^{-3} \text{ Pa} * \text{s}}$$

$$Re = 790,551 \times 10^3$$

Se tiene un régimen turbulento por lo que es necesario aplicar la siguiente ecuación 15 potencia característica.

EC 15.

$$P = K_T * N^3 * d_a^5 * \rho$$

Donde:

P = potencia característica para régimen turbulento. (W)

K_T = Constante de agitación en régimen turbulento.

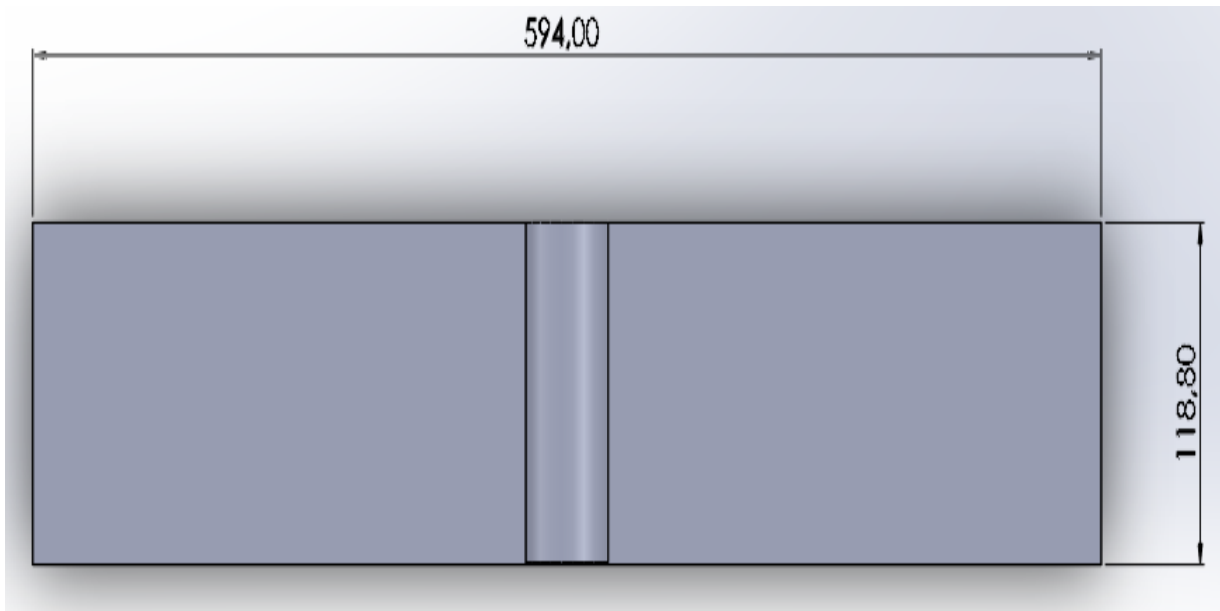
N = revoluciones del agitador (rps).

d_a = diámetro del impulsor (m).

ρ = densidad del fluido (Kg/m³).

En el gráfico 16 se representan las medidas con las que se diseña la propela del agitador para así seleccionar la constante K_T adecuada.

Gráfico 16. Medidas de la propela (mm)



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

La relación de medidas para seleccionar la constante K_T de agitación implica el diámetro total de la propela y el ancho de la paleta.

Entonces:

$$KT = \frac{D_i}{W_i} = \frac{594 \text{ mm}}{118,8 \text{ mm}} = 5$$

Para establecer la constante K_T se utiliza la siguiente tabla 20, la cual define el tipo de impulsor de palas planas de dos hojas.

Tabla 20. Constantes de potencia

Tipo de agitador	K_L	K_T
Hélice, paso cuadrado, 3 palas	41	0,32
Hélice, paso 2, 3 palas	43,5	1
Turbina de disco con 4 palas planas	60	5,31

Turbina de disco con 6 palas planas	65	5,75
Turbina con 6 planas curvas	70	4,8
Turbina con ventilador, 6 palas planas 45°	70	1,65
Turbina cerrada de 6 palas curvas	97,5	1,08
Turbina cerrada por anillo difusor sin tabiques deflectores	172,5	1,12
Palas planas, 2 hojas, $\frac{D_i}{w_i} = 4$	43	2,25
Palas planas, 2 hojas, $\frac{D_i}{w_i} = 6$	36,5	1,7
Palas planas, 2 hojas, $\frac{D_i}{w_i} = 8$	33	1,15
Palas planas, 4 hojas, $\frac{D_i}{w_i} = 6$	49	2,75
Palas planas, 6 hojas, $\frac{D_i}{w_i} = 6$	71	3,82

Fuente: Agitador para Coagulación y Floculación

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Teniendo el valor de la constante igual a 1,7 se determina la potencia característica aplicando la ecuación 15.

$$P = K_T * N^3 * da^5 * \rho$$

$$P = 1,7 * (2 \text{ rps})^3 * (0,594 \text{ m})^5 * 997 \text{ Kg/m}^3$$

$$P = 1002,7 \text{ Watt}$$

$$P = 1002,7 \frac{N * m}{s} * \frac{0,2248 \text{ lb}_f}{1 \text{ N}} * \frac{3,28 \text{ ft}}{1 \text{ m}} * \frac{1 \text{ Hp}}{550 \frac{\text{lb}_f * \text{ft}}{s}}$$

$$P = 1,34 \text{ Hp} \cong 1,5 \text{ Hp}$$

Como en el mercado no se encuentra de este tipo de potencia se debe normalizar a 1,5 Hp, sin embargo, los motores eléctricos giran a altas RPM lo que no sería lo adecuado para la

agitación, dicho esto se debe seleccionar un motorreductor, pero se debe partir de los siguientes criterios.

- Potencia determinada 1,5 Hp
- RPM de agitación máxima definida en 120 rpm.

Aplicación de la ecuación 16 para calcular el torque de la bomba:

EC 16.

$$T = \frac{63025 * Hp}{n}$$

$$T = \frac{63025 * 1,5 Hp}{120 rpm}$$

$$T = 787,81 lb * in$$

Donde:

T = torque (Lb*in).

Hp = potencia determinada por medio de la agitación en el régimen turbulento.

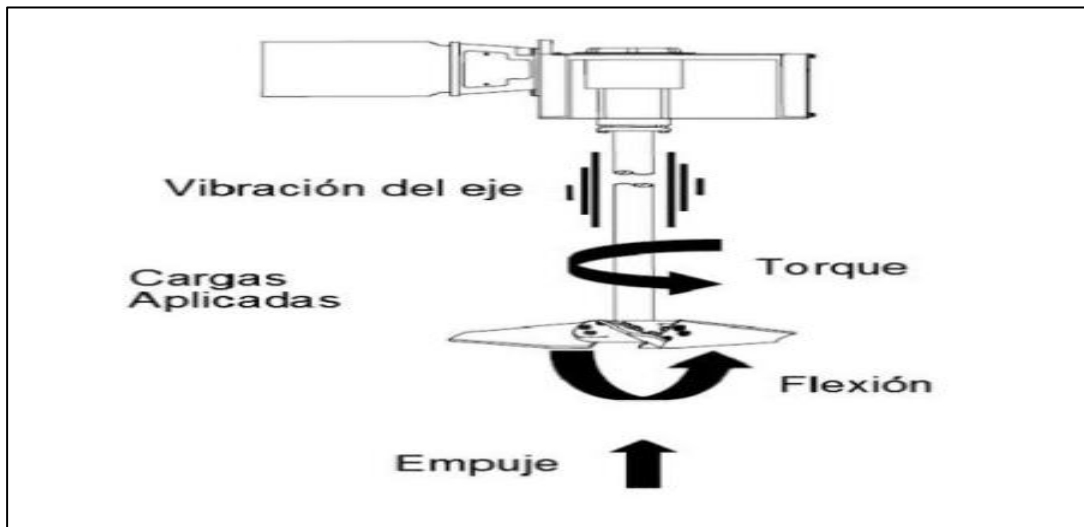
n = revoluciones a las que tiene que girar el agitador.

Con estos resultados se debe buscar un catálogo de fabricante de motorreductores, el cual permita la instalación vertical del sistema de potencia. La selección del reductor es el SK 372.1 ya que cumple con la potencia requerida y también ofrece un factor de servicio de 2.1 es decir permite un rango de operación de más de 10 horas por día. (ver anexo 6)

- **Diámetro del eje.**

Se debe determinar el diámetro del eje del agitador, ya que este es el que va a soportar los diferentes esfuerzos y será el encargado de transmitir la potencia del motor eléctrico al fluido para realizar la mezcla, las fuerzas características se representan a continuación.

Gráfico 17. Esfuerzos en un eje de agitación.

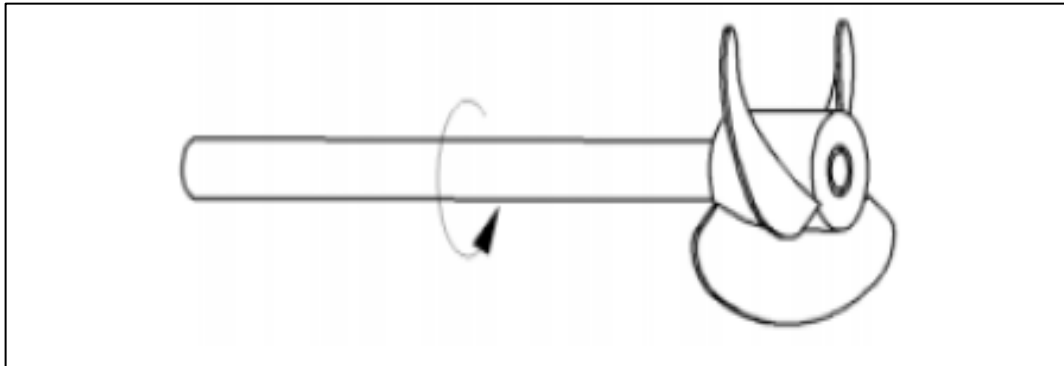


Fuente: Bolívar Rubén, Análisis, diseño y modelamiento [2018].

Cálculo del momento torsor.

El torque generado por el motor eléctrico se transmite a lo largo del eje, ya que se origina por el efecto de una fuerza tangencial y a través del radio de la propela que posee el mecanismo. En forma de análisis se debe considerar la fuerza F constante que ejerce de forma tangencial sobre una flecha de radio R , ya que gira a revoluciones establecidas, determinando que el trabajo W es igual a la fuerza multiplicada por la distancia y la potencia P es el trabajo que se efectúa en una unidad de tiempo.

Gráfico 18. Trabajo de eje



Fuente: Bolívar Rubén, Análisis, diseño y modelamiento [2018].

Con esto se describe la siguiente ecuación.

EC 17.

$$W_{flecha} = F * V = M_t * \omega$$

Donde:

W_{flecha} = trabajo de flecha.

F = Fuerza (N)

V = Velocidad $\left(\frac{m}{s}\right)$

M_t = Momento torsor (Nm)

ω = velocidad angular $\left(\frac{rad}{s}\right)$

Para determinar la velocidad en $\frac{rad}{s}$ se emplea la siguiente relación.

$$\omega = \frac{2\pi * N}{60}$$

Donde:

N = revoluciones por minuto (rpm).

Dado esto se puede decir que la potencia que transmite una flecha que gira a unas RPM determinadas se encuentra influenciada bajo un momento torsor M_t aplicando la ecuación 18.

$$P = M_t * \omega$$

Despejando M_t

EC 18.

$$M_t = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{\frac{2\pi * N}{60}}$$

Donde:

M_t = Momento torsor (Nm)

P = Potencia (Watts)

ω = velocidad angular $\left(\frac{rad}{s}\right)$

Como se conoce la potencia del motor y las revoluciones a las que debe girar se reemplaza en la ecuación 18.

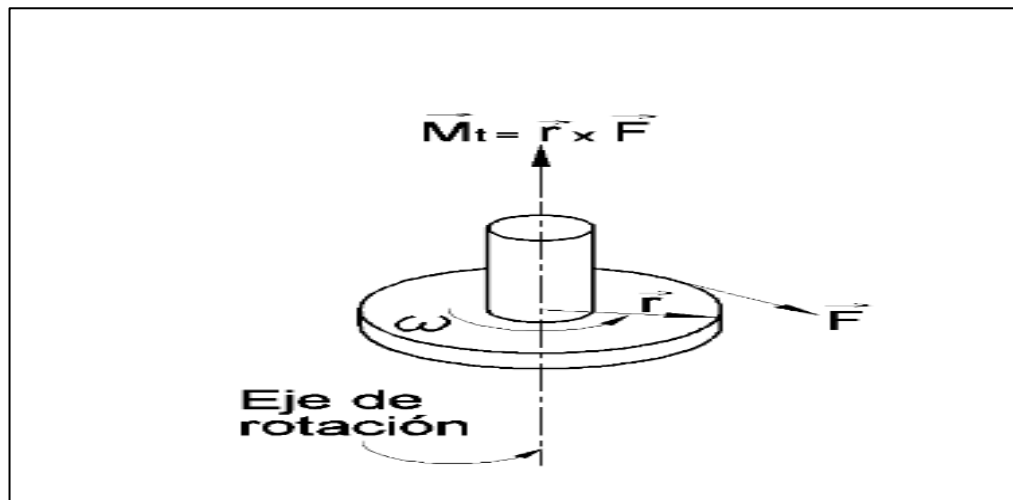
$$M_t = \frac{P}{\frac{2\pi * N}{60}}$$

$$M_t = \frac{1118,5 \text{ Watts}}{\frac{2\pi * 120 \text{ rpm}}{60}}$$

$$M_t = 89,01 \text{ Nm}$$

Ver gráfico 19.

Gráfico 19. Momento torsor



Fuente: Bolívar Rubén, Análisis, diseño y modelamiento [2018].

Una vez calculado el momento torsor y conociendo el radio de la propela que se va a utilizar, se puede determinar el valor de la fuerza tangencial que se presenta durante la agitación, se debe tener en cuenta que el diseño de la propela y las revoluciones a las que va a trabajar el mecanismo hacen que la fuerza axial tenga una magnitud igual a cero.

$$M_t = F * r$$

Despejando:

$$F = \frac{M_t}{r}$$

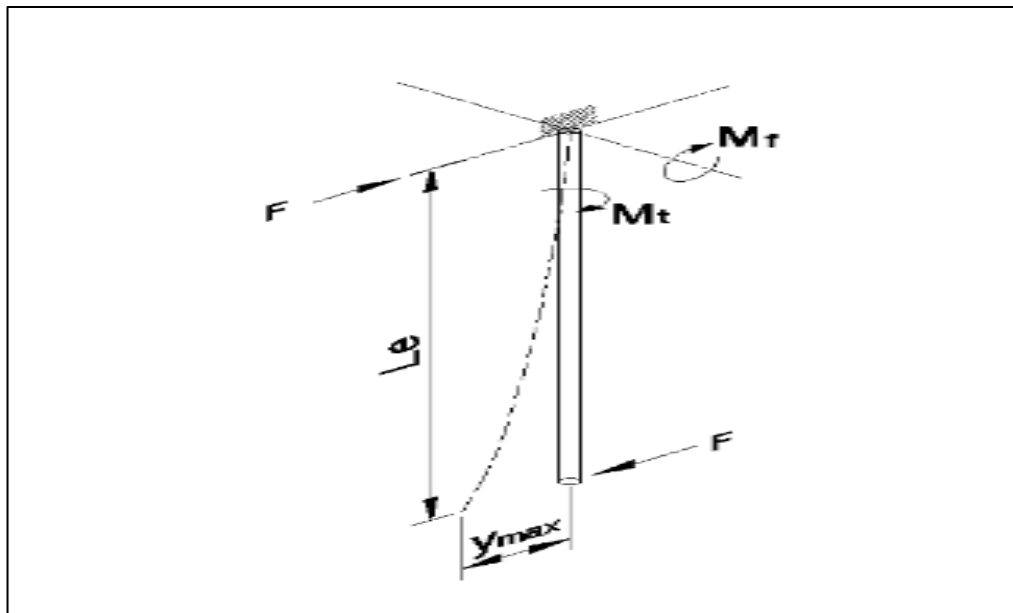
$$F = \frac{89,01 \text{ Nm}}{0,297 \text{ m}}$$

$$F = 299,7 \text{ N}$$

Cálculo del momento flector.

El eje del agitador al encontrarse unido por uno de sus extremos al acople del motor eléctrico y el otro extremo a estar completamente libre tiene el comportamiento de una viga en voladizo, lo que hace que se genere el momento flector. Ver gráfico 20

Gráfico 20. Momento flector



Fuente: Análisis, diseño y modelamiento, Bolívar Rubén.

Para conseguir la magnitud del momento flector se utiliza la ecuación 19.

EC 19.

$$M_f = F * L_e$$

$$M_f = 299,7 \text{ N} * 1,3 \text{ m}$$

$$M_f = 389,6 \text{ Nm}$$

Donde:

M_f = Momento flector (Nm)

F = Fuerza

L_e = Longitud del eje (m)

Cálculo del dimensionamiento del eje.

Al tener el valor de los esfuerzos críticos, se procede a determinar el diámetro mínimo que debe poseer el eje, para este caso se hace uso de la ecuación planteada en el libro de diseño de ingeniería mecánica de Shigley [42]

EC 20.

$$d = \left[\frac{16 * n}{\pi * S_y} * \left(M_f^2 + \frac{3 * M_t^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

d = diámetro mínimo del eje (m)

n = factor de seguridad

S_y = esfuerzo último del material (Pa)

M_f = momento flector (Nm)

M_t = momento torsor (Nm)

Para este caso se debe tener las siguientes consideraciones:

- ✓ El eje será diseñado en acero AISI 304, debido a que es un material que tiene alta protección contra la corrosión y tiene un límite elástico de 206 MPa.
- ✓ El factor de seguridad como se mencionó anteriormente tendrá el valor de 2 ya que es el promedio de 1.5 para cargas livianas y 2.5 para cargas pesadas.

De esta manera se reemplaza en la ecuación 19.

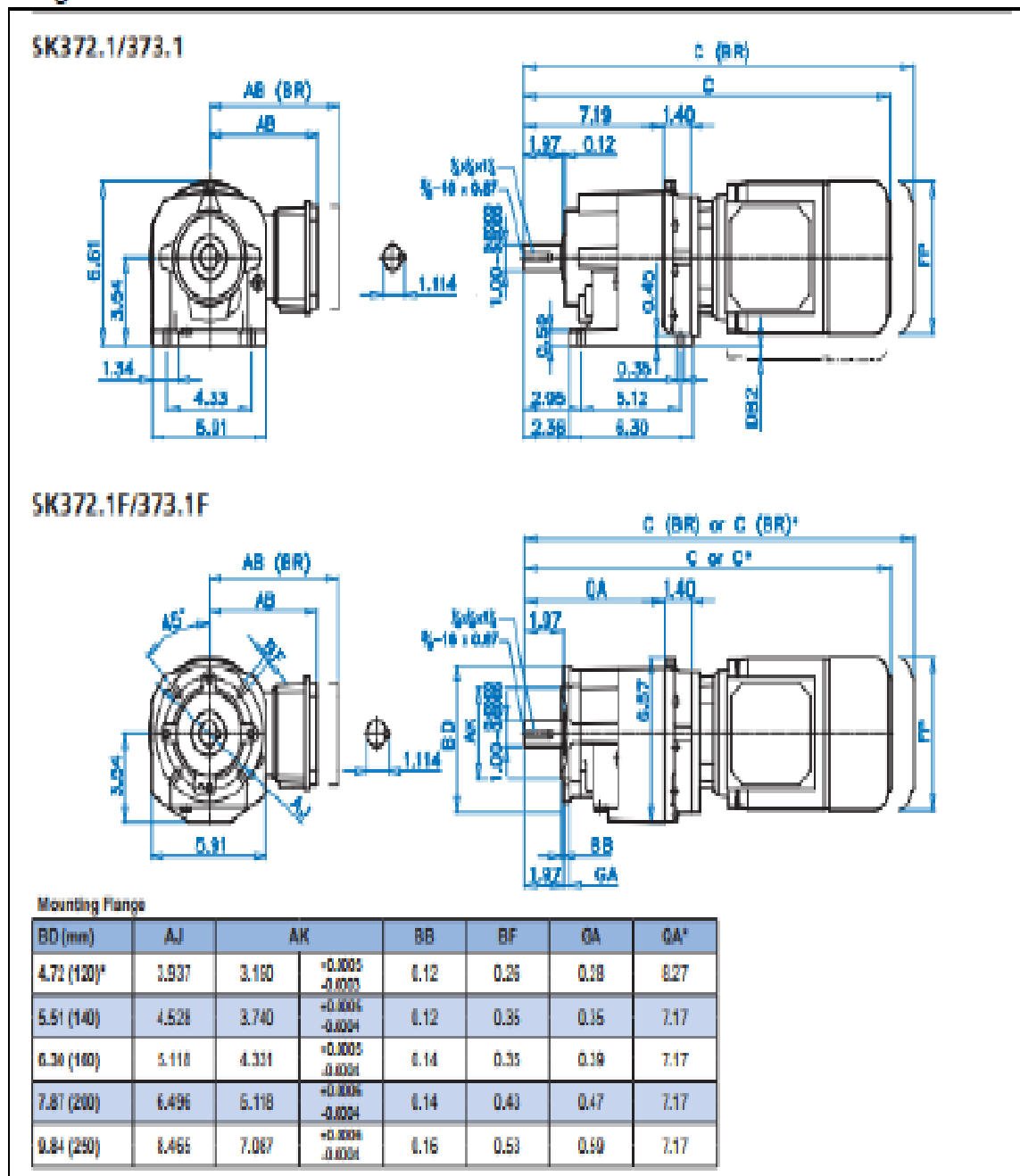
$$d = \left[\frac{16 * 2}{\pi * 206 MPa} * \left((389,6 Nm)^2 + \frac{3 * (89,01 Nm)^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,025 m = 25 mm$$

Selección del acople.

La necesidad de poseer un acople mecánico que garantice la transmisión del par torsional que genera el motorreductor y que debe transmitir al eje de agitación es muy importante ya que con la buena selección el mecanismo trabajara sin ningún problema, entonces para determinar los diámetros del acople se debe conocer el diámetro que posee el motorreductor ver gráfico 21.

Gráfico 21. Dimensiones del motorreductor seleccionado.



Fuente: www.nord.com

Como ya se calculó el diámetro del eje del motorreductor es de 25 mm = 1 in, lo que define al diámetro normalizado de dicho eje, en base a esto se selecciona un acople rígido que posee las siguientes características. Ver gráfico 22.

Gráfico 22. Acople rígido

CLX-16-16-SS - Acoplamiento Rígido



Clave de producto:	CLX-16-16-SS
Tipo de producto:	Acoplamiento Rígido
Tipo:	de Una Pieza tipo Abrazadera
Material:	Acero Inoxidable 303 (DIN 1.4305)
Acabado:	Brillante
País de origen:	Estados Unidos
<u>Medidas</u>	
Agujero B1:	1,000 pulg
Agujero B2:	1,000 pulg
Diámetro externo OD:	1 3/4 pulg
Longitud L:	3 pulg
Penetración del eje:	1,500 pulg
Espacio requerido C MAX:	2,049 pulg
Posición del tornillo R:	0,670 pulg
<u>Tornillos</u>	
Tornillo tipo abrazadera:	1/4 - 28
Material del tornillo:	Acero Inoxidable 18-8 con Nypatch®
Acabado de los tornillos:	Brillante
Torque de apretamiento:	110 libra-pulg
Llave Allen:	3/16 pulg

Fuente: www.ruland.com

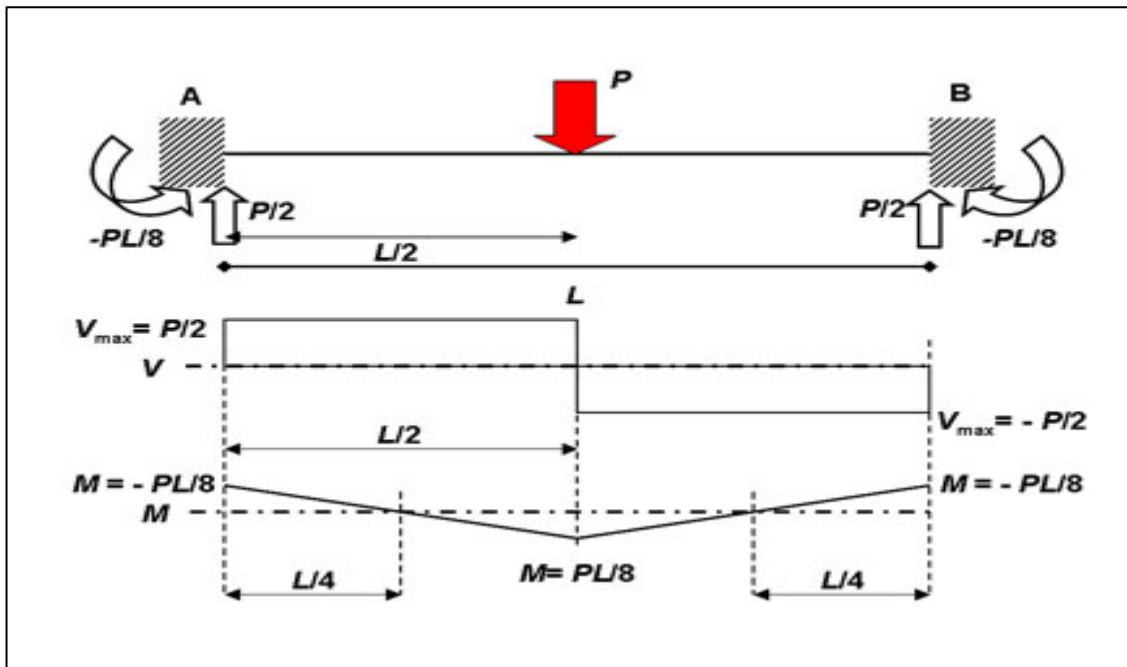
Estructura soporte.

La estructura debe soportar el peso del agitador, el peso del tanque total y el peso de cada uno de sus componentes garantizando la perfecta operación del equipo.

- **Estructura del eje agitador.**

En el gráfico 23 se analiza como una viga sometida a flexión con una carga puntual, la cual sería el peso total del eje agitador y a su vez con empotramiento a sus extremos.

Gráfico 23. Viga con carga puntual



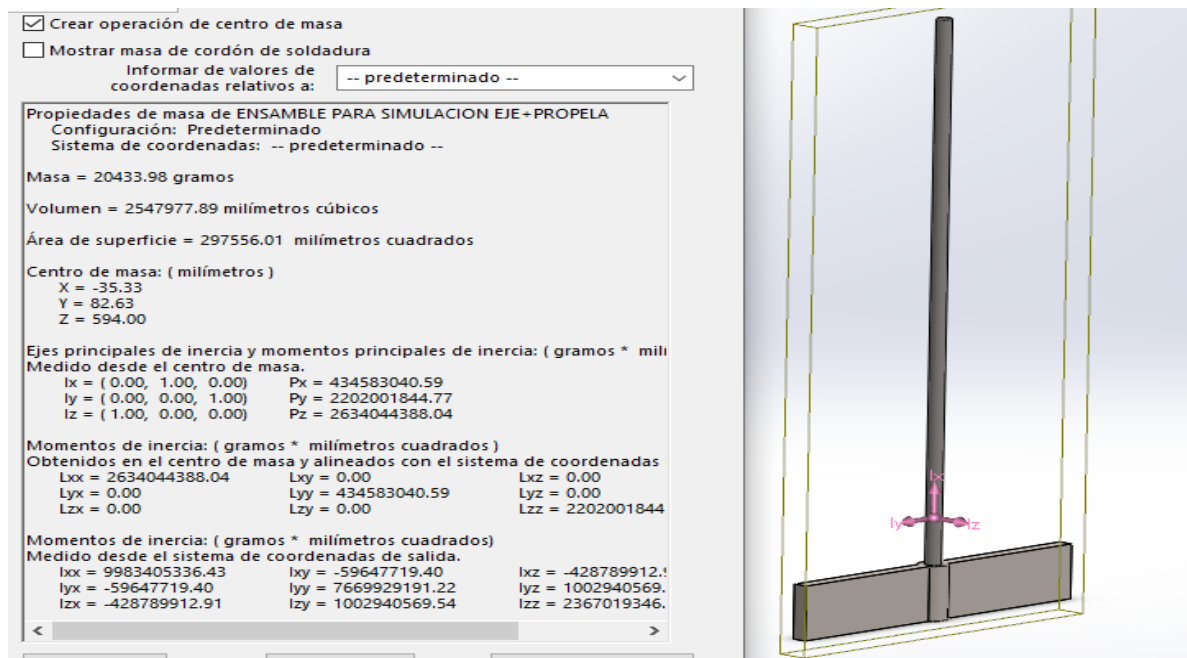
Fuente: Javier Arturo, Vigas empotradas.

Se conocen varios datos como la longitud de la viga que es de 1,8 m que corresponde a el ancho del tanque, así como también para determinar la carga P que ejerce sobre la viga se debe realizar la suma de todos los pesos de los componentes que soporta multiplicada por la gravedad.

$$P = (\text{Peso del motorreductor} + \text{peso del eje agitador} + \text{peso de la propela}) * g$$

Por lo que la masa del motorreductor es de 60 lb según el catálogo del fabricante lo que equivale a 27.24 Kg y el peso del eje agitador más la propela se determina mediante la asignación de sus materiales como se aprecia en el gráfico 24.

Gráfico 24. Propiedades del eje y propela



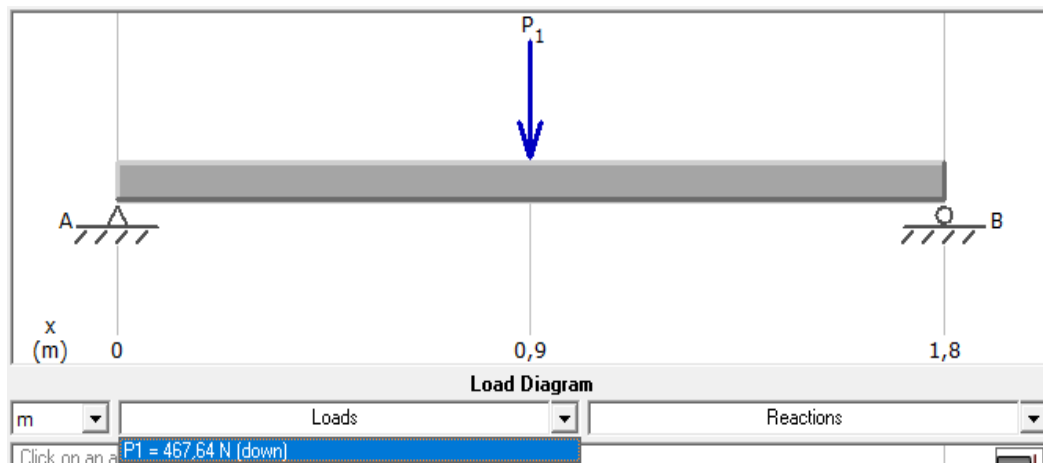
Fuente: SolidWorks 2018

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

$$P = (27,24 \text{ kg} + 20,43 \text{ kg}) * 9,81 \frac{m}{sg^2} = 467,64 \text{ N}$$

Conociendo la magnitud de la carga que se le aplica a la viga, se debe calcular el valor de las reacciones en los apoyos y realizar los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector para con esto determinar el perfil estructural para que soporte la carga a utilizar.

Gráfico 25. Aplicación de la carga.



Fuente: MDSolids 3.5

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Se tiene una fuerza que actúa sobre la viga la cual debe ser soportada por los dos apoyos, es decir que la carga en las reacciones equivale a la mitad de la carga.

$$\sum F_y = 0$$

$$RA_y + RB_y - P = 0$$

$$RA_y + RB_y - 467,64 \text{ N} = 0$$

$$RA_y + RB_y = 467,64 \text{ N}$$

$$RA_y = 467,64 \text{ N} - RB_y$$

$$\sum Ma = 0$$

$$RB_y * (1,8 \text{ m}) - 467,64 \text{ N} * (0,9 \text{ m}) = 0$$

$$RB_y * (1,8 \text{ m}) = 467,64 \text{ N} * (0,9 \text{ m})$$

$$RB_y = \frac{467,64 \text{ N} * (0,9 \text{ m})}{(1,8 \text{ m})}$$

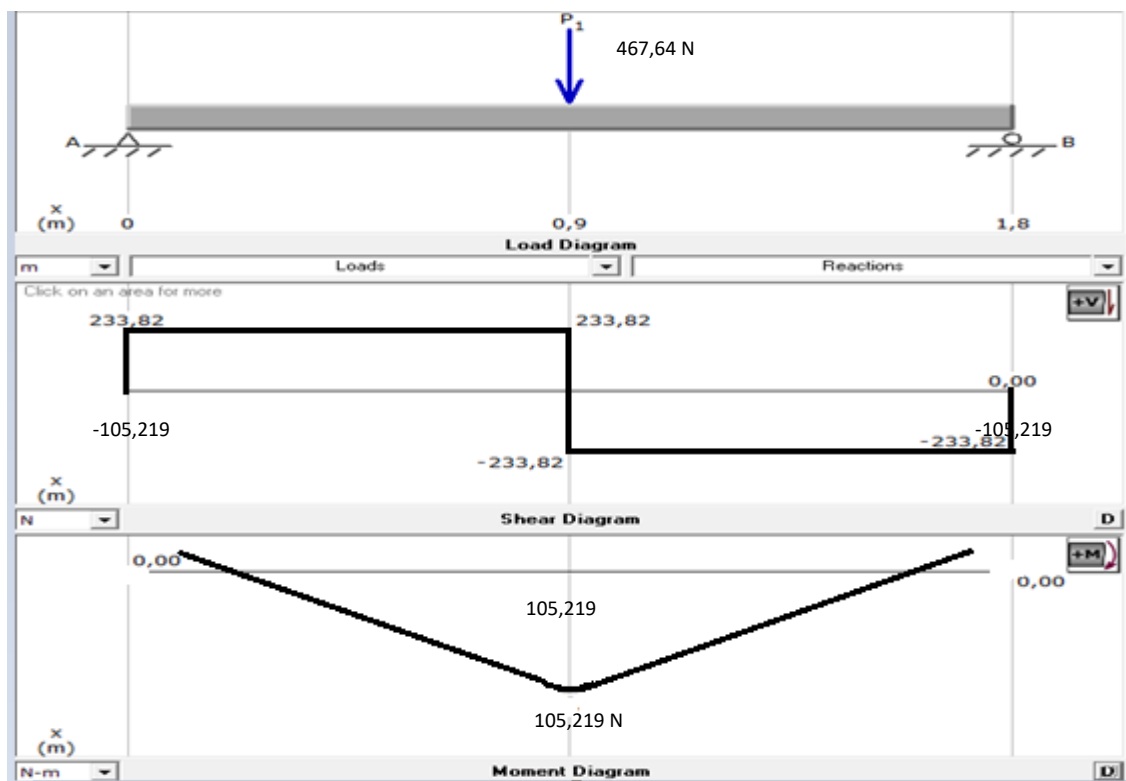
$$RB_y = 233,82 \text{ N}$$

$$RA_y = 467,64 \text{ N} - 233,82 \text{ N}$$

$$RA_y = 233,82 \text{ N}$$

Para la selección del perfil adecuado y la comprobación de los resultados se procederá a realizar su análisis mediante el software MD-Solid se analizará el momento flector máximo, como se observa en el gráfico 26.

Gráfico 26. Diagrama de fuerza cortantes y momento flector para la viga.



Fuente: MDSolids 3.5

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Donde:

$$M_{m\acute{a}x} = 105,219 \text{ Nm}$$

Obteniendo el momento flector máximo que se encuentra en la viga, se determina el módulo de sección mediante la ecuación 21:

Se recomienda el trabajo con acero A36 ($S_y = 36 \text{ ksi} = 248 \text{ MPa}$).

EC 21.

$$S_x = \frac{M_{m\acute{a}x}}{0,6 * S_y}$$

$$S_x = \frac{105,219 \text{ N} * \text{m}}{0,6 * \left(248 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)}$$

$$S_x = 7,07 * 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$S_x = 0,71 \text{ cm}^3$$

Mediante el (Anexo 7) se procede a seleccionar un perfil que cumpla con estas características las cuales son L 51 x 51 x 3.2 este servirá de soporte para la base del motorreductor el cual será soldado al tanque sedimentador.

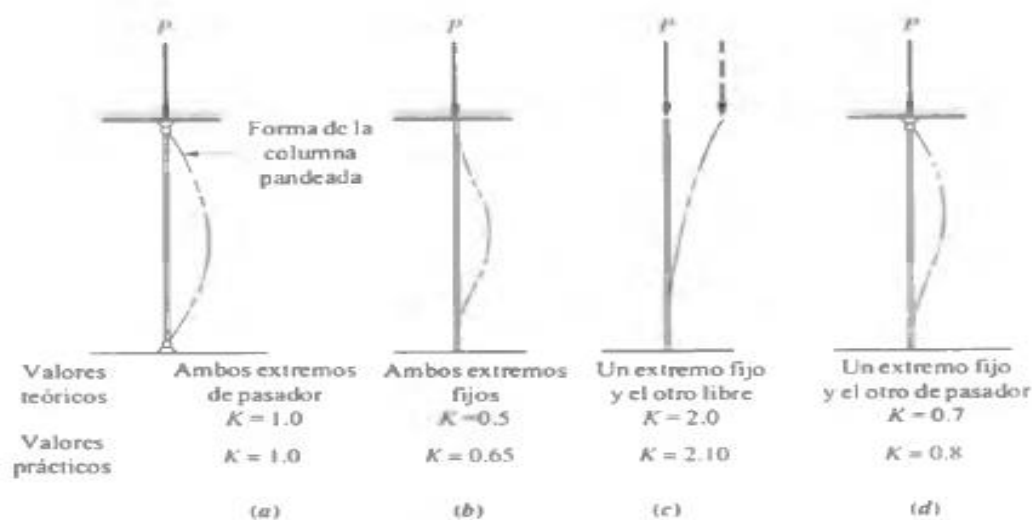
Cálculo de la estructura del tanque sedimentador.

- **Estructura tanque agitador.**

Se decide adoptar como soporte del tanque 4 bases iguales que serán analizadas como columnas a compresión, estas bases deberán ser soldadas a la parte inferior del tanque otorgándole la capacidad de soportar el peso y el equilibrio. Mediante el (Anexo 8) se elige un perfil estructural circular a este se le realizará la comprobación de forma analítica para

determinar si soportara la carga necesaria. Para la comprobación analítica se inicia encontrando la longitud efectiva de la columna, para esto se toma el criterio de R, Mott [43] Ver gráfico 27.

Gráfico 27. Longitud efectiva en columnas



Fuente: Robert L Mott, Resistencia de materiales.

El literal (b) hace referencia a el caso de la columna ya que se encontrará fija por un lado debido al peso que debe soportar en el suelo y por el otro lado estará soldada a la base inferior del tanque de sedimentación. Así también determinar la relación de esbeltez y la constante de la columna para poder definir si la columna es considerada corta o larga, debido a que esto influye directamente en la carga crítica que podrá soportar la misma.

La relación de esbeltez se la determina mediante la siguiente ecuación 22.

EC 22.

$$SR = \frac{KL}{r_{min}} = \frac{Le}{r_{min}}$$

$$SR = \frac{100 \text{ cm} * 0,65}{2,49 \text{ cm}} = 26,10$$

Donde:

Le = longitud efectiva.

r_{min} = radio de giro mínimo de la sección transversal.

Para el cálculo de la constante de columna se debe aplicar la ecuación 23.

EC 23.

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}}$$

Donde:

E = modulo elástico del material (200 GPa)

S_y = Limite de fluencia (0.325GPa)

Cabe mencionar que el perfil estructural está diseñado con acero galvanizado que cumple con la normativa ASTM A500 y con un acero AISI 1015.

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 * 200 \text{ GPa}}{0,325 \text{ GPa}}}$$

$$C_c = 110,21$$

El resultado obtenido es mayor que la relación de esbeltez, por lo que se debe aplicar la ecuación de Johnson debido a que se necesita determinar la carga crítica de pandeo que soportaría la columna [43].

EC 24.

$$P_{cr} = AS_y \left[1 - \frac{S_y (SR)^2}{4\pi^2 E} \right]$$

Donde:

P_{cr} = carga crítica que soporta la columna (N).

A = área del perfil estructural (m²).

S_y = límite de fluencia del material.

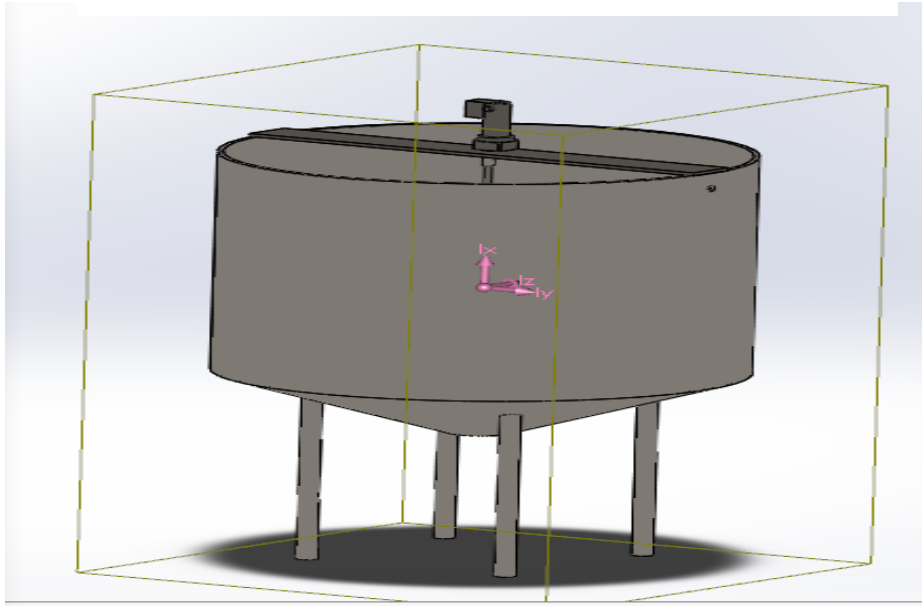
SR = relación de esbeltez.

$$P_{cr} = 0.000442 * (0.317 \times 10^9) \left[1 - \frac{(0.317 \times 10^9) (26,10)^2}{4\pi^2 * (200 \times 10^9)} \right]$$

$$P_{cr} = 136,281 \text{ KN}$$

Las columnas serán las encargadas de soportar todo el peso del tanque agitador, por aquello se debe considerar como si estuviera lleno de agua. La masa del tanque aborda todos sus componentes y se lo representa en el siguiente gráfico 28.

Gráfico 28. Tanque sedimentador



Fuente: SolidWorks 2018

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

$$P = (\text{tanque} + \text{viga} + \text{bomba} + \text{acople} + \text{eje y propela})$$

$$P = (1362,63 \text{ Kg} + 56,44 \text{ Kg} + 27,24 \text{ Kg} + 0,52 \text{ Kg} + 20,43 \text{ Kg})$$

$$P = 1467,26 \text{ Kg} * 9.81 \frac{m}{s}$$

$$P = 14393,82 \text{ N}$$

Con la aplicación de la ecuación 25 se calcula la fuerza de pandeo que produce el peso del agua.

EC 25.

$$P = \gamma * v$$

Donde:

γ = peso específico del agua $\frac{N}{m^3}$

v = volumen del agua ocupado (m^3)

$$P = 9810 \frac{N}{m^3} * 3.5 m^3 = 35316 N$$

De esta manera la carga que debe soportar las columnas, es la suma de los pesos calculados anteriormente $P = 14393,82 N + P = 35316 N$ dando un valor de $49709,82 N$. Divido para cuatro da como resultado $12427,45 N$ y esta sería la carga uniforme de soporte de cada columna. Entonces se concluye que dicha carga no iguala ni sobrepasa la carga crítica a la que se podría someter la columna seleccionada.

Inyección de floculante.

Para esta parte se necesitará una bomba dosificadora que se encargue de inyectar el floculante en el agua residual antes de llegar al tanque sedimentador, se adopta un sistema de tuberías para que el floculante pueda ser inyectado en la tubería que transporta el agua desde el tanque de almacenamiento #1 hacia el sedimentador, de esta manera la bomba se encargara de proporcionar una dosificación precisa del floculante.

En el grafico 29 se presenta el tipo de bomba que debe cumplir con dichas características (Ver anexo14) por lo que se selecciona la siguiente.

Gráfico 29. Bomba dosificadora.



Fuente: www.miagua.com

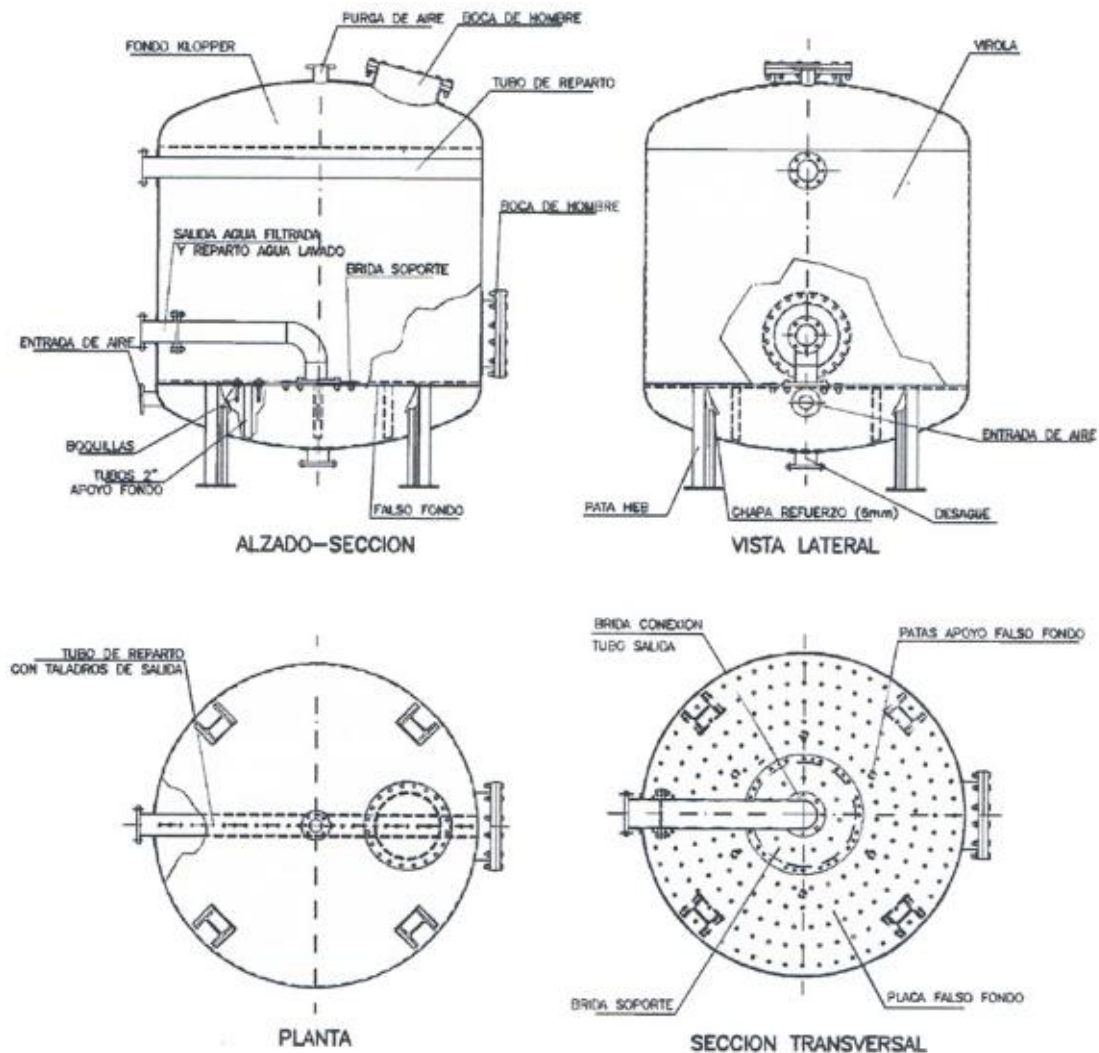
4.1.2.7.3. Etapa 3 (Tratamiento secundario)

En esta etapa se contará con un sistema de filtrado, el filtro se elige del resultado del análisis de alternativa de diseño por lo que la mejor opción es la del filtro de arena y grava y para ello se hace uso del catálogo de hidrometálica, dicho filtro se encuentra compuesto por las siguientes partes.

- **Equipo de bombeo y equipo de lavado:** compuesto por una bomba centrífuga con una potencia y caudal correspondiente al volumen del agua a tratar.
- **Estructura:** conformada por la virola o el cuerpo del filtro, bocas de hombre y estructuras de soporte que varían según el volumen de agua a tratar.
- **Falso fondo:** divide el filtro en dos secciones, la primera se encarga de reunir el material filtrante y el agua a filtrar, la segunda es la parte donde se recolecta el agua tratada.

- **Tubuladura:** compuesta por los circuitos fundamentales para el proceso de filtración, colector de purga de aire, colector reparto de agua bruta y salida de agua, colector reparto de agua de lavado y salida de agua filtrada, colector de entrada de aire y batería de válvulas.

Gráfico 30. Estructura general filtro



Fuente: www.hidrometalica.com

La selección del filtro se basa en la tasa de filtración en $\left(\frac{m^3}{\frac{h}{m^2}}\right)$, un parámetro que define el caudal en función de la velocidad de filtración. Mediante el (Anexo 9) se establece la tasa de filtración de $6 \frac{m^3}{\frac{h}{m^2}}$, y con esto se selecciona un filtro normalizado.

4.1.2.8. Perfil hidráulico del sistema.

Durante la etapa de diseño se hace de gran importancia conocer el comportamiento que tiene el fluido, es por eso que se deben conocer las pérdidas que se originan durante el tratamiento del agua residual. Estas pérdidas serán clasificadas en dos categorías.

- 1.) Perdidas primarias considerada la pérdida de energía que se producen debido a la fricción del fluido con la tubería que lo transporta.
- 2.) Perdidas secundarias considerada las pérdidas de energía que se generan por la presencia de accesorios como codos, uniones, válvulas entre otros.

Pretratamiento.

Se inicia con el caudal de $44 \frac{L}{min}$ el cual es generado por el lavado de 4 vehículos, con una velocidad de $0,35 \frac{m}{s}$ por cada manguera, lo que resulta una velocidad total de $1,44 \frac{m}{s}$. Para el estudio del fluido se empleará la ecuación 26 que describe la ecuación general de la energía.

EC 26.

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 + h_a = h_f + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2$$

Donde:

v_1 = velocidad en el primer punto de análisis.

P_1 = presión en el primer punto de análisis.

γ = peso específico del fluido.

z_1 = cota nominal de la altura en el primer punto.

h_a = trabajo externo que le suministra o extrae energía al fluido.

h_f = valor total de las pérdidas que se generan en el sistema.

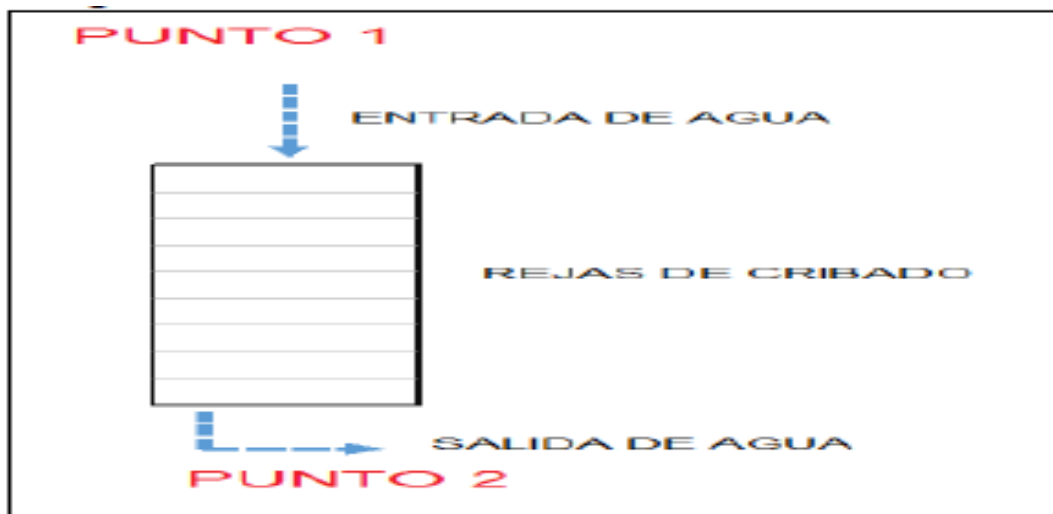
v_2 = velocidad en el segundo punto de análisis.

P_2 = presión en el segundo punto de análisis.

z_2 = cota nominal de la altura en el segundo punto.

Mediante el grafico 31 se muestra el análisis del fluido en el primer punto en el que se toma como referencia el fluido antes del cribado y como segundo punto después del cribado.

Gráfico 31. Puntos de estudio hidráulico



Fuente: Autor

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Pérdida de cribado.

El cálculo de pérdida se determinó en la fase del diseño del cribado, dicha pérdida se realizó para una sola rejilla, para este caso se multiplicará por 5 ya que es el número total de rejillas a usar en el cribado.

$$k = 2.42 \left(\frac{2}{2} \right)^{1.33} \sin 10$$
$$k = 0,420 \text{ cm} * 5 = 2,1 \text{ cm}$$

La ecuación de la energía queda de la siguiente forma, se cancelan las variables semejantes en los dos puntos

$$\frac{v_1^2}{2g} + \cancel{\frac{p_1}{\gamma}} + \cancel{z_1} + \cancel{h_a} = h_f + \frac{v_2^2}{2g} + \cancel{\frac{p_2}{\gamma}} + \cancel{z_2}$$

El valor de la presión se cancela, ya que los dos puntos están sometidos a presión atmosférica, al igual que el peso específico debido a que se trata del mismo fluido en los puntos 1 y 2. La diferencia de alturas se considera como 0 al poseer un valor mínimo, h_a se cancela ya que el fluido no posee ningún dispositivo que le agregue o sustraiga energía.

$$\frac{v_1^2}{2g} = h_f + \frac{v_2^2}{2g}$$

Como ya se conoce la velocidad en el punto uno, se puede despejar la velocidad en el punto dos para encontrar dicho valor.

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - h_f\right) * 2g}$$

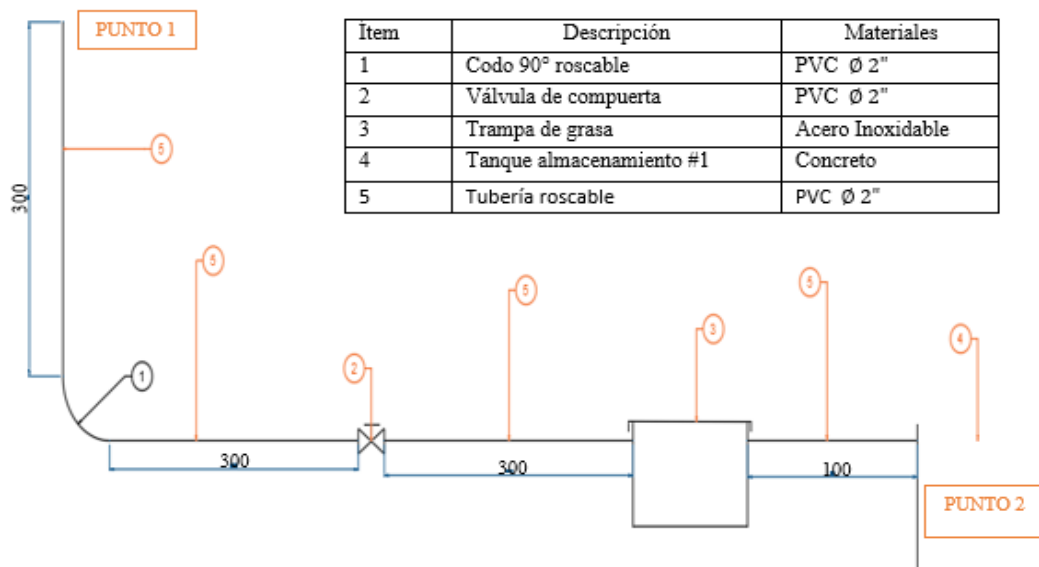
$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{\left(1,44 \frac{m}{s}\right)^2}{2\left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} - 0,021 m\right) * 2\left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)}$$

$$v_2 = 1,29 \frac{m}{s}$$

Pérdida entre cribado y trampa de grasa.

Para el análisis siguiente se toma como punto uno el fluido después del cribado y como punto dos el fluido en la salida de la trampa de grasas tal como se muestra en el gráfico 32.

Gráfico 32. Puntos hidráulicos (pretratamiento)



Fuente: Autor

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Así como en el primer punto se hace uso de la ecuación de energía reducida.

$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 = h_f + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

Despejado para encontrar la velocidad en el punto dos.

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} + z_1 - h_f - z_2\right) * 2g}$$

Para esta etapa se encuentran pérdidas de energía generadas por tubería y accesorios, por lo que cada pérdida posee una ecuación característica para determinar su valor.

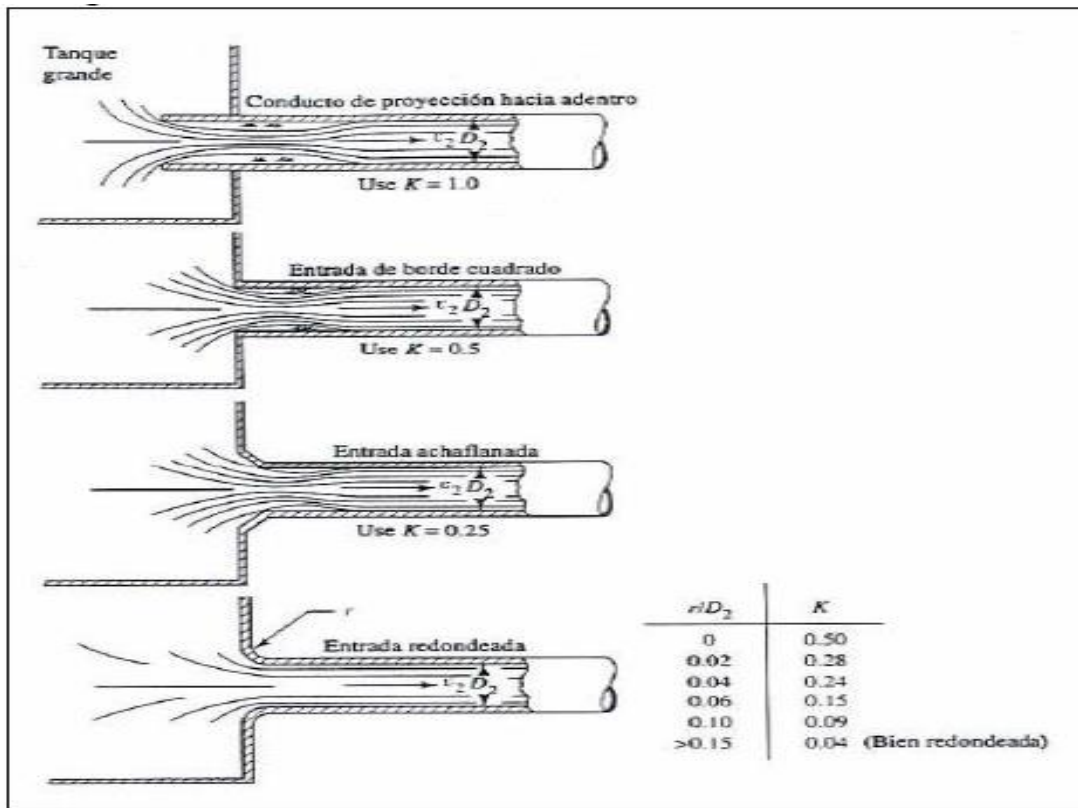
- **Pérdida en la entrada del tubo.**

EC 27.

$$h_1 = k \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Para definir el valor de k se toma en cuenta la forma del tubo con respecto del tanque de donde se toma el agua, en este caso es la canaleta de recolección del agua residual como se muestra en el gráfico 33.

Gráfico 33. Coeficiente de resistencia de entrada



Fuente: Robert Mott, Mecánica de fluido aplicada.

Se usa el valor de $k=0.5$ y una velocidad inicial de $1,29 \frac{m}{s}$ ya que es la misma del análisis anterior.

Entonces:

$$h_1 = 0,5 \left(\frac{\left(1,29 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} \right)$$

$$h_1 = 0,042 \text{ m}$$

- Pérdida por fricción en la tubería de entrada de la trampa de grasa mediante la ecuación 28.

EC 28.

$$h_2 = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Para determinar el valor de f se debe conocer si el flujo dentro de la tubería es de régimen turbulento o laminar, para aquello se aplica la ecuación de Reynolds.

$$R_e = \frac{v D \rho}{\mu}$$

Donde:

v = velocidad del fluido dentro del conducto.

D = diámetro interno del conducto.

ρ = densidad del fluido.

μ = viscosidad dinámica del fluido.

El diámetro de la tubería será de 2 in en material PVC ya que se debe tomar en cuenta el tamaño de entrada de la trampa de grasa, se decide este tamaño para evitar el uso de accesorios extras para acoplar por lo que generaría más pérdidas.

$$R_e = \frac{1,29 \frac{m}{s} * 0,0508 m * 997 \frac{kg}{m^3}}{0,890 \times 10^{-3} Pa * sg} = 73411$$

El número de Reynolds muestra un régimen turbulento por lo que se requiere el uso del diagrama de Moody (Ver anexo 10) para conseguir el valor f , este diagrama compara el valor de Reynolds y la rugosidad relativa misma que es el cociente entre la rugosidad del material y el diámetro del conducto por lo que se aplica la siguiente ecuación.

$$rugosidad\ relativa = \frac{\epsilon}{D}$$

$$\frac{K}{d} = \frac{0,0015\ mm}{50,8\ mm} = 0,00002$$

Mediante el (Anexo 10) se obtiene el valor de $f = 0,02$; conociendo este valor se reemplaza en la ecuación 28 y así se determina su magnitud.

$$h_2 = 0,02 \left(\frac{1000\ mm}{50,8\ mm} \right) \left(\frac{\left(1,29 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{m}{s^2} \right)} \right)$$

$$h_2 = 0,033\ m$$

- Pérdida en válvula tipo mariposa.

EC 29.

$$h_3 = f_t \left(\frac{Le}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Para determinar el valor de f_t se hace uso de la siguiente tabla 21.

Tabla 21. Factor de fricción

Tamaño de conducto nominal (pulg)	Factor de fricción, f_t	Tamaño de conducto nominal (pulg)	Factor de fricción, f_t
½	0.027	3	0.018
¾	0.025	4	0.017
1	0.023	5	0.016
1 ¼	0.022	6	0.015
1 ½	0.021	8-10	0.014
2	0.019	12-16	0.013
2 ½	0.018	18-24	0.012

Fuente: Robert Mott, Mecánica de fluidos.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

De la misma forma para determinar el valor de la longitud equivalente se debe hacer uso de la tabla 21, seleccionando de manera correcta el valor para la realización de los cálculos.

Tabla 22. Longitudes equivalentes

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería $\frac{L_e}{D}$
Válvula de globo-abierta por completo	340
Válvula de ángulo-abierta por completo	150
Válvula de compuerta-abierta completo	8
▪ ¾ abierta	35
▪ ½ abierta	160
▪ ¼ abierta	900
Válvula de verificación-tipo giratorio	100
Válvula de verificación-tipo bola	150

Válvula de mariposa-abierta por completo,	45
2 a 8 pulg	35
▪ 10 a 14 pulg	25
▪ 16 a 24 pulg	420
Válvula de pie-tipo disco de vástago	75
Válvula de pie-tipo disco de bisagra	30
Codo estándar a 90°	20
Codo a 90° de radio largo	50
Codo roscado a 90°	16
Codo estándar a 45°	26
Codo roscado a 45°	50
Vuelta cerrada en retorno	20
Te estándar-con flujo directo	60
Con flujo en el ramal	

Fuente: Robert Mott, Mecánica de fluidos.

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Conociendo estos valores se reemplaza en la ecuación.

$$h_3 = 0,019(45) \left(\frac{\left(1,29 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} \right)$$

$$h_3 = 0,072 \text{ m}$$

- Pérdida en codo 90° aplicar ecuación 30.

EC 30.

$$h_4 = f t \left(\frac{Le}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_4 = 0,019(30) \left(\frac{\left(1,29 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} \right)$$

$$h_4 = 0,048m$$

- Pérdida por fricción en tubería de salida de la trampa de grasa, aplicar ecuación 31.

EC 31.

$$h_5 = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_5 = 0,02 \left(\frac{100mm}{50,8 mm} \right) \left(\frac{\left(1,29 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} \right)$$

$$h_5 = 0,003 m$$

- Pérdida en la salida de la tubería, aplicar ecuación 32

EC 32.

$$h_6 = 1.0 \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_6 = 1.0 \left(\frac{\left(1,29 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} \right)$$

$$h_6 = 0,084 m$$

Para determinar la pérdida total de energía h_f se suman todas las pérdidas calculadas.

$$h_f = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6$$

$$h_f = 0,042 \text{ m} + 0,033 \text{ m} + 0,072 \text{ m} + 0,048 \text{ m} + 0,003 \text{ m} + 0,084 \text{ m}$$

$$h_f = 0,28 \text{ m}$$

Conociendo el valor h_f y sabiendo que z_1 es la altura en el punto de análisis uno se toma como valor cero, mientras que z_2 se encuentra a 30 cm debajo del punto de referencia, se procede a reemplazar los valores en la ecuación para encontrar la velocidad del fluido con la que entra al dispositivo de la trampa de grasa.

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} + z_1 - h_f - z_2\right) * 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{\left(1,29 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} + 0 - 0,28 \text{ m} + 0,3 \text{ m}\right) * 2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)}$$

$$v_2 = 1,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Con todos estos parámetros conocidos se puede definir el tiempo de llenado del tanque de almacenamiento #1, se procederá a calcular el caudal que llega a la entrada del tanque con la siguiente ecuación.

$$Q = A * V$$

Donde:

A = área del flujo del conducto m^2 .

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} = \pi * \frac{(0,0508 \text{ m})^2}{4} = 2,03 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

V = velocidad del fluido $1,43 \frac{m}{s}$.

Reemplazando los valores en la ecuación anterior se tiene que:

$$Q = 2,03 \times 10^{-3} \text{ m}^2 * 1,43 \frac{m}{s}$$

$$Q = 2,90 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

Para conocer el tiempo de llenado se aplica la siguiente ecuación.

$$T_{llenado} = \frac{V_{tanque}}{Q}$$

$$T_{llenado} = \frac{1,75 \text{ m}^3}{2,90 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}}$$

$$T_{llenado} = 603,44 \text{ sg} = 10,05 \text{ min}$$

Sistema primario.

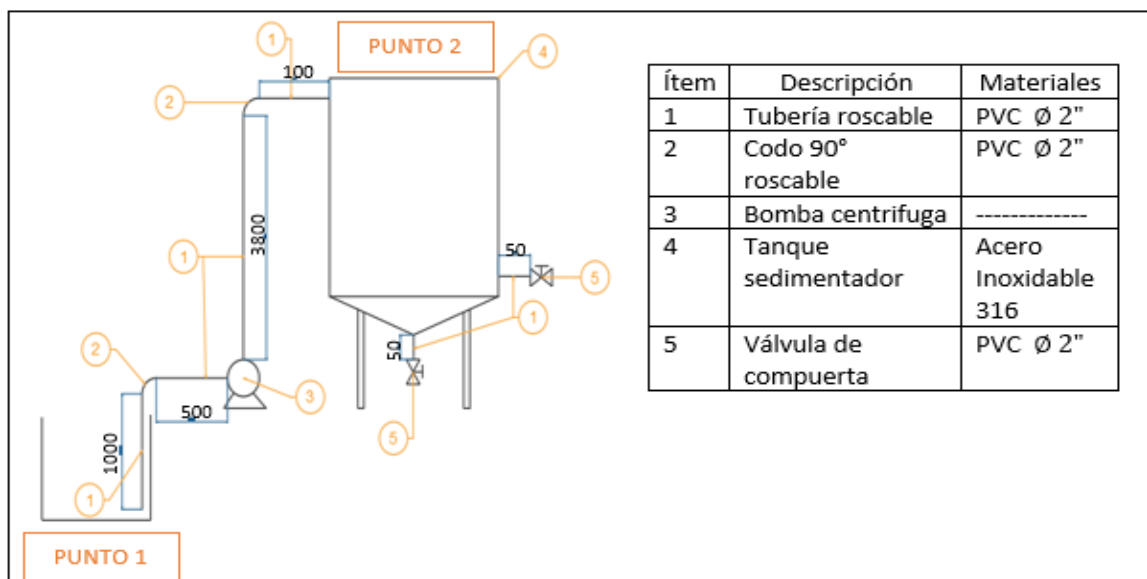
En el gráfico 34 el análisis se lo ejecuta desde la bomba de alimentación #1 hasta el tanque de sedimentación. Se realiza el estudio empleando la misma ecuación general de la energía.

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 + h_a = h_f + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2$$

Para esta parte se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones.

- ✓ v_1 corresponde al tanque de almacenamiento #1 y v_2 corresponde al tanque del sedimentador. v_1 se asumen con valor de 0 mientras que v_2 con valor de $1,5 \frac{m}{s}$ teniendo en cuenta el parámetro de diseño para estaciones de bombeo, descrita por el RAS 2000
- ✓ $P_1 = P_2$ debido a que se encuentran expuestas a la presión atmosférica.
- ✓ $Z_1 = 0$

Gráfico 34. Puntos hidráulicos (tratamiento primario).



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Se tiene en cuenta las consideraciones y empleando la ecuación general de energía quedaría de la siguiente forma.

$$h_a = h_f + z_2 + \left(\frac{v_2^2}{2g} \right)$$

Para este caso existen 3 tipos de pérdidas de energía, las que involucran la tuberías y accesorios y cuentan con sus respectivas ecuaciones.

- **Pérdida por fricción en la tubería de conducción del fluido.**

$$h_1 = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_1 = 0,02 \left(\frac{3800 \text{ mm}}{50,8 \text{ mm}} \right) \left(\frac{\left(1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)} \right)$$

$$h_1 = 0,17 \text{ m}$$

- **Pérdida en codo 90°.**

$$h_2 = f_t \left(\frac{Le}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_2 = (0,019)(30) \left(\frac{\left(1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)} \right)$$

$$h_2 = 0,065 \text{ m}$$

- **Pérdida en la entrada del tubo conductor.**

$$h_3 = k \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_3 = 0,5 \left[\frac{\left(1,5 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{m}{s^2} \right)} \right]$$

$$h_3 = 0,057 \text{ m}$$

Sumando estas pérdidas se obtiene la pérdida total de energía.

$$h_f = h_1 + h_2 + h_3$$

$$h_f = (0,17 \text{ m} + 0,065 \text{ m} + 0,057 \text{ m})$$

$$h_f = 0,292 \text{ m}$$

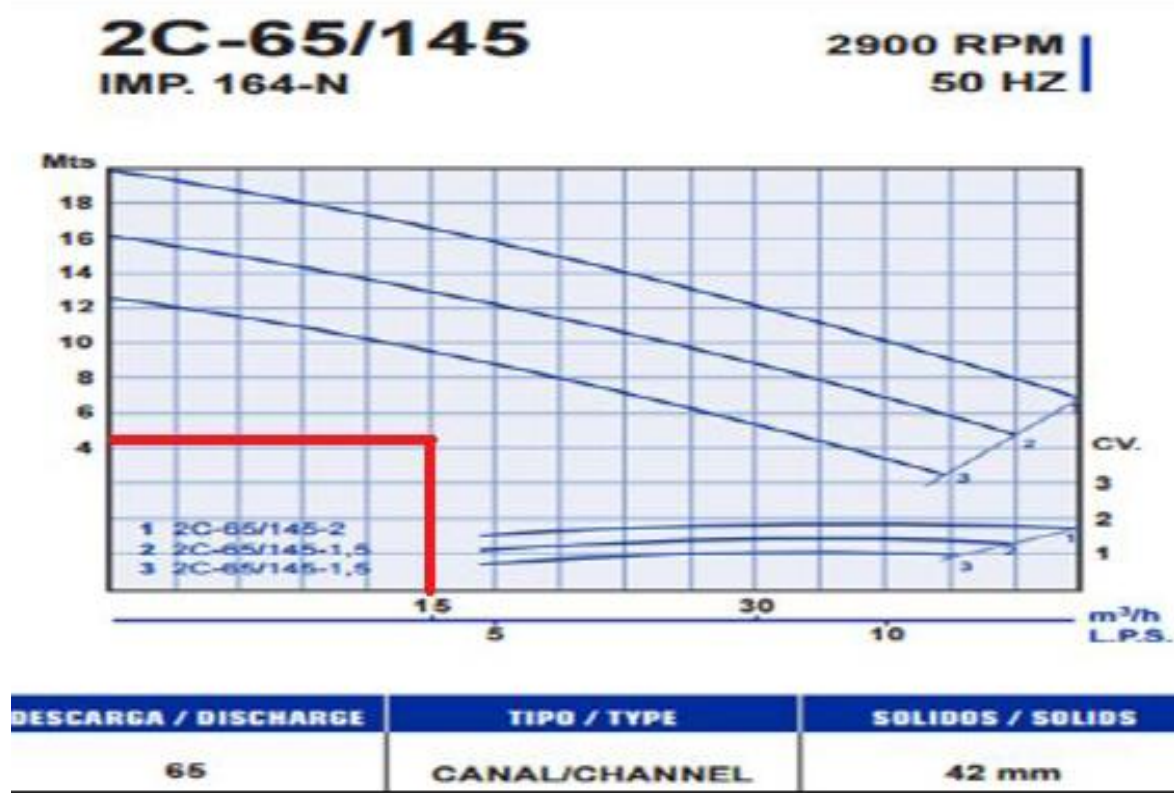
El valor de z_2 corresponde a la altura a la que debe ser llevada el agua, la cual corresponde a 3.8 m, conociendo los valores se puede reemplazar en la ecuación.

$$h_a = 0,292 \text{ m} + 3,8 \text{ m} + \left[\frac{\left(1,5 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{m}{s^2} \right)} \right]$$

$$h_a = 4,20 \text{ m}$$

Para establecer la bomba requerida, se usa la curva de rendimiento que proporcionan los fabricantes. En base al gráfico 35 se debe seleccionar en base a la altura y el caudal que debe proporcionar.

Gráfico 35. Catálogo de bomba centrífuga



Fuente: BombasProservices

La bomba seleccionada es la 2C-65/145, en el (anexo 15) se puede observar las características de la misma. Conjunto a las características de la bomba se debe elegir la tubería que se encargara de transportar el agua, mediante el (anexo 11) se selecciona el manual de PAVCO de tuberías de presión con diámetro de 2 in.

4.1.2.9. Simulaciones por el método de elementos finitos.

En este apartado se comprobarán los cálculos analíticos que se desarrollaron anteriormente, la realización de la comprobación se realizará por el método de elementos finitos en el software SolidWorks versión 2018.

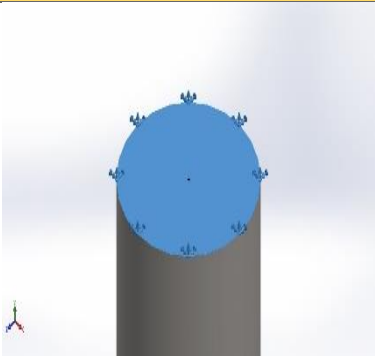
4.1.2.9.1. Análisis de simulación de esfuerzos estáticos bajo una carga (CAE) para el eje de agitación.

Estudios estáticos denominados también como estudios de tensión, calculan desplazamientos, fuerzas de reacción, deformaciones unitarias, tensiones y la distribución del factor de seguridad. La importancia de realizar el análisis estático, es que permitirá dar valores mínimos y máximos donde puede fallar el diseño y el material que se ha elegido.

Sujeciones.

Se debe aplicar la sujeción en el sólido virtual para evitar que la pieza tenga movimiento cuando se le aplique una carga. Estas sujeciones son lo más parecido a cómo trabajará el elemento cuando se utilice en el ámbito real, de esta forma se podrá analizar el comportamiento que tendrá al momento de ser utilizado. La restricción fija se aplica en la parte superior debido a que es la unión del eje con el acople rígido como se muestra en la siguiente tabla 23.

Tabla 23. Sujeción del eje agitador.

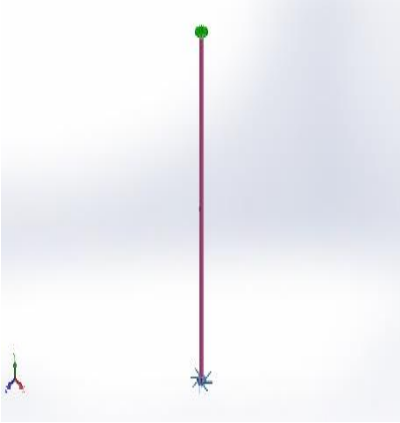
Nombre de sujeción.	Imagen de sujeción.	Detalles de sujeción.
Fijo-1		Entidades: 1 cara Tipo: Geometría fija

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Carga.

El eje agitador está diseñado para estar conectado con el acople rígido y la propela de giro, la carga a la que estará sometido es un par torsor de $1037 \text{ Lb} \cdot \text{in}$ ($117,165 \text{ Nm}$) otorgado por el motorreductor seleccionado como se muestra en la siguiente tabla 24.

Tabla 24. Carga sometida al eje de agitación.

Nombre de carga.	Carga imagen.	Detalles de carga
Torsión- 1		Entidades: 1 cara. Tipo: aplicar momento torsor. Valor: $117,165 \text{ Nm}$

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Material.

El tipo de material para la realización de la simulación fue seleccionado en la biblioteca de materiales que presenta el software, es un acero AISI 304 por sus buenas propiedades mecánicas y porque posee una excelente protección contra la corrosión.

Densidad de malla.

El FEA (Finite Element Analysis) o (análisis de elemento finito), proporciona una técnica numérica fiable para analizar diseños de ingeniería. El mallado es un paso muy importante en

el análisis del diseño debido a que este permitirá obtener los resultados propios de cada elemento diseñado para así compararlos con cálculos ya establecidos.

Información de malla.

La calidad de malla que se utilizó es de elementos cuadráticos de alto orden como se muestra en el gráfico 36, se define una malla sólida basada en curvatura de 4 puntos, el tamaño de los elementos es de 7 mm (valor muy fino), en la tabla (25,26), se puede observar todos los valores generados por el análisis de simulación.

Tabla 25. Información de mallado.

Tipo de malla:	Malla sólida.
Mallado utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos:	7 mm
Tolerancia:	0.35 mm
Calidad de malla:	Elementos cuadráticos de alto orden

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Detalles de malla.

Tabla 26. Detalles de mallado.

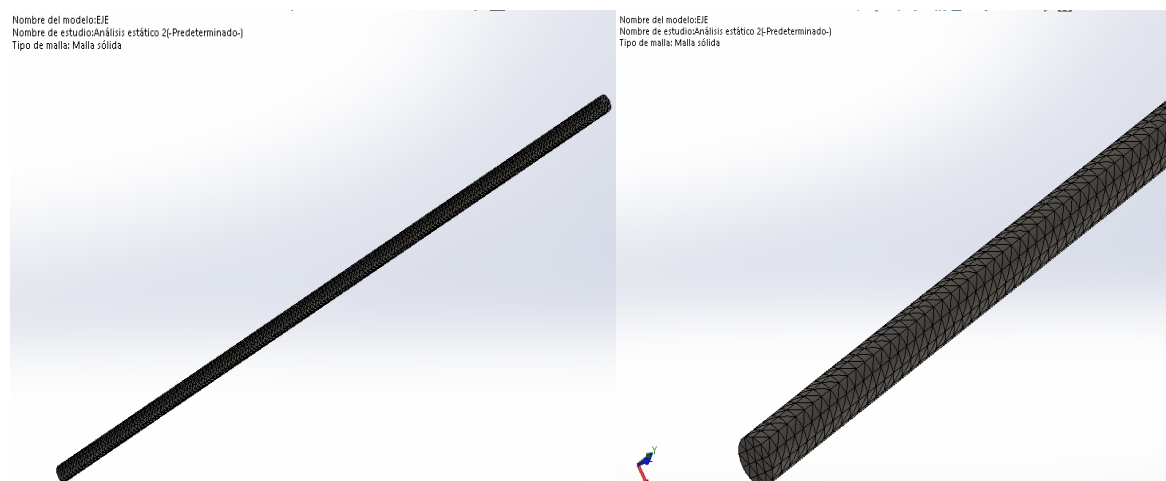
Número total de nodos.	23277
Número total de elementos.	13848
Cociente máximo de aspecto.	3.6284
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3.	99.8

% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 .	0
% de elementos distorsionados (jacobianas).	0
Tiempo para completar la malla.	00:00:03

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Mallado de la pieza.

Gráfico 36. Mallado del eje agitador en 3D.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

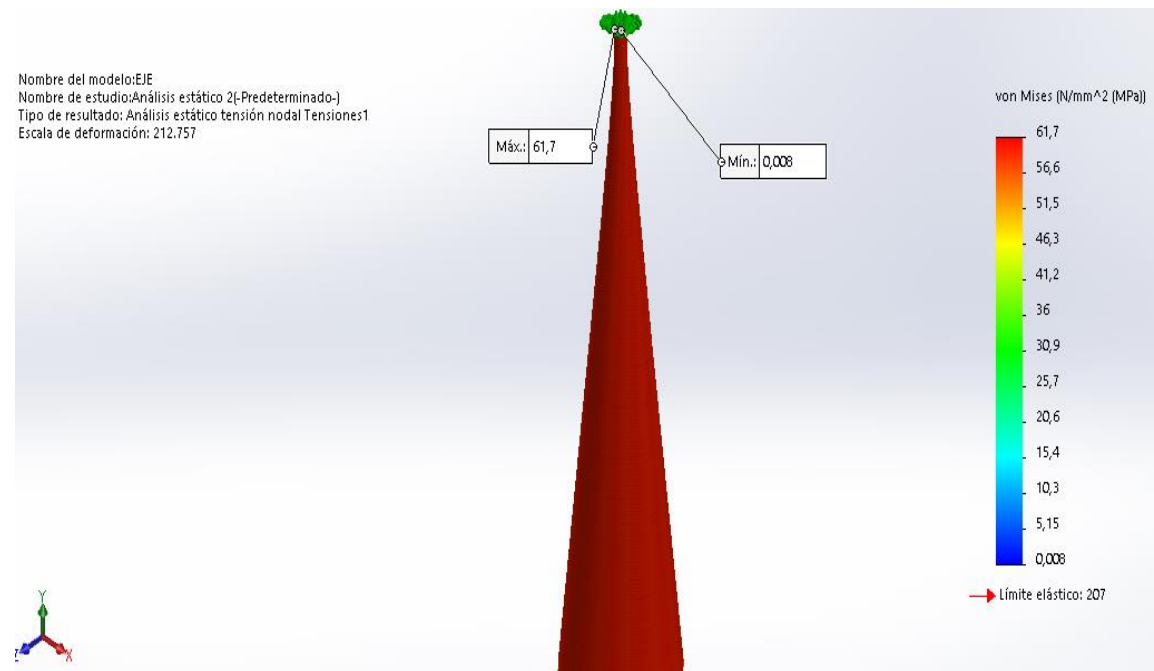
Tensión de Von Mises.

El criterio de Von Mises expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de Von Mises es igual al límite de tensión. En la mayoría de los casos, el límite elástico se utiliza como el límite de tensión. A continuación, se presentarán los resultados del estudio efectuado en el eje, el análisis se puede ver en la siguiente tabla 27.

Tabla 27. Tensión máxima de Von Mises.

Nombre.	Tipo.	Valor mínimo.	Valor máximo.
Eje	Tensión de Von Mises	0,00 MPa Nodo: 3869	61,7 MPa Nodo: 428

Vista isométrica.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

A continuación, en la tabla 28, se muestra la comparación del Módulo de Young y Límite Elástico del material, con respecto al análisis del diseño.

Tabla 28. Resultado del análisis estructural del diseño.

Eje (Acero AISI 304)		Von Mises (MPa)	
Módulo de Young (elástico) GPa.	Límite elástico MPa	Límite de tensión de Von Mises Máximo	Mínimo
190 GPa	207 MPa	61.7 MPa	0.008 MPa

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Como se puede apreciar en la tabla 28, el análisis del estudio empleado en SolidWorks con la comparación del límite elástico del material, se concluye que el material seleccionado es apto para el diseño del eje, ya que tiene un límite elástico de 207 MPa y el límite de tensión de Von Mises es de 61.7 MPa, lo que indica que el material del eje de acero AISI 304 ha sido seleccionado correctamente.

Validación de material.

Se concluye que el material acero AISI 304 es apto para utilizarlo en la pieza, de esta manera se hace valido el material que será utilizado para el eje de agitación. Es importante elegir el material que cumpla con la función del elemento, para así poder asegurar el funcionamiento correcto del equipo, en la tabla 29 se presentan las propiedades características de este acero.

Tabla 29. Propiedades mecánicas del acero AISI 304.

ACERO AISI 304	
Propiedades Mecánicas	
Módulo de Young (elástico).	$190000 \frac{N}{mm^2}$
Límite elástico.	$207 \frac{N}{mm^2}$
Coefficiente de Poisson.	0,29
Módulo cortante	$75000 \frac{N}{mm^2}$
Límite de tracción	$517.017 \frac{N}{mm^2}$

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Deformación elástica.

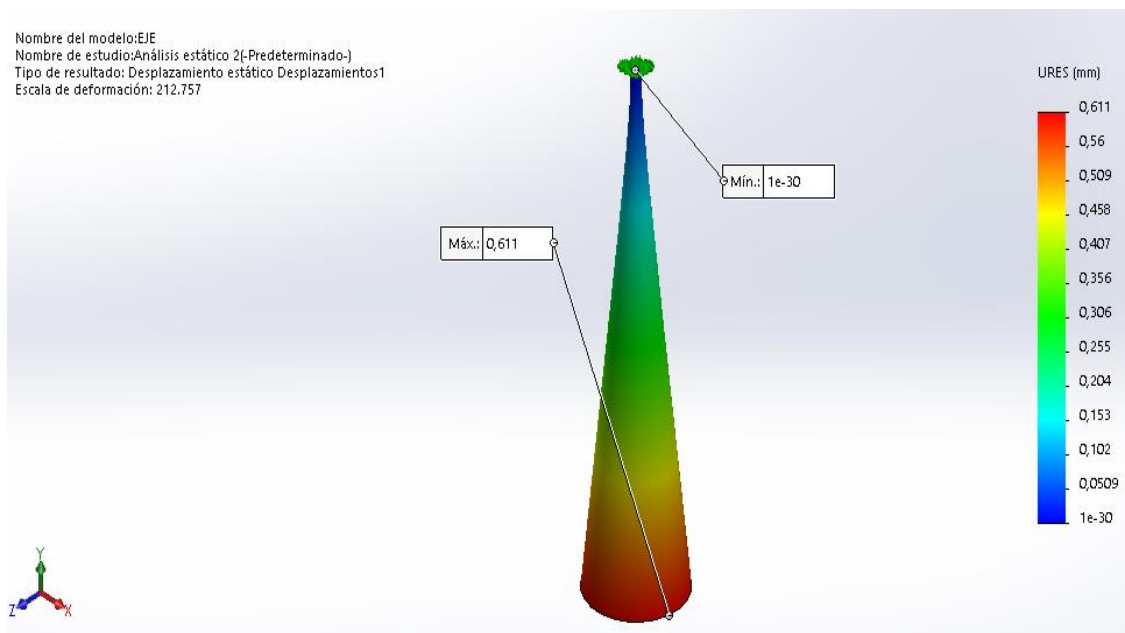
Esta sección dentro de la simulación permite desarrollar pruebas de fuerza en objetos virtuales. Cuando se realiza una prueba de deformación, la superficie del elemento se muestra como un gradiente de colores, con cada tonalidad representado un grado específico de desviación.

Mediante el cual se analiza el desplazamiento máximo que soporta el eje, como se puede ver en la tabla 30.

Tabla 30.Desplazamiento resultante en el análisis estructural.

Nombre.	Tipo.	Valor mínimo.	Valor máximo.
Eje	URES:	0.00 mm	0.611 mm
	Desplazamientos resultantes.	Nodo: 1	Nodo: 17169

Vista isométrica.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

El resultado obtenido en la simulación muestra que las tensiones y deformaciones a la que se somete el eje durante el análisis son los esperados ya que no genera ningún tipo de problema. El diseño se considera adecuado, debido a que la tensión de Von Mises del material no supera el límite elástico, el desplazamiento es aceptable porque no genera ningún tipo de fractura en el elemento.

Factor de seguridad.

Es la máxima carga que puede soportar un elemento estructural o un componente de maquinaria en condiciones normales. Es de mucha importancia analizar que la corrida de simulación nos diga que efectivamente se está cumpliendo el factor de seguridad del eje de agitación. El FOS (Factor of Safety) es un cociente que nace del límite elástico del material entre el esfuerzo máximo de Von Mises como se demuestra en la siguiente ecuación:

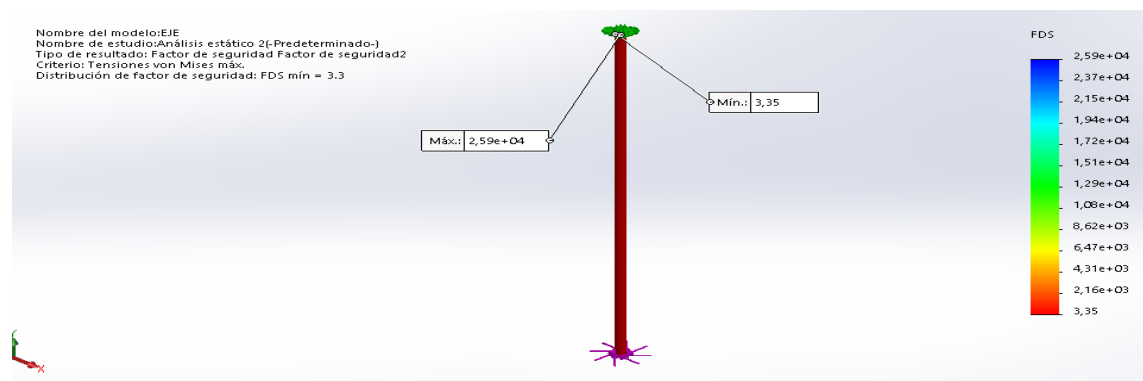
$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Límite elástico del material}}{\text{Esfuerzo máximo de Von Mises}}$$

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{207 \text{ MPa}}{61.7 \text{ MPa}} = 3.35$$

A continuación, se muestra en la tabla 31, el resultado del factor de seguridad mínimo y máximo que se generó en la simulación.

Tabla 31. Factor de seguridad del eje de agitación.

Nombre.	Tipo.	Valor mínimo.	Valor máximo.
Factor de seguridad del eje.	Tensión de Von Mises máximo.	3.35 Nodo: 5	2.59 Nodo: 2246



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

En relación a lo demostrado anteriormente se puede concluir que el factor de seguridad es ideal para el eje de agitación, ya que es el mismo resultado que brindo la simulación en SolidWorks, de esta forma se asegura que el diseño tiene un $FOS \geq 1$

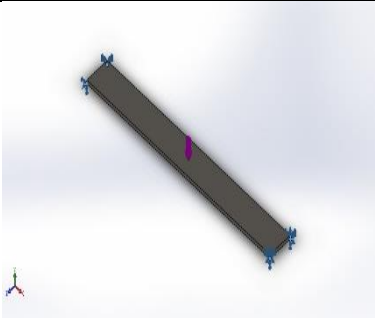
4.1.2.9.2. Análisis de simulación de esfuerzos estáticos bajo una carga (CAE) para la base del motorreductor

Estudios estáticos denominados también como estudios de tensión, calculan desplazamientos, fuerzas de reacción, deformaciones unitarias, tensiones y la distribución del factor de seguridad. La importancia de realizar el análisis estático, es que permitirá dar valores mínimos y máximos donde puede fallar el diseño y el material que se ha elegido.

Sujeciones.

Se debe aplicar la sujeción en el sólido virtual para evitar que la pieza tenga movimiento cuando se le aplique una carga. Estas sujeciones son lo más parecido a cómo trabajará el elemento cuando se utilice en el ámbito real, de esta forma se podrá analizar el comportamiento que tendrá al momento de ser utilizado. Las restricciones fijas se aplican en los extremos ya que estará asentada al tanque de sedimentación como se muestra en la siguiente tabla 32.

Tabla 32. Sujeción de la base del motorreductor.

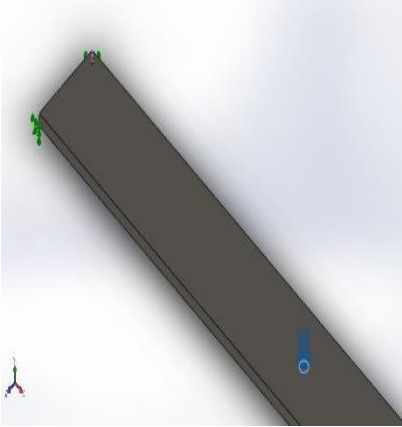
Nombre de sujeción.	Imagen de sujeción.	Detalles de sujeción.
Fijo-1		Entidades: 4 vértices 4 aristas. Tipo: Geometría fija

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Carga.

La base del motorreductor está diseñada para soportar el peso del motorreductor conjunto con el elemento de agitación, la carga a la que se encontrara sometida es de 467.64 N que es la sumatoria de los elementos antes mencionados como se aprecia en la tabla 33.

Tabla 33. Carga sometida a la base del motorreductor.

Nombre de carga.	Carga imagen.	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 arista Tipo: aplicar fuerza Valor: 467.64 N

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Material.

El tipo de material para la realización de la simulación fue seleccionado en la biblioteca de materiales que presenta el software, es un acero ASTM A36 por sus buenas propiedades mecánicas y porque es muy comerciable en el mercado.

Información de malla.

La calidad de malla que se utilizó es de elementos cuadráticos de alto orden como se aprecia en el gráfico 37, se define una malla solida basada en curvatura de 4 puntos, el tamaño de los

elementos es de 10 mm, en la tabla (34,35), se puede observar todos los valores generados por el análisis de simulación.

Tabla 34. Información de mallado.

Tipo de malla:	Malla sólida.
Mallado utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos:	10 mm
Tolerancia:	0.5 mm
Calidad de malla:	Elementos cuadráticos de alto orden

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Detalles de malla.

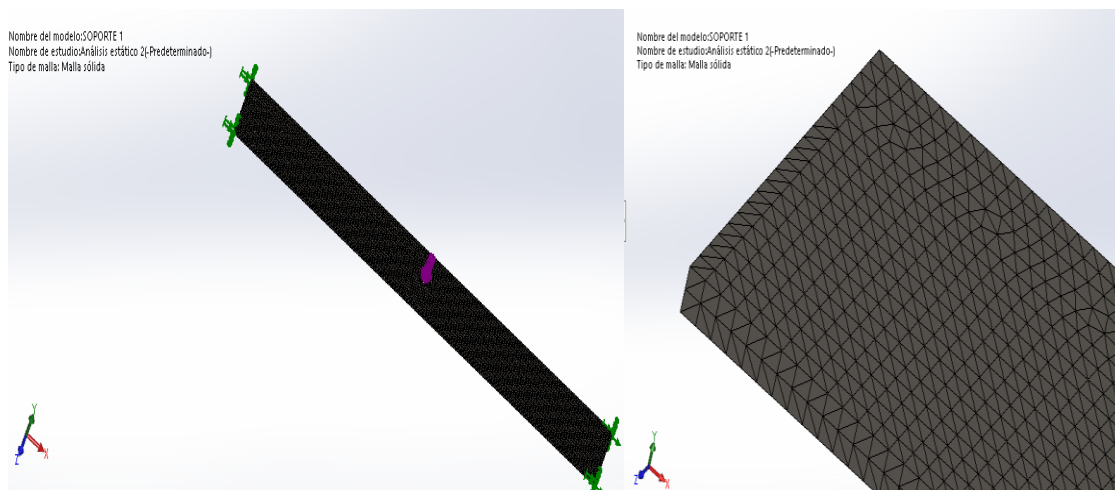
Tabla 35. Detalles de mallado.

Número total de nodos.	90762
Número total de elementos.	55830
Cociente máximo de aspecto.	3.822
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3 .	99.9
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 .	0
% de elementos distorsionados (jacobianas).	0
Tiempo para completar la malla.	00:00:07

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Mallado de la pieza

Gráfico 37. Mallado de la base del motorreductor en 3D.



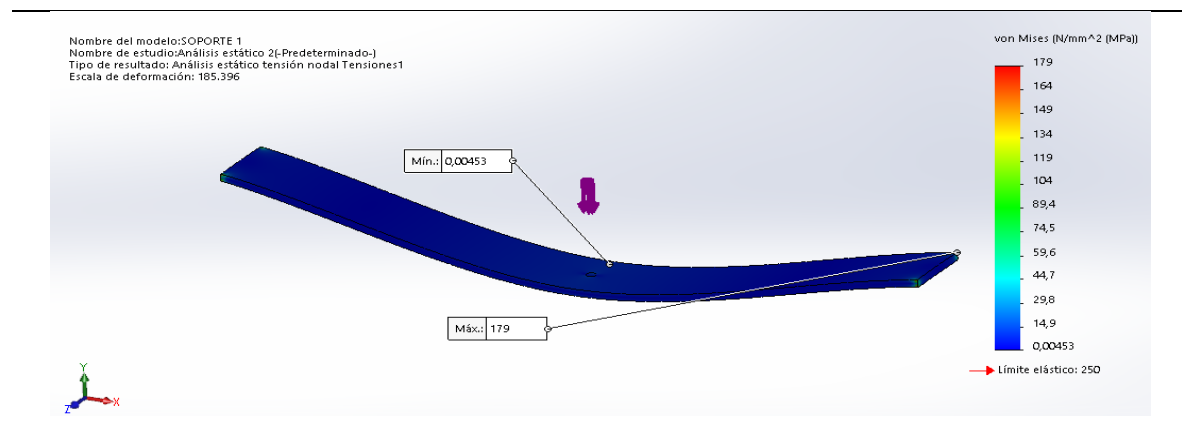
Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Tensión de Von Mises.

El criterio de Von Mises expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de Von Mises es igual al límite de tensión. A continuación, se presentarán los resultados del estudio efectuado en la base del motorreductor, el análisis se puede ver en la siguiente tabla 36.

Tabla 36. Tensión máxima de Von Mises.

Nombre.	Tipo.	Valor mínimo.	Valor máximo.
Base del motorreductor	Tensión de Von Mises	0,00453 MPa Nodo: 35806	179 MPa Nodo: 3857
Vista isométrica.			



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

A continuación, en la tabla 37 se muestra la comparación del Módulo de Young y Limite Elástico del material, con respecto al análisis del diseño.

Tabla 37. Resultado del análisis estructural del diseño.

Base del motorreductor (acero ASTM A36)		Von Mises (MPa)	
Módulo de Young (elástico) GPa.	Límite elástico MPa	Límite de tensión de Von Mises Máximo	Mínimo
200 GPa	250 MPa	179 MPa	0.00453 MPa

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Como se puede apreciar en la tabla 37 el análisis del estudio empleado en SolidWorks con la comparación del límite elástico del material, se concluye que el material seleccionado es apto para el diseño de la base del motorreductor, ya que tiene un límite elástico de 250 MPa y el límite de tensión de Von Mises es de 179 MPa, lo que indica que el material de la base del motorreductor en acero ASTM A36 ha sido seleccionado correctamente.

Validación de material.

Se concluye que el material acero ASTM A36 es apto para utilizarlo en la pieza, de esta manera se hace valido el material que será utilizado para la base del motorreductor y elemento de agitación. Es importante elegir el material que cumpla con la función del elemento, para así poder asegurar el funcionamiento correcto del equipo, en la tabla 38 se presentan las propiedades características de este acero.

Tabla 38. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.

ACERO ASTM A36	
Propiedades Mecánicas	
Módulo de Young (elástico).	$200000 \frac{N}{mm^2}$
Límite elástico.	$250 \frac{N}{mm^2}$
Coeficiente de Poisson.	0,26
Módulo cortante	$79300 \frac{N}{mm^2}$
Límite de tracción	$400 \frac{N}{mm^2}$

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

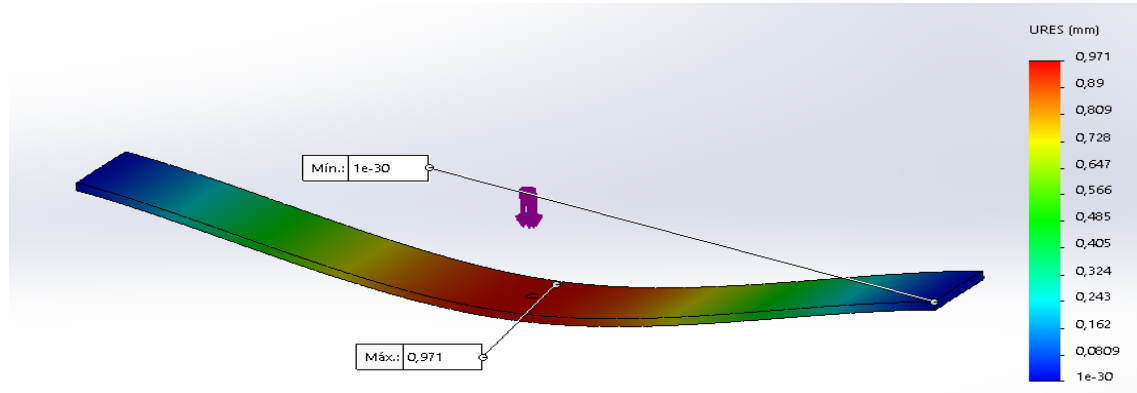
Deformación elástica.

Esta sección dentro de la simulación permite desarrollar pruebas de fuerza en objetos virtuales. Cuando se realiza una prueba de deformación, la superficie del elemento se muestra como un gradiente de colores, con cada tonalidad representado un grado específico de desviación. Mediante el cual se analiza el desplazamiento máximo que soporta la base del motorreductor, como se puede ver en la tabla 39.

Tabla 39. Desplazamiento resultante en el análisis estructural.

Nombre.	Tipo.	Valor mínimo.	Valor máximo.
Base del motorreductor	URES: Desplazamientos resultantes.	0.00 mm Nodo: 20	0.971 mm Nodo: 7829

Vista isométrica.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

El resultado obtenido en la simulación muestra que las tensiones y deformaciones a la que se somete la base del motorreductor durante el análisis son los esperados ya que no genera ningún tipo de problema. El diseño se considera adecuado, debido a que la tensión de Von Mises del material no supera el límite elástico, el desplazamiento es aceptable porque no genera ningún tipo de fractura en el elemento.

Factor de seguridad.

Es la máxima carga que puede soportar un elemento estructural o un componente de maquinaria en condiciones normales. Es de mucha importancia analizar que la corrida de simulación nos diga que efectivamente se está cumpliendo el factor de seguridad de la base del motorreductor.

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Límite elástico del material}}{\text{Esfuerzo máximo de Von Mises}}$$

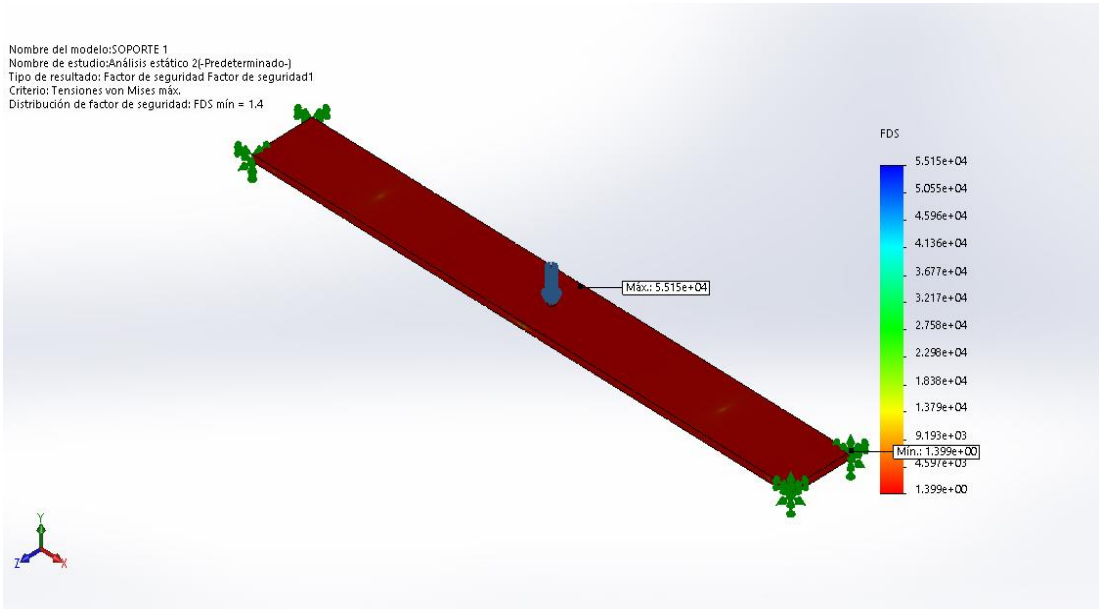
$$Factor\ de\ seguridad = \frac{250\ MPa}{179\ MPa} = 1.39$$

A continuación, se muestra en la tabla 40, el resultado del factor de seguridad mínimo y máximo que se generó en la simulación.

Tabla 40. Factor de seguridad de la base del motorreductor.

Nombre.	Tipo.	Valor mínimo.	Valor máximo.
Factor de seguridad	Tensión de Von Mises máximo.	1.39 Nodo: 3857	5.515e+04 Nodo: 35806

Vista isométrica.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

En relación a lo demostrado anteriormente se puede concluir que el factor de seguridad es ideal para la base del motorreductor y el elemento de agitación, ya que es el mismo resultado que brindo la simulación en SolidWorks, de esta forma se asegura que el diseño tiene un FOS ≥ 1 .

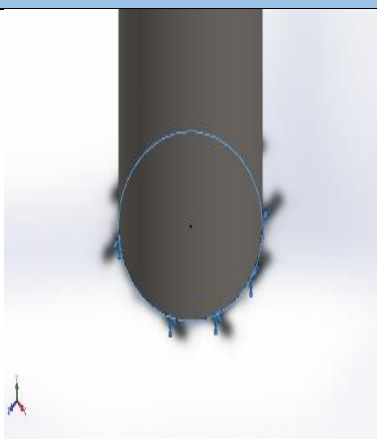
4.1.2.9.3. Análisis de simulación de esfuerzos estáticos bajo una carga (CAE) para la columna de soporte.

Estudios estáticos denominados también como estudios de tensión, calculan desplazamientos, fuerzas de reacción, deformaciones unitarias, tensiones y la distribución del factor de seguridad. La importancia de realizar el análisis estático, es que permitirá dar valores mínimos y máximos donde puede fallar el diseño y el material que se ha elegido.

Sujeciones.

Se debe aplicar la sujeción en el sólido virtual para evitar que la pieza tenga movimiento cuando se le aplique una carga. Estas sujeciones son lo más parecido a cómo trabajará el elemento cuando se utilice en el ámbito real, de esta forma se podrá analizar el comportamiento que tendrá al momento de ser utilizado. La restricción fija se aplica en el extremo inferior de la columna de soporte ya que se encontrará asentada al suelo como se muestra en la siguiente tabla 41.

Tabla 41. Sujeción de la columna de soporte.

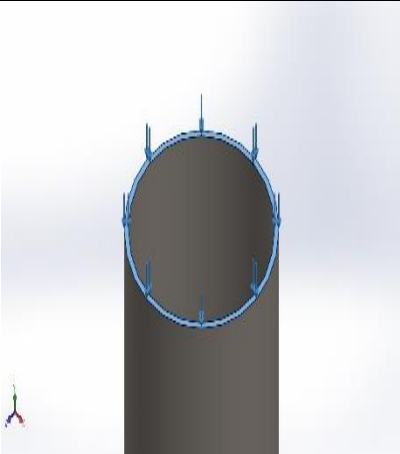
Nombre de sujeción.	Imagen de sujeción.	Detalles de sujeción.
Fijo-1		Entidades: 1 arista Tipo: Geometría fija

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Carga.

La columna está diseñada para soportar todo el peso del tanque de agitación más el peso que produce el agua dentro del mismo, el peso total que debe soportar multiplicado por la fuerza de gravedad es de 49709,82 *N*, donde cada columna soportara $\frac{1}{4}$ de la carga equivalente a 12427,45 *N* como se muestra en la siguiente tabla 42.

Tabla 42. Carga sometida a la columna de soporte.

Nombre de carga.	Carga imagen.	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara Tipo: aplicar fuerza normal Valor: 12427.45 N

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Material.

El tipo de material para la realización de la simulación fue seleccionado en la biblioteca de materiales que presenta el software, es un acero AISI 1015 por sus buenas propiedades mecánicas y porque es recomendable utilizar para este tipo de estructuración.

Información de malla.

La calidad de malla que se utilizó es de elementos cuadráticos de alto orden como se aprecia en el gráfico 38, se define una malla solida basada en curvatura de 4 puntos, el tamaño de los elementos es de 7 mm, en la tabla (43,44), se puede observar todos los valores generados por el análisis de simulación.

Tabla 43. Información de mallado.

Tipo de malla:	Malla sólida.
Mallado utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos:	7 mm
Tolerancia:	0.35 mm
Calidad de malla:	Elementos cuadráticos de alto orden

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Detalles de malla

Tabla 44. Detalles de mallado.

Número total de nodos.	54123
Número total de elementos.	27003
Cociente máximo de aspecto.	16.072
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3.	7.97
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10.	0.174
% de elementos distorsionados	0

(jacobianas).

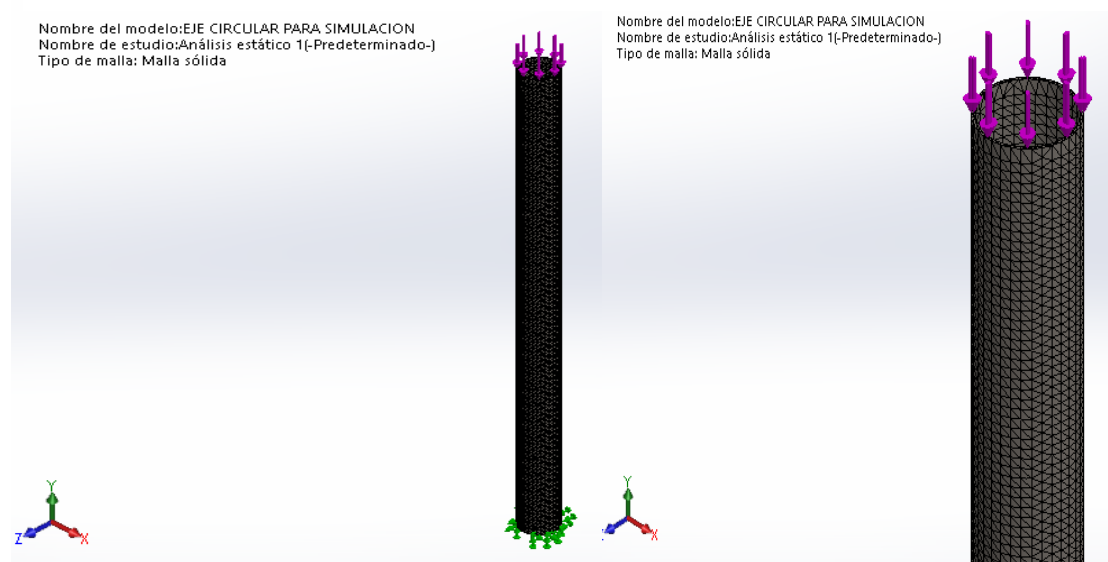
Tiempo para completar la malla.

00:00:09

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Mallado de la pieza.

Gráfico 38. Mallado de la columna de soporte en 3D.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

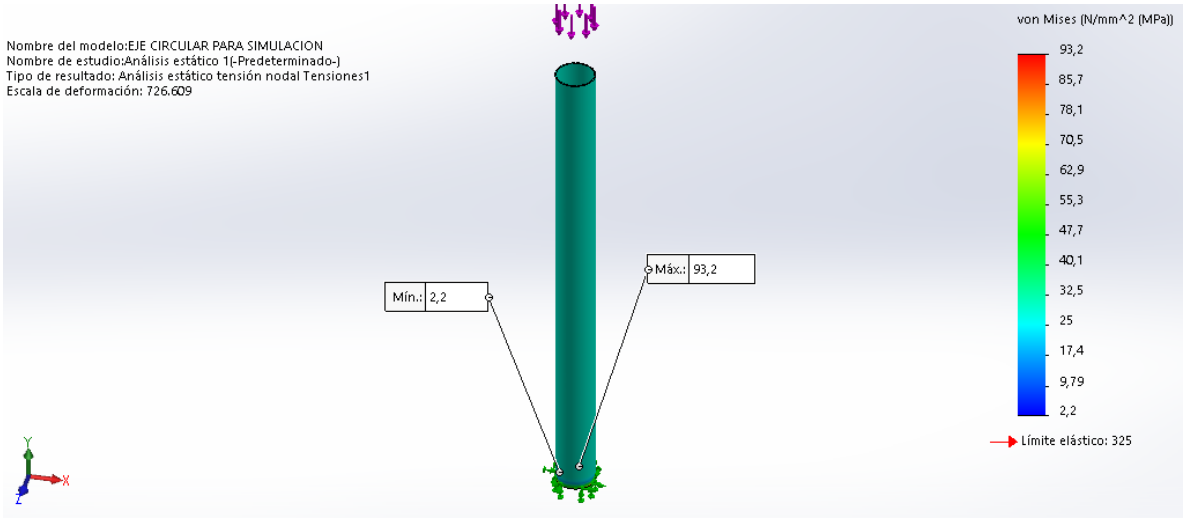
Tensión de Von Mises.

El criterio de Von Mises expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de Von Mises es igual al límite de tensión. A continuación, se presentarán los resultados del estudio efectuado en la columna de soporte, el análisis se puede ver en la siguiente tabla 45.

Tabla 45. Tensión máxima de Von Mises.

Nombre.	Tipo.	Valor mínimo.	Valor máximo.
Columna de soporte	Tensión de Von Mises	2,2 MPa Nodo: 52467	93,2 MPa Nodo: 4752

Vista isométrica.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

A continuación, en la tabla, se muestra la comparación del Módulo de Young y Limite Elástico del material, con respecto al análisis del diseño.

Tabla 46. Resultado del análisis estructural del diseño.

Columna de soporte (acero AISI 1015)		Von Mises (MPa)	
Módulo de Young (elástico) GPa.	Limite elástico MPa	Límite de tensión de Von Mises Máximo	Mínimo
205 GPa	325 MPa	93,2 MPa	2,2 MPa

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Como se puede apreciar en la tabla 46 el análisis del estudio empleado en SolidWorks con la comparación del límite elástico del material, se concluye que el material seleccionado es apto

para el diseño de la columna de soporte del tanque de agitación, ya que tiene un límite elástico de 325 MPa y el límite de tensión de Von Mises es de 93,2 MPa, lo que indica que el material de la columna de acero AISI 1015 ha sido seleccionado correctamente.

Validación de material.

Se concluye que el material acero AISI 1015 es apto para utilizarlo en la pieza, de esta manera se hace valido el material que será utilizado en la columna de soporte del tanque de agitación. Es importante elegir el material que cumpla con la función del elemento, para así poder asegurar el funcionamiento correcto del equipo, en la tabla 47 se presentan las propiedades características de este acero.

Tabla 47. Propiedades mecánicas del acero AISI 1015.

ACERO AISI 1015	
Propiedades Mecánicas	
Módulo de Young (elástico).	$205000 \frac{N}{mm^2}$
Límite elástico.	$325 \frac{N}{mm^2}$
Coefficiente de Poisson.	0,29
Módulo cortante	$80000 \frac{N}{mm^2}$
Límite de tracción	$385 \frac{N}{mm^2}$

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Deformación elástica.

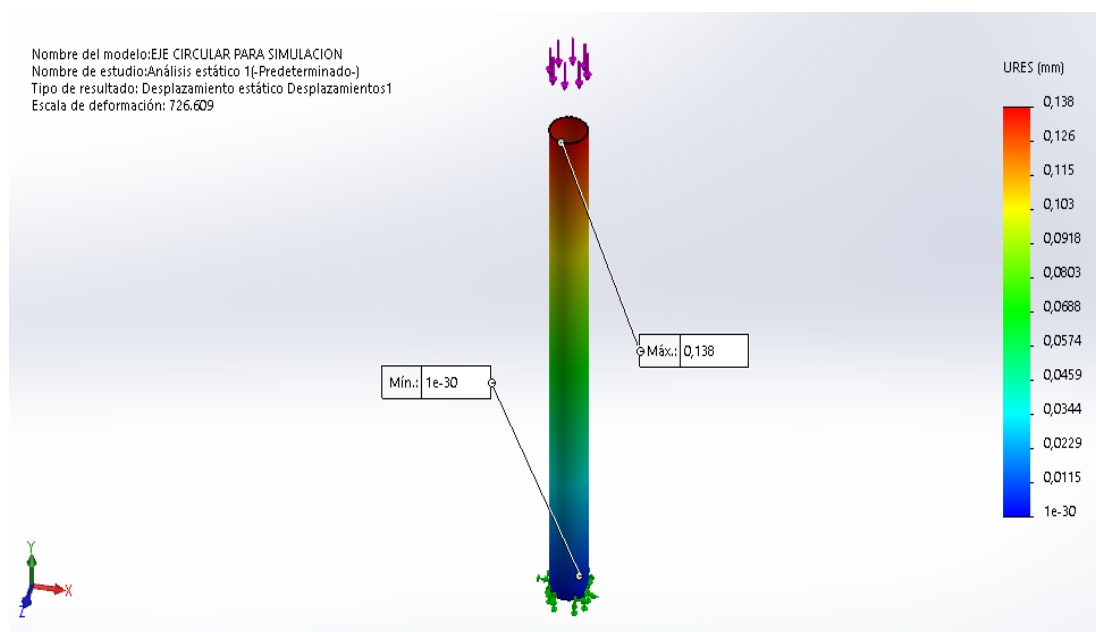
Esta sección dentro de la simulación permite desarrollar pruebas de fuerza en objetos virtuales. Cuando se realiza una prueba de deformación, la superficie del elemento se muestra como un gradiente de colores, con cada tonalidad representado un grado específico de desviación.

Mediante el cual se analiza el desplazamiento máximo que soporta la columna de soporte como se puede ver en la tabla 48.

Tabla 48. Desplazamiento resultante en el análisis estructural.

Nombre.	Tipo.	Valor mínimo.	Valor máximo.
Columna de soporte	URES:	0.00 mm	0.138 mm
	Desplazamientos resultantes.	Nodo: 3167	Nodo: 31944

Vista isométrica.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

El resultado obtenido en la simulación muestra que las tensiones y deformaciones a la que se somete la columna durante el análisis son los esperados ya que no genera ningún tipo de problema. El diseño se considera adecuado, debido a que la tensión de Von Mises del material no supera el límite elástico, el desplazamiento es aceptable porque no afecta a la pieza.

Factor de seguridad.

Es la máxima carga que puede soportar un elemento estructural o un componente de maquinaria en condiciones normales. Es de mucha importancia analizar que la corrida de simulación nos diga que efectivamente se está cumpliendo el factor de seguridad de la columna de soporte.

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Límite elástico del material}}{\text{Esfuerzo máximo de Von Mises}}$$

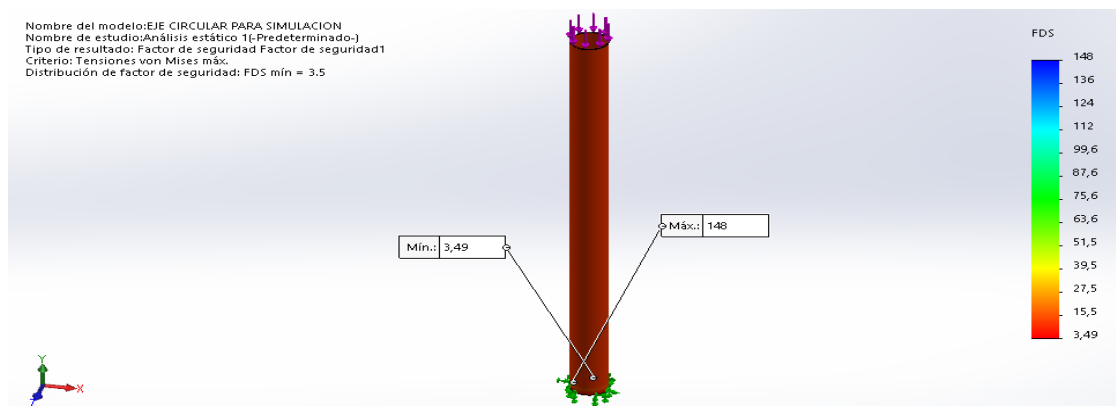
$$\text{Factor de seguridad} = \frac{325 \text{ MPa}}{93.2 \text{ MPa}} = 3.48$$

A continuación, se muestra en la tabla 49, el resultado del factor de seguridad mínimo y máximo que se generó en la simulación.

Tabla 49. Factor de seguridad de la columna de soporte.

Nombre.	Tipo.	Valor mínimo.	Valor máximo.
Columna de soporte	Tensión de Von Mises máximo.	3.49 Nodo: 4752	148 Nodo: 52467

Vista isométrica.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

En relación a lo demostrado anteriormente se puede concluir que el factor de seguridad es ideal para la columna de soporte, ya que es el mismo resultado que brindo la simulación en SolidWorks, de esta forma se asegura que el diseño tiene un $FOS \geq 1$.

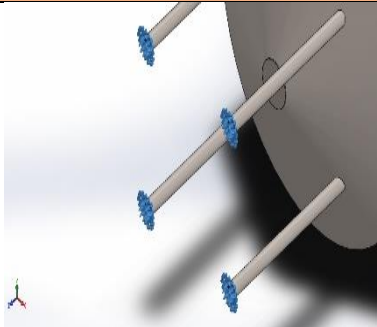
4.1.2.9.4. Análisis de simulación de esfuerzos estáticos bajo una carga (CAE) para el tanque sedimentador.

Estudios estáticos denominados también como estudios de tensión, calculan desplazamientos, fuerzas de reacción, deformaciones unitarias, tensiones y la distribución del factor de seguridad. La importancia de realizar el análisis estático, es que permitirá dar valores mínimos y máximos donde puede fallar el diseño y el material que se ha elegido.

Sujeciones.

Se debe aplicar la sujeción en el sólido virtual para evitar que la estructura tenga movimiento cuando se le aplique las cargas. Estas sujeciones son lo más parecido a cómo trabajará el elemento cuando se utilice en el ámbito real, de esta forma se podrá analizar el comportamiento que tendrá al momento de ser utilizado. La restricción fija se aplica en los apoyos que son las columnas de soporte como se muestra en la siguiente tabla 50.

Tabla 50. Sujeciones en el tanque sedimentador.

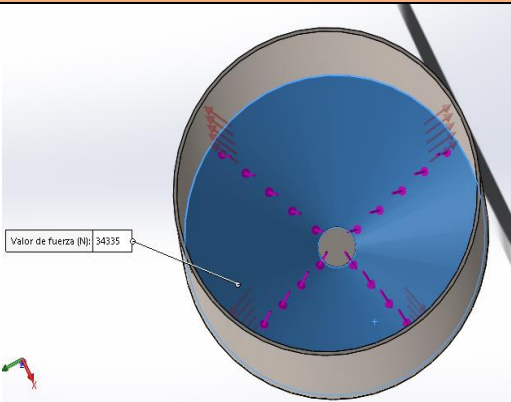
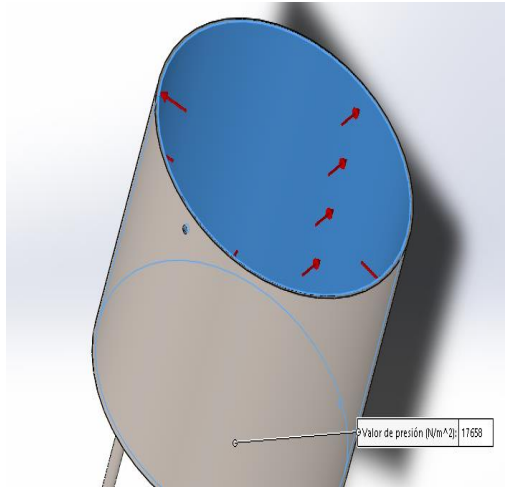
Nombre de sujeción.	Imagen de sujeción.	Detalles de sujeción.
Fijo-1	 El diagrama muestra una sección transversal de un tanque sedimentador con tres columnas de soporte. Cada columna tiene un punto de sujeción fijo, representado por un icono azul con tres flechas que indican la restricción de movimiento en todas las direcciones.	Entidades: 4 caras Tipo: Geometría fija

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Carga.

El tanque sedimentador está diseñado para soportar el peso del agua en el fondo del tanque, dicho valor se lo toma del peso específico del agua $9810 \frac{N}{m^3} * 3.5 m^3$ que es la cantidad de agua que almacenara el tanque, así como también se tomara en cuenta el valor de $17658 Pa$ de la presión hidrostática en las paredes del tanque como se muestra en la tabla 51.

Tabla 51. Cargas aplicadas al tanque sedimentador.

Nombre de carga.	Carga imagen.	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara Tipo: aplicar fuerza normal Valor: 34335 N
Presión-1		Entidades: 1 cara Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 17658 Pa

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Material.

El tipo de material para la realización de la simulación fue seleccionado en la biblioteca de materiales que presenta el software, es un acero inoxidable AISI 316 por sus buenas propiedades mecánicas y porque posee una excelente protección contra la corrosión.

Información de malla.

La calidad de malla que se utilizó es de elementos cuadráticos de alto orden como se muestra en el gráfico 39, se define una malla solida basada en curvatura de 4 puntos, el tamaño de los elementos es de 20 mm, en la tabla 52, se puede observar todos los valores generados por el análisis de simulación.

Tabla 52. Información de mallado.

Tipo de malla:	Malla sólida.
Mallado utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos:	20 mm
Tolerancia:	1.0 mm
Calidad de malla:	Elementos cuadráticos de alto orden

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Detalles de malla

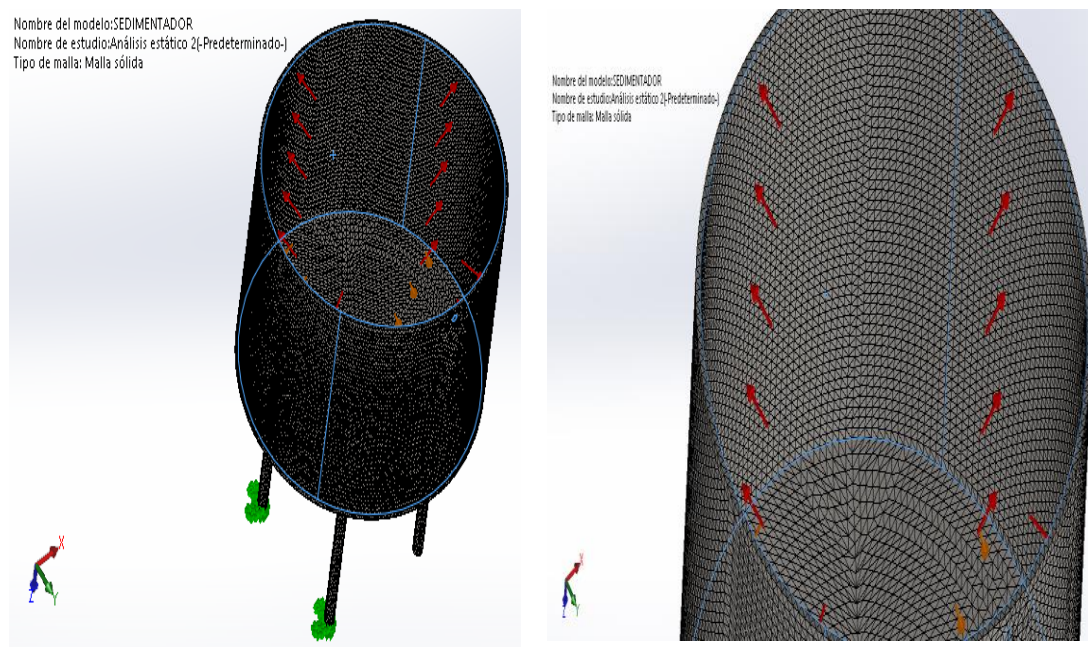
Tabla 53. Detalles de mallado.

Número total de nodos.	52035
Número total de elementos.	162644

Cociente máximo de aspecto.	250.32
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3.	0.295
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10.	17.1
% de elementos distorsionados (jacobianas).	0
Tiempo para completar la malla.	00:10:47
Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].	

Mallado de la estructura.

Gráfico 39. Mallado del tanque sedimentador en 3D.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

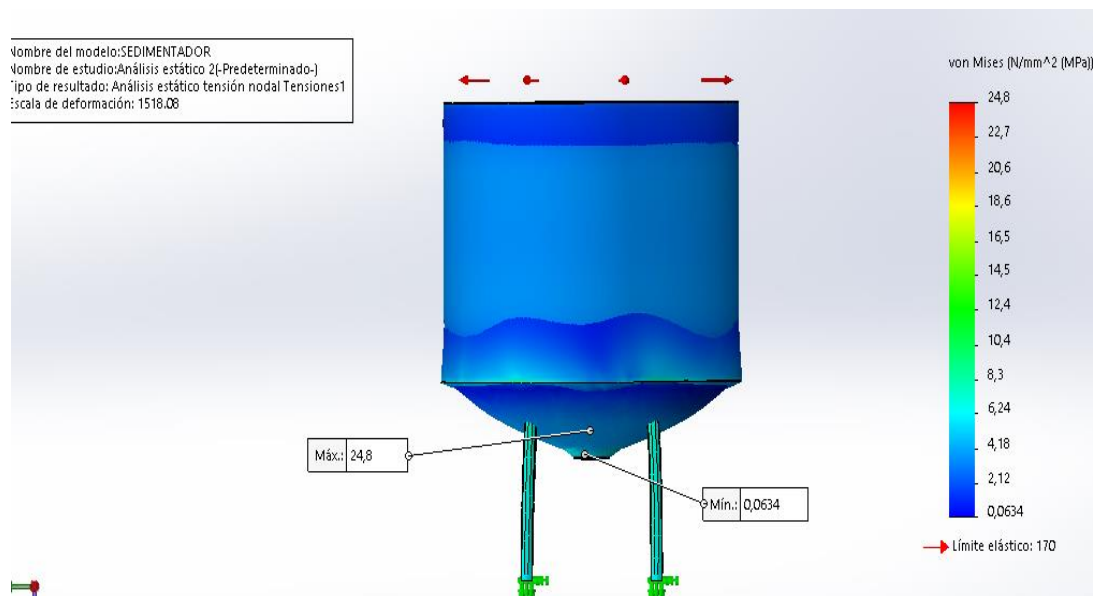
Tensión de Von Mises.

El criterio de Von Mises expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de Von Mises es igual al límite de tensión. A continuación, se presentarán los resultados del estudio efectuado en el tanque sedimentador, el análisis se puede ver en la tabla 54.

Tabla 54. Tensión máxima de Von Mises.

Nombre.	Tipo.	Valor mínimo.	Valor máximo.
Columna de soporte	Tensión de Von Mises	0,0634 MPa Nodo: 49444	24,8 MPa Nodo: 50884

Vista isométrica.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

A continuación, en la tabla 55 se muestra la comparación del Módulo de Young y Límite Elástico del material, con respecto al análisis del diseño.

Tabla 55. Resultado del análisis estructural del diseño.

Tanque Sedimentador (acero inoxidable AISI 316)		Von Mises (MPa)	
Módulo de Young (elástico) GPa.	Límite elástico MPa	Límite de tensión de Von Mises Máximo	Mínimo
200 GPa	170 MPa	24,8 MPa	0,0634 MPa

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Como se puede apreciar en la tabla 55 el análisis del estudio empleado en SolidWorks con la comparación del límite elástico del material, se concluye que el material seleccionado es apto para el diseño del tanque sedimentador, ya que tiene un límite elástico de 170 MPa y el límite de tensión de Von Mises es de 24,8 MPa, lo que indica que el material de la columna de acero inoxidable AISI 316 ha sido seleccionado correctamente.

Validación de material.

Se concluye que el material acero inoxidable AISI 316 es apto para utilizarlo en la estructura, de esta manera se hace válido el material que será utilizado en el tanque sedimentador. Es importante elegir el material que cumpla con la función del elemento, para así poder asegurar el funcionamiento correcto del equipo, en la tabla (--) se presentan las propiedades características de este acero.

Tabla 56. Propiedades mecánicas del acero AISI 1015.

ACERO AISI 1015	
Propiedades Mecánicas	
Módulo de Young (elástico).	$200000 \frac{N}{mm^2}$
Límite elástico.	$170 \frac{N}{mm^2}$
Coeficiente de Poisson.	0,265

Módulo cortante	$82000 \frac{N}{mm^2}$
Límite de tracción	$485 \frac{N}{mm^2}$

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

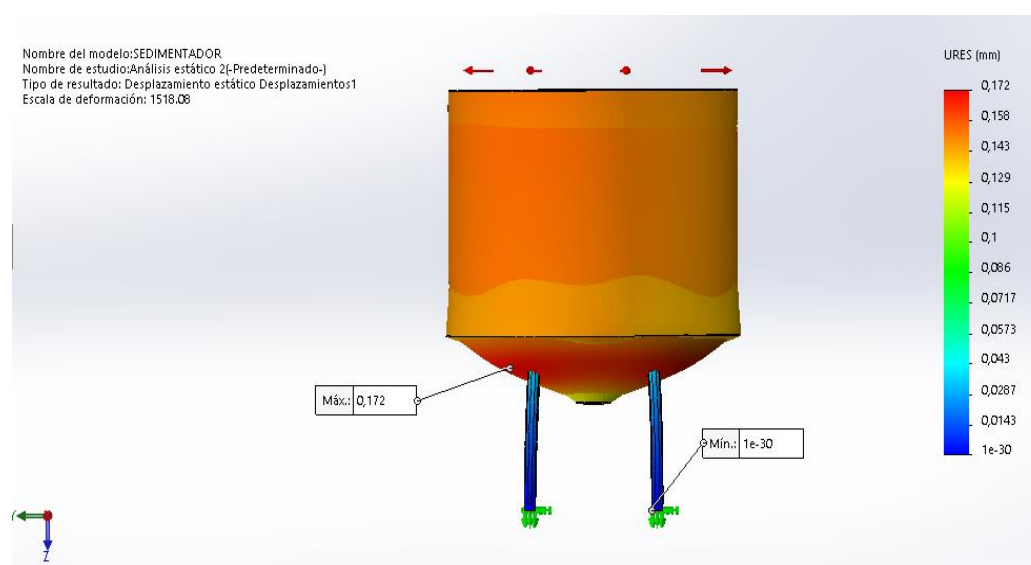
Deformación elástica.

Esta sección dentro de la simulación permite desarrollar pruebas de fuerza en objetos virtuales. Cuando se realiza una prueba de deformación, la superficie del elemento se muestra como un gradiente de colores, con cada tonalidad representado un grado específico de desviación. Mediante el cual se analiza el desplazamiento máximo que soporta el tanque sedimentador como se puede ver en la tabla 57.

Tabla 57. Deformación resultante en el análisis estructural.

Nombre.	Tipo.	Valor mínimo.	Valor máximo.
Tanque sedimentador	URES: Desplazamientos resultantes.	0.00 mm Nodo: 131	0.172 mm Nodo: 30564

Vista isométrica.



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

El resultado obtenido en la simulación muestra que las tensiones y deformaciones a la que se somete el tanque sedimentador durante el análisis son los esperados ya que no genera ningún tipo de problema. El diseño se considera adecuado, debido a que la tensión de Von Mises del material no supera el límite elástico, el desplazamiento es aceptable porque no afecta a la estructura.

Factor de seguridad.

Es la máxima carga que puede soportar un elemento estructural o un componente de maquinaria en condiciones normales. Es de mucha importancia analizar que la corrida de simulación nos diga que efectivamente se está cumpliendo el factor de seguridad del eje de agitación.

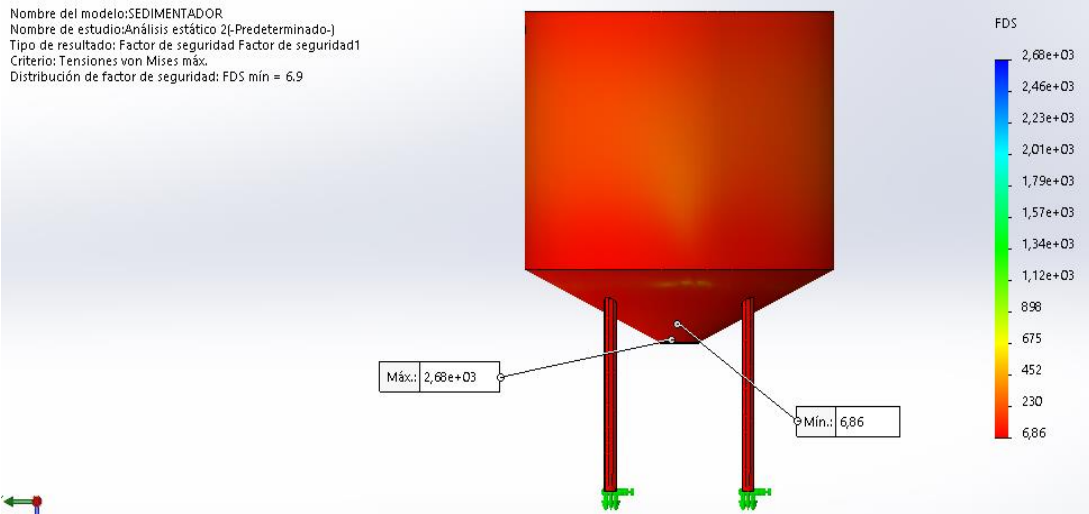
$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Límite elástico del material}}{\text{Esfuerzo máximo de Von Mises}}$$

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{170 \text{ MPa}}{24,8 \text{ MPa}} = 6,85$$

A continuación, se muestra en la tabla 58, el resultado del factor de seguridad mínimo y máximo que se generó en la simulación.

Tabla 58. Factor de seguridad del tanque sedimentador.

Nombre.	Tipo.	Valor mínimo.	Valor máximo.
Columna de soporte	Tensión de Von Mises máximo.	6,86 Nodo: 50884	2,68e+03 Nodo: 49444
Vista isométrica.			



Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

En relación a lo demostrado anteriormente se puede concluir que el factor de seguridad es ideal para el tanque sedimentador, ya que está cerca al resultado que brindó la simulación en SolidWorks, de esta forma se asegura que el diseño tiene un $FOS \geq 1$.

4.1.3. Análisis económico-financiero para la factibilidad de la implementación del sistema para tratamiento y recirculación de agua residual.

A continuación, se presenta el análisis económico y financiero del sistema de tratamiento de agua residual. Para ello se realiza la estimación de la inversión que se requiere para llevar a cabo dicha propuesta, en base a los cálculos desarrollados por cada uno de los equipos y accesorios que conforman el sistema.

También se analiza los beneficios, ahorros, factibilidad y rentabilidad del proyecto, mediante los 4 indicadores económicos, TIR, VAN, periodo de recuperación y beneficio/costo.

4.1.3.1. Costo de inversión fija.

En la tabla 59, se muestran los costos de obra civil, equipo, tuberías, accesorios y tanque de almacenamiento que intervienen en el diseño del sistema de tratamiento y recirculación de agua residual, estimados en base a sus dimensionamientos y capacidades de trabajo. Las cotizaciones se encuentran en el (anexo 12).

Tabla 59. Costo de inversión fija

DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
OBRA CIVIL	Excavación (2 m x 2 m x 2m)	8	metros cúbicos	\$ 37,50	\$ 300,00
	Construcción del tanque de almacenamiento #1	1	unidad	\$ 400,00	\$ 400,00
	Instalación eléctrica del sistema	1	unidad	\$ 250,00	\$ 250,00
	Costo de Ingeniería	1	unidad	\$ 700,00	\$ 700,00
EQUIPOS	Tanque sedimentador	1	unidad	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
	Plancha de acero A36 para soporte del motorreductor	1	planchas	\$ 109,00	\$ 109,00
	Eje acero 304	1	unidad	\$ 112,53	\$ 112,53
	Propela acero inoxidable 304	1	unidad	\$ 60,00	\$ 60,00
	Motorreductor 1,5 Hp	1	unidad	\$ 500,00	\$ 500,00
	Acople rígido acero inoxidable	1	unidad	\$ 40,00	\$ 40,00
	Bomba dosificadora	1	unidad	\$ 540,00	\$ 540,00
	Bombas centrifugas	2	unidad	\$ 285,00	\$ 570,00
	Trampa de grasa	1	unidad	\$ 350,00	\$ 350,00
	Filtro de arena y grava	1	unidad	\$ 950,00	\$ 950,00
TUBERÍAS	Tuberías PVC 2" x 6m	10	unidad	\$ 28,00	\$ 280,00
ACCESORIOS	Codos 90° en material de PVC 2"	8	unidad	\$ 5,70	\$ 45,60
	Válvula de compuerta 2"	2	unidad	\$ 7,00	\$ 14,00
	Boya nivel para agua residual	1	unidad	\$ 66,00	\$ 66,00
	Boya nivel para agua limpia	1	unidad	\$ 12,00	\$ 12,00
RESERVORIOS	Deposito del floculante	1	unidad	\$ 50,00	\$ 50,00
	Tanque almacenamiento #2 plástico 5000 Litros	1	unidad	\$ 870,00	\$ 870,00
TOTAL, DE INVERSIÓN					\$ 7.419,13

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

4.1.3.2. Depreciación de la inversión.

La depreciación de los activos fijos incluye equipos y accesorios que intervienen en el sistema, se realizan de acuerdo a la naturaleza de los bienes y duración de su vida útil. Según la ley del régimen tributario interno la depreciación de equipos, maquinaria, muebles e instalaciones es del 10% anual, con una vida útil de 10 años y un valor de salvamento de 0 [44].

4.1.3.2.1. Método de línea recta.

Para calcular el método de línea recta se aplica la ecuación 33, depreciación por el método de línea recta.

EC 33.

$$D_t = \frac{P - VS}{n}$$

Donde:

D_t = Cargo por depreciación en el año t.

P = Costo inicial (inversión fija).

VS = Valor de salvamento.

n = Vida útil de la instalación.

$$D_t = \frac{7.419,13 - 0}{10}$$

$$D_t = \$ 741.91$$

La depreciación es de \$741.91, dicho valor será igual en todos los periodos durante los 10 años de vida útil.

4.1.3.3. Costo de operación.

Estos costos corresponden básicamente a la materia prima que en este caso sería el agente químico como es el floculante y la energía eléctrica. Los costos de personal se omiten, debido a que el sistema cuenta con boyas de niveles en el tanque de almacenamiento #1 y en el tanque de almacenamiento #2 para evitar rebosamiento.

4.1.3.3.1. Costo de materia prima (floculante) por cada metro cubico de agua a tratar.

El floculante de poliacrilamida aniónica, se presenta en emulsión, por lo que la dosificación optima es de 0,5 ml por cada litro de agua a tratar. Entonces:

1000 litro de agua —————→ \$ 750,00

0.5 litro de floculante —————→ X

$$\frac{(0,5 \text{ ltrs}) (\$ 750,00)}{1000 \text{ ltrs}} = 0,38 \text{ ctvs es el costo de operación para tratar cada } m^3$$

4.1.3.3.2. Costo de energía eléctrica y mantenimiento.

En la tabla 60 se muestra el consumo de energía eléctrica de los equipos que intervienen en el sistema propuesto, en función a la potencia utilizada de los equipos y horas de trabajo.

CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) proporciona la tarifa para este tipo de empresas en 0,0955 USD por kWh.

Tabla 60. Costo de energía eléctrica anual del sistema propuesto

EQUIPOS	CONSUMO (Kw)	TRABAJO (horas)	kWh	PRECIO POR kWh	COSTO DIARIO	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Bomba alimentación BP1	0,37	9	5,92	\$ 0,10	\$ 0,59	\$ 17,70	\$ 212,40
Bomba alimentación BP2	0,37	9	5,92	\$ 0,10	\$ 0,59	\$ 17,70	\$ 212,40
Bomba Dosificadora	0,37	9	5,92	\$ 0,10	\$ 0,59	\$ 17,70	\$ 212,40
TOTAL				\$ 0,30	\$ 1,77	\$ 53,10	\$ 637,20

Fuente: Microsoft Excel 2019

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

4.1.3.4. Financiamiento de la inversión.

Por motivo de no tener el capital necesario para invertir en la propuesta, se requiere de una entidad financiera, que pueda cubrir el 100% de la inversión fija (\$ 7.419,13). Se toma como alternativa el BanEcuador con una tasa de interés anual de 15,30%. Para eso es necesario realizar una tabla de amortización tipo francés como se especifica en la tabla 62.

Tabla 61. Datos para el cálculo de las cuotas para el financiamiento de la propuesta

PRÉSTAMO BANCARIO	INVERSIÓN	100% MONTO	PLAZO (meses)	INTERÉS ANUAL	INTERÉS MENSUAL	CUOTA
BanEcuador	\$ 7.419,13	\$ 7.419,13	24	15,30%	1,27%	\$ 360,57

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

La cuota se calcula con la aplicación de la ecuación 34, que es la cuota para tabla de amortización.

EC 34.

$$A = P * \left(\frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right)$$

Donde:

A = Cuota.

P = Valor presente (inversión).

i = tasa de interés mensual.

n = tiempo

$$A = 7.419,13 * \left(\frac{0,0127 (1 + 0,0127)^{24}}{(1 + 0,0127)^{24} - 1} \right)$$

$$A = \$ 360,57$$

Tabla 62. Tabla de amortización tipo francesa con pagos mensuales

TABLA DE AMORTIZACIÓN CON CUOTAS CONSTANTES					
PERIODO (Meses)	SALDO INICIAL	CUOTAS	INTERÉS	CAPITAL	SALDO FINAL
1	\$ 7.419,13	\$ 360,57	\$ 94,22	\$ 266,35	\$ 7.152,783
2	\$ 7.152,78	\$ 360,57	\$ 90,84	\$ 269,73	\$ 6.883,05
3	\$ 6.883,05	\$ 360,57	\$ 87,41	\$ 273,16	\$ 6.609,90
4	\$ 6.609,90	\$ 360,57	\$ 83,95	\$ 276,62	\$ 6.333,27
5	\$ 6.333,27	\$ 360,57	\$ 80,43	\$ 280,14	\$ 6.053,14
6	\$ 6.053,14	\$ 360,57	\$ 76,87	\$ 283,70	\$ 5.769,44
7	\$ 5.769,44	\$ 360,57	\$ 73,27	\$ 287,30	\$ 5.482,14
8	\$ 5.482,14	\$ 360,57	\$ 69,62	\$ 290,95	\$ 5.191,20
9	\$ 5.191,20	\$ 360,57	\$ 65,93	\$ 294,64	\$ 4.896,55
10	\$ 4.896,55	\$ 360,57	\$ 62,19	\$ 298,38	\$ 4.598,17

11	\$ 4.598,17	\$ 360,57	\$ 58,40	\$ 302,17	\$ 4.296,00
12	\$ 4.296,00	\$ 360,57	\$ 54,56	\$ 306,01	\$ 3.989,99
13	\$ 3.989,99	\$ 360,57	\$ 50,67	\$ 309,90	\$ 3.680,09
14	\$ 3.680,09	\$ 360,57	\$ 46,74	\$ 313,83	\$ 3.366,26
15	\$ 3.366,26	\$ 360,57	\$ 42,75	\$ 317,82	\$ 3.048,44
16	\$ 3.048,44	\$ 360,57	\$ 38,72	\$ 321,85	\$ 2.726,58
17	\$ 2.726,58	\$ 360,57	\$ 34,63	\$ 325,94	\$ 2.400,64
18	\$ 2.400,64	\$ 360,57	\$ 30,49	\$ 330,08	\$ 2.070,56
19	\$ 2.070,56	\$ 360,57	\$ 26,30	\$ 334,27	\$ 1.736,29
20	\$ 1.736,29	\$ 360,57	\$ 22,05	\$ 338,52	\$ 1.397,77
21	\$ 1.397,77	\$ 360,57	\$ 17,75	\$ 342,82	\$ 1.054,95
22	\$ 1.054,95	\$ 360,57	\$ 13,40	\$ 347,17	\$ 707,78
23	\$ 707,78	\$ 360,57	\$ 8,99	\$ 351,58	\$ 356,19
24	\$ 356,19	\$ 360,57	\$ 4,52	\$ 356,05	\$ 0,00
TOTAL, DE INTERÉS			\$ 1.234,70		
PAGO TOTAL DEL PRÉSTAMO (INVERSIÓN + INTERÉS)			\$ 8.653,83		

Fuente: Microsoft Excel 2019

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

La tabla 61, muestra que se pagara cuotas mensuales de \$ 360,57 durante 2 años para cancelar el préstamo total de la inversión.

4.1.3.5. Beneficios del proyecto.

Los beneficios de esta propuesta son de carácter ambiental y económico, ya que al tratar el agua residual y reutilizarla en lavado de vehículos, permitirá una mejor gestión de las mismas, así como también reducir el consumo de agua potable y evitar sanciones por verter el efluente al sistema de alcantarillado sin tener un óptimo tratamiento, así como también ayudar al cuidado del medio ambiente representando un ahorro económico para la empresa.

4.1.3.5.1. Ahorro de consumo de agua.

Para estimar el ahorro de agua potable, se toma como referencia el caudal medio de agua residual que genera el proceso de lavado de vehículos, se determinó mediante cálculos dando un valor de $3,3 \frac{m^3}{dia}$. Al tratar aproximadamente este valor de agua residual, se recupera $\left(1,0 \frac{m^3}{dia} + 2,0 \frac{m^3}{dia} = 3,0 \frac{m^3}{dia}\right)$, este valor representaría la estimación del ahorro de agua potable al día que se obtiene en la lavadora. El caudal de inyección del floculante se obtiene de la dosis optima ya establecida.

Floculante

1 ltr de agua a tratar $\longrightarrow$ 0,5 ml de policloruro de aluminio (PAC)

3038,14 ltrs de agua a tratar $\longrightarrow$ X

$$\frac{(3038,14 \text{ lt}) * (0,5 \text{ ml})}{1 \text{ lt}} = 1654 \text{ ml de PAC}$$

4.1.3.5.2. Ahorro económico por el consumo de agua potable.

Para las empresas dedicadas al lavado de vehículos en la ciudad de El Carmen Manabí, la tarifa de agua potable se basa en función a los metros cúbicos de agua consumidos, según el GADMEC (Gobierno Autónomo Descentralizado de El Carmen).

En la investigación de campo se identificó el diámetro de la conexión principal del suministro del agua potable el cual es de 3", lo que indica que la empresa DIMAS VERA se encuentra en el rango de 301 m^3 a 2500 m^3 , dado esto el valor de consumo por metro cubico es de \$ 1,60 como se considera en la tabla 63.

Tabla 63. Tarifa de agua potable en el cantón El Carmen

Rango de consumo (m ³)	$\frac{USD}{m^3}$	Valor de cargo fijo ($\frac{USD}{m^3}$)	Diámetro de la conexión
0-15	0,31	1,24	½"
16-30	0,46	8,24	¾"
31-60	0,66	21,19	1"
61-100	0,87	35,31	1 ½"
101-300	0,98	35,31	2"
301-2500	1,6	58,86	3"
2501-5000	2,09	176,56	4"
<5000	3,53	235,41	6" >

Fuente: GADMEC

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

Como la empresa utiliza un valor estimado de $3,0 \frac{m^3}{día}$, de agua potable al día el gasto $\left(3,0 \frac{m^3}{día} * 1,60 \frac{\$}{m^3} = \$ 4.80\right)$ si esta cantidad de agua se reutilizara, mediante el sistema propuesto, los beneficios serán en función a los costos de operación de agua a reutilizar. Se puede concluir, que el ahorro económico que representa tratar el agua residual generada en el lavado de vehículos por cada metro cubico es de \$ 4,80 día

4.1.3.5.3. Ahorro económico de multas y sanciones.

Estas son presentes debido a las descargas de efluentes sin previo tratamiento, incumpliendo los parámetros físicos químicos permisibles según la norma de calidad ambiental TULSMA.

Según el Reglamento interno de manejo de los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y drenaje pluvial en el cantón El Carmen, EPMAPAS-J (Empresa Pública Municipal

de agua potable y alcantarillado sanitario del cantón Jipijapa), estipula en su anexo II que la sanción económica será de 50 veces el cargo fijo, como se aprecia en el (anexo 13). El cargo fijo según EPMAPAS-J es de \$ 58,86. Entonces:

$$\text{\$ } 58,86 * 50 = \text{\$ } 2.943,00$$

Los \$ 2.943,00; es el valor de infracción por cada demanda que pueda tener la lavadora DIMAS VERA, a causa de las descargas del agua residual sin algún tratamiento previo.

4.1.3.6. Evaluación económica (TIR, VAN).

4.1.3.6.1. Tasa interna de retorno (TIR).

La tasa interna de retorno es la que indica la ganancia de forma anual que tiene la lavadora por haber invertido en el proyecto. Dichos cálculos se los determina en una hoja de cálculo de Excel.

4.1.3.6.2. Valor neto actual (VAN).

El VAN, permite traer cantidades monetarias del futuro al presente a su valor equivalente. Para cumplir esto, a los flujos futuros se le aplica una tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) ecuación 35, para este proyecto la TMAR es:

EC 35.

$$TMAR = \textit{Tasa de inflación} + \textit{porcentaje de riesgo}$$

$$TMAR = 0,84 \% + 9\%$$

$$TMAR = 9,84 \%$$

4.1.3.6.3. Flujo de efectivo.

El flujo de efectivo establece la diferencia de los ingresos con los egresos, en consideración de la vida útil de un proyecto y este permite determinar la rentabilidad de la inversión. Para calcular el beneficio que se obtiene por año, debido a que se tiene variabilidad de caudales, se estimara con el caudal medio $3.3 \text{ m}^3/\text{día}$ de agua residual, en el que se recupera $3.0 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ entonces:

$$3.0 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 4.18 \frac{\$}{\text{m}^3} = 12,54 \frac{\$}{\text{día}} \cong 4514,4 \frac{\$}{\text{anual}}$$

Tabla 64. Flujo de efectivo

PERIODO	INGRESOS	EGRESOS			FLUJO DE EFECTIVO
	BENEFICIO	INVERSIÓN	DEPRECIACIÓN	INTERÉS	
0		\$ 7.419,13			-\$ 7.419,13
1	\$ 4.514,40	\$ -----	\$ 741,91	\$ 897,70	\$ 2.874,79
2	\$ 4.514,40	\$ -----	\$ 741,91	\$ 337,00	\$ 3.435,49
3	\$ 4.514,40	\$ -----	\$ 741,91		\$ 3.772,49
4	\$ 4.514,40	\$ -----	\$ 741,91		\$ 3.772,49
5	\$ 4.514,40	\$ -----	\$ 741,91		\$ 3.772,49
6	\$ 4.514,40	\$ -----	\$ 741,91		\$ 3.772,49
7	\$ 4.514,40	\$ -----	\$ 741,91		\$ 3.772,49
8	\$ 4.514,40	\$ -----	\$ 741,91		\$ 3.772,49
9	\$ 4.514,40	\$ -----	\$ 741,91		\$ 3.772,49
10	\$ 4.514,40	\$ -----	\$ 741,91		\$ 3.772,49
TIR					45%
VAN					\$ 14.824,77

Fuente: Microsoft Excel 2019

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

En base al flujo de efectivo realizado en la tabla 64, los indicadores económicos considerados en la presente investigación para la inversión del sistema propuesto son:

- **Tasa interna de retorno:** el valor dado es del 45%, lo que indica que es factible la propuesta, debido a que es mayor a la tasa mínima aceptable de rendimiento (9,84%).
- **Valor actual neto:** en la tabla 64, se puede apreciar que es mayor a 0, lo que significa que la lavadora de automóviles DIMAS VERA ganará si pone en marcha la propuesta planteada en la investigación
- **Periodo de recuperación:** En la tabla 65, se aprecia que aproximadamente en el tercer periodo se recupera la inversión de la propuesta, exactamente en 2 años 8 días.

Tabla 65. Periodo de recuperación de la inversión

PERIODO	FUJO DE EFECTIVO	FLUJO ACUMLADO
0	-\$ 7.419,13	
1	\$ 2.874,79	\$ 2.874,79
2	\$ 3.435,49	\$ 6.310,28
3	\$ 3.772,49	\$ 10.082,77
4	\$ 3.772,49	\$ 13.855,26
5	\$ 3.772,49	\$ 17.627,75
6	\$ 3.772,49	\$ 21.400,24
7	\$ 3.772,49	\$ 25.172,73
8	\$ 3.772,49	\$ 28.945,22
9	\$ 3.772,49	\$ 32.717,71
10	\$ 3.772,49	\$ 36.490,20

Fuente: Microsoft Excel 2019

Elaborado por: Solorzano Castro Jeanpool, [2020].

- **Relación Beneficio/Costo:** Ultimo indicador económico que se considera para la evaluación del proyecto, el cual se lo determina mediante la siguiente ecuación.

$$\text{beneficio/costo} = \frac{\text{VAN}}{\text{INVERSION INICIAL}}$$

$$\text{beneficio/costo} = \frac{\$ 14.824,77}{\$ 7.419,13}$$

$$\text{beneficio/costo} = 1,99$$

Se concluye que por cada dólar que se invierten en la propuesta del sistema se obtiene \$1,99. Dicho esto se pone en evidencia la viabilidad de la propuesta.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Se caracterizó el agua residual proveniente del proceso de lavado de vehículos en cuanto a parámetros físicos y químicos mediante análisis de un laboratorio certificado, dando como resultado que el valor que sobre pasa el límite permisible descrito por la normativa TULSMA son los aceites y grasas con un valor de $183 \frac{mg}{l}$ cuando la normativa solo permite hasta $70 \frac{mg}{l}$, mientras que los otros indicadores resultantes como pH, TPH, DBO, DQO, sólidos suspendidos y sólidos totales se encuentran por debajo del límite permisible.
- Se realizó el diseño del sistema de tratamiento y recirculación de agua residual tomando en consideración el análisis de los parámetros físicos-químicos del efluente, el cual estará dividido por etapas. En la primera etapa se encuentra el pretratamiento que lo conforma el cribado, trampa de grasa y tanque de almacenamiento N°1, seguido de la segunda etapa que es el tratamiento primario que lo conforma el tanque sedimentador y la tercera etapa llamado tratamiento secundario que lo conforma el filtro de arena y grava conjunto con el tanque de almacenamiento N°2 quien recirculara el agua ya tratada, la esquematización en 3D se lo puede apreciar en el anexo 16.
- La selección de cada uno de los elementos que forman el sistema se hizo en base a catálogos, cálculos y análisis de simulación de ciertos elementos como el eje de agitación que tiene una tensión máxima de Von Mises de $61,7 MPa$ y un factor de seguridad mínimo de 3,35, la base del motorreductor posee tensión máxima de Von mises de $179 MPa$ y su factor de seguridad mínimo 1.39 y de la misma forma el tanque sedimentador una tensión máxima de Von Mises $28,4 MPa$ y mantiene un factor de seguridad mínimo de 6,58 .Todos los elementos analizados se encuentran dentro de valores óptimos por lo que no afectan su estructura.

- Los indicadores económicos considerados en este proyecto de investigación demuestran que el sistema de tratamiento y recirculación de agua residual es totalmente viable, debido a que la tasa interna de retorno (TIR) determinó un porcentaje del 45% (mayor que el TMAR = 9.84%), el valor neto actual (VAN) = \$ 14.824,77 es mayor que 0, con un periodo de recuperación de inversión de 2 años 3 meses y 16 días.

5.2. Recomendaciones.

- En caso de que se implemente el sistema de tratamiento y recirculación de agua residual, se realice un nuevo análisis de caracterización del agua almacenada para comprobar la eficiencia del sistema y con esto evitar alguna multa por parte de entidades gubernamentales.
- Utilizar los materiales estipulados en el proyecto para la futura construcción del sistema, tomando en consideración que estos están determinados para este tipo de sistema, así como también dar a conocer el proceso eficiente para el tratamiento del agua con la finalidad que otras empresas dedicadas al lavado de vehículos deseen implementarla, ya que se optimizarán recursos y se cumplirá con la normativa legal.
- Considerar la implementación del sistema, ya que presenta beneficios económicos y ambientales y que si se lo mira hacia una exigencia mayor se podría obtener la certificación ISO 14001 dando una mejor imagen y confiabilidad a la empresa, así mismo contar con una innovación para las lavadoras permitiendo que sean más rentable y al mismo tiempo favorezca al medio ambiente.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- [1] J. García, Fundamentos del diseño mecánico, Cali: Universidad del Valle, 2014.
- [2] R. Budynas y N. Keith, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley., New York: McGrawHill, 2012.
- [3] E. Raffino, «Concepto.de,» 6 12 2019. [En línea]. Available: <https://concepto.de/agua/>. [Último acceso: 12 01 2020].
- [4] I. Restrepo, Avances en investigación y desarrollo en agua y saneamiento, Cali : Universidad del Valle, 2007.
- [5] R. Ramos, R. Sepúlveda y F. Villalobos, El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis., México: Plaza y Valdes, 2003.
- [6] K. Howe, D. Hand, J. Crittenden y G. Tchobanoglous, Principios de tratamiento del agua, México: CENGAGE Learning, 2017.
- [7] H. Gomez, «Fiscalización ambiental en aguas residuales,» OEFA, 2014, pp. 2-3.
- [8] A. Arce y C. Calderón, «Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua,» de *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis*, México, IBS, p. 5.
- [9] A. Aznar, «Determinación de los parámetros Físicos-Químicos de calidad de las aguas,» Leganes, Madrid, 2011.
- [10] J. L. Araguez, «Características de las aguas residuales urbanas,» de *Depuración de aguas residuales*, Malaga, Triplenlace diario, 2013, pp. 1-5.
- [11] F. Gonzáles, «Interapas,» [En línea]. Available: http://interapas.mx/files/cultura_del_agua/folletos/sistema_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf. [Último acceso: 10 01 2020].
- [12] G. Puñuela y J. Morató, «Manual de tecnologías sostenibles en tratamientos de aguas,» de *Sistemas de tratamientos convencionales vs naturales*, España, EUROPEAID, 2016, p. 34.
- [13] P. Guyer, «Una introducción al tratamiento de aguas residuales municipales,» The Clubhouse Press, 2019.
- [14] R. Ramalho, Tratamiento de aguas residuales, España: REVERTÉ S.A., 2003.
- [15] F. Carrasco, S. Teichert y W. Platzer, «Estudio de tecnologías de tratamiento de agua residual y concentracion en la industria,» Fraunhofer, Chile, 2017.

- [16] M. Aguilar, J. Sáez, M. Lloréns, A. Soler y J. Ortuño, Tratamiento físico-químico de aguas residuales: Coagulación-Floculación, España: Universidad de Murcia, 2002.
- [17] G. Buitrón, «Manual técnico sobre tecnologías biológicas aerobias aplicadas al tratamiento de aguas residuales industriales,» [En línea]. Available: http://www.cyted.org/sites/default/files/tratamiento_aerobio_de_aguas_residuales.pdf. [Último acceso: 11 01 2020].
- [18] M. Bockisch, Fast and Oils Handbook, Alemania: Academic Press y AOCS, 2015.
- [19] J. Ortiz, «repositorio.unemi.edu.ec,» [En línea]. Available: <http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/17879/1/Jonathan%20Edgar%20Ortiz%20Tub%C3%B3n.pdf>.
- [20] «Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente,» de *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes: Recursos Agua*, 2015, pp. 1-37.
- [21] B. Farias de Marquez, «iagua,» 6 09 2016. [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/factores-evaluar-eleccion-y-seleccion-operaciones-y-procesos-diseno-plan>. [Último acceso: 19 01 2020].
- [22] V. Streeter, Mecanica de Fluidos, México: McGrawHill, 2014.
- [23] M. & Eddy, «Ingenieria de aguas residuales,» de *Tratamiento vertido y reutilización Vol 2*, España, McGrawHill, 1995, pp. 1250-1285.
- [24] G. Baca, Fundamentos de Ingenieria Económica, México: McGraw-Hill, 2007.
- [25] J. Gallardo, Evaluación Económica y Financiera, México: UNAM, 2002.
- [26] A. Valenzuela, «Academia.edu,» 18 09 2018. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/37444076/Evaluaci%C3%B3n_Financiera_de_los_Proyectos_de_Inversi%C3%B3n_su_importancia_y_conceptos_clave. [Último acceso: 10 01 2020].
- [27] V. Minguez, «Sistema de evaluación de impacto ambiental,» Valencia, 2009, pp. 8-9.
- [28] «Buen Vivir,» de *Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo*, 2017, p. 237.
- [29] K. Llumiquinga y M. Karen, «Repositorio Digital EPN,» 12 06 2018. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19474>. [Último acceso: 23 01 2020].
- [30] W. Villareal, «Repositorio UTN,» 15 02 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4326/1/03%20RNR%20191%20TESIS.pdf>. [Último acceso: 23 01 2020].

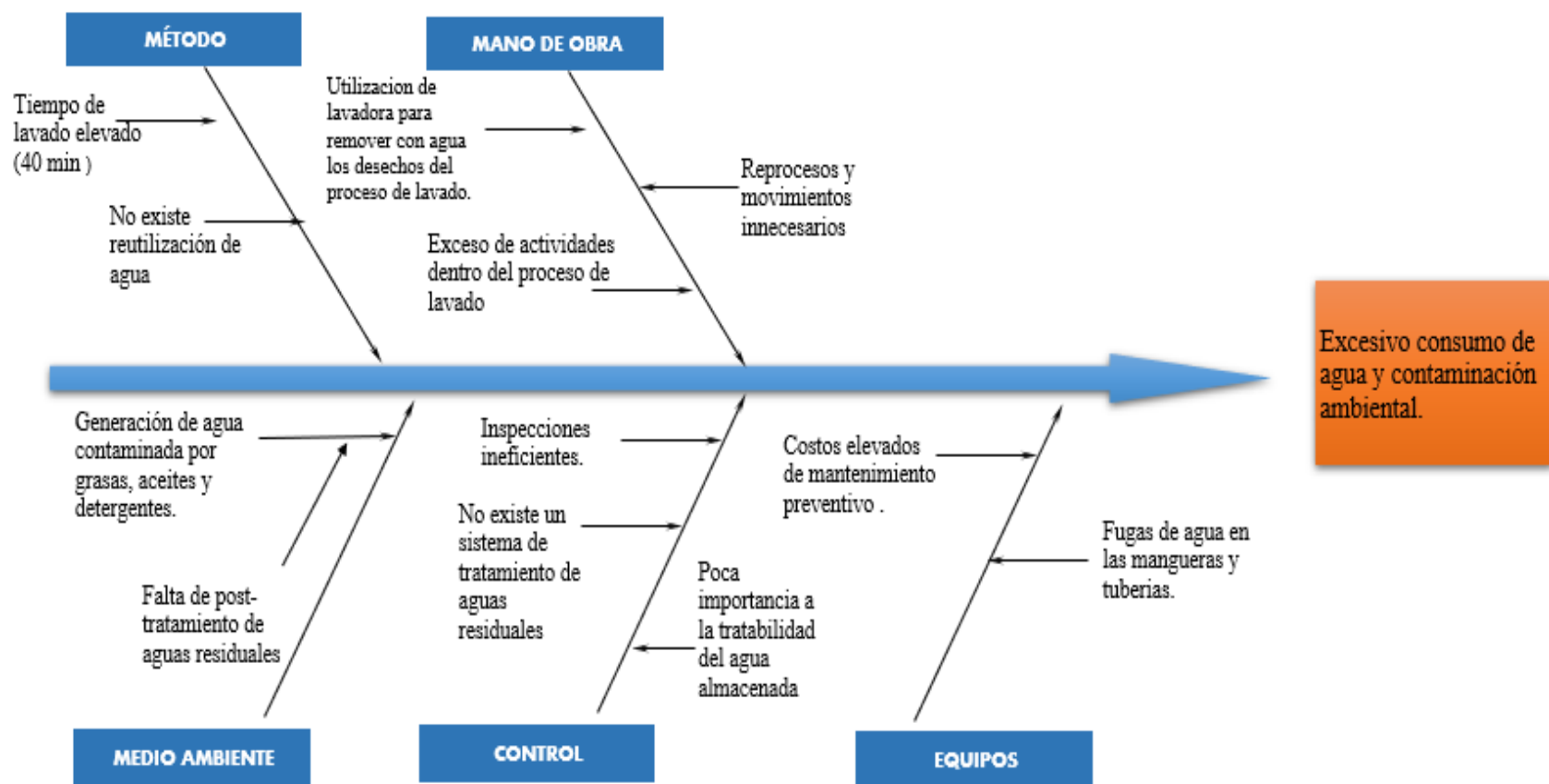
- [31] Sánchez y Ricardo, «Repositorio UTA,» 20 10 2017. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27018/1/Tesis%201207%20-%20S%C3%A1nchez%20Acosta%20Ricardo%20Inicio.pdf>. [Último acceso: 23 01 2020].
- [32] A. Ribeiro da Silva, C. Paulinetti da Cámara, J. Alves, I. Scarmínio y I. Lobo & Lobo, «SCIELO,» 14 01 2017. [En línea]. Available: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000100179. [Último acceso: 23 01 2020].
- [33] I. Chávez, «Dialnet,» 28 03 2017. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/acer/Downloads/Dialnet-DisenioEImplementacionDeUnSistemaDeTratamientoDeAgu-6134928%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/acer/Downloads/Dialnet-DisenioEImplementacionDeUnSistemaDeTratamientoDeAgu-6134928%20(3).pdf). [Último acceso: 10 02 2020].
- [34] R. Monterroso, «repositorio.usac.edu,» 15 11 2017. [En línea]. Available: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8528/1/Ricardo%20Ivan%20Monterroso%20Lucas.pdf>. [Último acceso: 10 02 2020].
- [35] S. Carrión, «dspace.espol.edu.ec,» [En línea]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/94603/D-79156.pdf>. [Último acceso: 10 02 2020].
- [36] D. Blacio y J. L. Perez, «dspace.ucuenca.edu.ec,» [En línea]. Available: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/751/1/ti878.pdf>. [Último acceso: 30 1 2020].
- [37] Y. Somalia, «Oocities.org,» 10 2009. [En línea]. Available: <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/filtracion.htm>. [Último acceso: 19 02 2020].
- [38] T. Leal Asencion, «IMTA, Instituto mexicano de tecnología del agua,» [En línea]. Available: https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/curso/dia_14/3.%20Teresa%20Leal.pdf. [Último acceso: 12 02 2020].
- [39] L. Roevis, «Unisistemaoptimo.blogspot,» 28 05 2012. [En línea]. Available: <http://unisistemasoptimo.blogspot.com/2012/05/ponderacion-lineal-scoring.html>. [Último acceso: 14 01 2020].
- [40] M. d. D. E. D. d. A. P. y. S. Baásico, «TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,» 11 2000. [En línea]. Available: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf. [Último acceso: 21 02 2020].

- [41] A. Company, «DURMAN,» [En línea]. Available: <https://www.durman.com/descargas/Trampasgrasa/guia/Trampa%20para%20Grasa%20MT-GI.pdf>. [Último acceso: 21 02 2020].
- [42] R. Budynas y K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, México: McGrawHill, 2012.
- [43] R. Mott, Resistencia de materiales aplicada, México: PEARSON EDUCACIÓN, 2009.
- [44] «Alpez Servicios Financieros,» 25 09 2019. [En línea]. Available: <https://blog.alpezsfin.com/como-se-deprecian-los-activos>. [Último acceso: 8 03 2020].

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto).



Anexo 2. Toma, manejo y conservación de la muestra (agua residual) según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013.

CDU: 614.777.620.113 ICS: 13.000.01		CIRU: 4100 AL 01.06-202
Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS	NTE INEN 2169:2013 Primera revisión 2013-08
1. OBJETO 1.1 Esta norma establece las técnicas y precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua incluyendo aquellas para análisis biológicos pero no análisis microbiológicos. 2. ALCANCE 2.1 Esta norma se aplica particularmente cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis. 3. DISPOSICIONES GENERALES 3.1 Las aguas, particularmente las aguas superficiales y sobre todo las aguas residuales, son susceptibles a cambios en diferente grado como resultado de las reacciones físicas, químicas o biológicas, las cuales tienen lugar desde el momento del muestreo al comienzo del análisis. La naturaleza y la velocidad de estas reacciones son tales que, si no se toman precauciones antes y durante el transporte, así como durante el tiempo en el cual las muestras son conservadas en el laboratorio antes del análisis, las concentraciones determinadas en el laboratorio serán diferentes a las existentes en el momento del muestreo. 3.2 Principalmente en casos de duda, se debe consultar al analista y/o al especialista que interpretará los resultados, antes de decidir sobre el método preciso de conservación y manipulación. 3.3 Las causas de variación son numerosas, algunas de ellas son las siguientes: a) Las bacterias, algas y otros microorganismos pueden consumir ciertos elementos presentes en la muestra; pueden modificar la naturaleza de los constituyentes para producir nuevos. Esta actividad biológica afecta, por ejemplo: al contenido de oxígeno disuelto, al dióxido de carbono, a los compuestos de nitrógeno, fósforo y algunas veces al silicio. b) Ciertos compuestos pueden ser oxidados por el oxígeno disuelto contenido en las muestras o por el oxígeno atmosférico, por ejemplo: compuestos orgánicos, hierro (II), sulfuros, etc. c) Ciertas sustancias pueden precipitar, por ejemplo: calcio, carbonatos, metales y compuestos metálicos como: hidróxido de aluminio, $Al(OH)_3$, fosfato de magnesio $Mg_3(PO_4)_2$; o perderse en la fase gaseosa (por ejemplo: oxígeno, cloruro, mercurio). d) El pH, la conductividad, el contenido de dióxido de carbono, etc., pueden modificarse por la absorción del dióxido de carbono del aire. e) Los metales disueltos o en estado coloidal así como ciertos compuestos orgánicos pueden ser absorbidos o adsorbidos irreversiblemente sobre la superficie de los recipientes o por los materiales sólidos contenidos en la muestra. f) Los productos polimerizados pueden despolimerizarse; lo contrario, los compuestos simples pueden polimerizarse. <i>(Continúa)</i> DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, muestras para el análisis, preservación, manejo, condiciones generales.		

análisis químico.

3.14.2.2 La adición de sustancias químicas a la muestra puede ser realizada para protección y conservación de la misma: protección de estructuras morfológicas y conservación de la materia orgánica susceptible a degradación química o bioquímica.

3.14.2.3 Los conservantes, por definición, son tóxicos y su adición puede conducir a la muerte de los organismos vivos presentes en la muestra. Previo a la muerte, la irritación puede causar que los microorganismos más sensibles (con paredes celulares débiles) colapsen antes de la protección de sus estructuras morfológicas.

3.14.2.4 Se deben considerar los siguientes criterios para la conservación de las muestras para análisis biológicos:

- a) El efecto de los conservantes en cuanto a la pérdida de microorganismos debe ser conocido de antemano;
- b) Los conservantes deben prevenir la degradación biológica de materia orgánica, al menos durante el periodo de almacenamiento;
- c) Los conservantes debe permitir que los grupos taxonómicos puedan ser estudiados durante el periodo de almacenamiento de las muestras.

3.14.3 Preparación de recipientes

3.14.3.1 Recipientes de muestras para análisis químicos

- a) Para el análisis de trazas de constituyentes químicos, de agua superficial o residual, es necesario lavar los recipientes nuevos con el fin de minimizar la contaminación de la muestra; el tipo de limpiador usado y el material del recipiente varían de acuerdo a los constituyentes a ser analizados, por ejemplo detergentes que contengan fosfatos causan contaminación residual cuando se va a analizar nutrientes.
- b) El recipiente nuevo de vidrio, se debe lavar con agua y detergente para retirar el polvo y los residuos del material de empaque, seguido de un enjuague con agua destilada o desionizada.
- c) Para el análisis de trazas, los recipientes se deben llenar con una solución 1 M de ácido clorhídrico o de ácido nítrico y dejarlos en contacto por un día, luego enjuagar completamente con agua destilada o desionizada.
- d) Para la determinación de fosfatos, sílice, boro y agentes surfactantes no se deben usar detergentes en la limpieza de los recipientes.
- e) Para el análisis de trazas de materia orgánica puede ser necesario un pretratamiento especial de las botellas (ver 3.14.3.2).

3.14.3.2 Recipientes de muestras para determinación de pesticidas, herbicidas y sus residuos

- a) Se deben usar recipientes de vidrio (preferiblemente ámbar), debido a que los plásticos, excepto el politetrafluoroetileno (PTFE), pueden introducir interferencias que son significativas en el análisis de trazas.

4. INSPECCIÓN

4.1 Muestreo

4.1.1 Llenado del recipiente

4.1.1.1 En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se convierten a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tiende a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).

4.1.1.2 Los recipientes cuyas muestras se van a congelar como método de conservación, no se deben llenar completamente.

4.1.2 Refrigeración y congelación de las muestras

4.1.2.1 Las muestras se deben guardar a temperaturas más bajas que la temperatura a la cual se recolectó. Los recipientes se deben llenar casi pero no completamente.

4.1.2.2 La refrigeración o congelación de las muestras es efectiva si se la realiza inmediatamente luego de la recolección de la muestra. Se debe usar, cajas térmicas o refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo.

4.1.2.3 El simple enfriamiento (en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C) y el almacenamiento en un lugar oscuro, en muchos casos, es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio y por un corto período de tiempo antes del análisis. El enfriamiento no se debe considerar como un método de almacenamiento para largo tiempo, especialmente en el caso de las aguas residuales domésticas y de las aguas residuales industriales (ver tabla 1).

4.1.2.4 El congelamiento a temperaturas de -20 °C permite un incremento en el período de almacenamiento, sin embargo, es necesario un control del proceso de congelación y descongelación a fin de retomar a la muestra a su estado de equilibrio inicial luego del descongelamiento. En este caso, se recomienda el uso de recipientes de plástico (policloruro de vinilo o polietileno). Los recipientes de vidrio no son adecuados para el congelamiento.

4.1.3 Filtración y centrifugación de muestras

4.1.3.1 La materia en suspensión, los sedimentos, las algas y otros microorganismos deben ser removidos en el momento de tomar la muestra o inmediatamente después por filtración a través de papel filtro, membrana filtrante o por centrifugación. La filtración no es aplicable si el filtro es capaz de retener unos o más de los componentes a ser analizados. También es necesario que el filtro no

Anexo 3. Análisis del agua residual generada por el lavado de vehículos



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL C.A. Ltda.
AREA QUIMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 33879-02-28-01-20-Q

Datos del Cliente			
Cliente:	JEAN POOL SOLORZANO		
Representante:	Diego Tatur		
Dirección:	El Camen		
Teléfono:	25283035		

Datos del Item de Ensayo			
Identificación de la Muestra:	AGUA DEL PROCESO DE LAVADO		
Descripción de la Muestra:	Líquido turbio café		
Contenido declarado:	2 L	No. Lote o código:	ND
Conservación de la Muestra:	Ambiente	Fecha de elaboración:	ND
		Fecha de caducidad:	ND

Datos de Muestreo, Recepción y Análisis			
Tema de muestra / Muestreo:	Por el cliente	Fecha de muestreo:	ND
	Los resultados se aplican a la muestra tal cual como se recibió	Fecha de recepción:	2020-01-28
		Fecha de ensayo:	2020-01-28/02-03
		Fecha de reporte:	2020-02-11

Resultados analíticos: Pag.: 1 de 1

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	% Lim Mix Permitido
Aceites y Grasas	POE: 7.2.50 EPA 1884A	mg/L	183 ± 12	Hasta 70 mg/L
pH	POE: 7.2.14 SM 4500-H	Unidades de pH	7.06 ± 0.11 8.20	8-9 Unidades
TPH	POE: 7.2.49 EPA 8015	mg/L	0.51 ± 0.03	<20 mg/L
Demanda Bioquímica	POE: 7.2.53 SM 5210	mg/L	100 ± 2	Hasta 250 mg/L
Demanda Química	POE: 7.2.37 SM 5220	mg/L	232 ± 3	Hasta 500 mg/L
Sólidos totales suspendidos	POE: 7.2.36 SM 2540-D	mg/L	68 ± 3	Hasta 220 mg/L
Sólidos Totales	POE: 7.2.35 SM 2540-B	mg/L	704 ± 16	Hasta 1000 mg/L

POE: Procedimiento Interno SM Standard Method APHA (Método de Referencia)

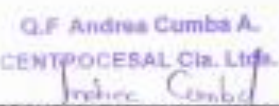
* Tabla B Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público, TULSUMA

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 12-801

Los resultados enmarcados con (*) NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE


Ing. Carlos Costa
 RESPONSABLE DE ANALISIS


CENTROCESAL C.A. Ltda.


Q.F. Andrea Cumba A.
CENTROCESAL C.A. Ltda.
 RESPONSABLE DE SUPERVISION

Notas:

ND: No detectado NA: No aplica

NOTA 1: Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas de este reporte.

NOTA 2: Los ensayos son realizados a temperatura ambiente excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales de temperatura y humedad no influyen en este análisis.

NOTA 3: Muestras recibidas en el laboratorio e información de las mismas proporcionada por el cliente. CENTROCESAL C.A. Ltda. se responsabiliza únicamente de los análisis.

NOTA 4: La declaración sobre la incertidumbre de medición, se puede solicitar al laboratorio y será informada cuando el cliente lo requiera o cuando afecte a los límites de una especificación.

NOTA 5: El tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio corresponde a perecibles: 48 horas y no perecibles: 20 días desde la entrega del resultado.

NOTA 6: Todas las actividades son realizadas en las instalaciones del laboratorio excepto donde se especifique.

NOTA 7: La declaración de conformidad está dada de acuerdo a la guía ISO 9004

NOTA 8: Los datos suministrados por cliente y los requisitos de recepción de item de ensayo que afectan a la validez de los resultados serán declarados en observaciones.

NOTA 9: Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecte a la validez resultados, es exclusiva responsabilidad de quienes las emiten y no representa responsabilidad para CENTROCESAL.

Env: POE7.6.7 Rev.02 Anexo 1

Este informe no podrá ser reproducido, parcial o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio

Av. América 731 232 y Av. Mariana de Jesús
 Telfs: (502) 21326342 / 2250762 Fax: Ext. 152 Celular: 699646679
 e-mail: info@centrocesal.com / www.centrocesal.com
 QUITO - ECUADOR

Anexo 4. Toma de muestra del agua residual generada por el lavado de vehículos



Anexo 5. Descarga de efluente al sistema de alcantarillado según la Norma de calidad ambiental y de descarga del recurso agua TULSMA

5.2.3 Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado

5.2.3.1 Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas. Las descargas tratadas deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 9.

5.2.3.2 Las descargas líquidas provenientes de sistemas de potabilización de agua no deberán disponerse en sistemas de alcantarillado, a menos que exista capacidad de recepción en la planta de tratamiento de aguas residuales, ya sea en funcionamiento o proyectadas en los planes maestros o programas de control de la contaminación, en implementación. En cuyo caso se deberá contar con la autorización de la Autoridad Ambiental Nacional o la Autoridad Ambiental competente que corresponda.

5.2.3.3 Cuando los sujetos de control, aún cumpliendo con las normas de descarga, contribuyan con una concentración que afecte a la planta de tratamiento, la Entidad Prestadora de Servicio podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos que deberán realizar para justificar esta decisión.

5.2.3.4 Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado sanitario, combinado o pluvial cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
- b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, aceites minerales usados, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
- e) Cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno y sustancias tóxicas.

5.2.3.5 La EPS podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la presente norma.

La EPS deberá cumplir con los parámetros de descarga hacia un cuerpo de agua, establecidos en esta Norma.

TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables.	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables		ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220,0
Sólidos totales		mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetradoruro de carbono	Tetradoruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

Anexo 6. Selección del motorreductor



Motor Power P_s [hp]	Output Speed n_2 [rpm]	Output Torque T_2 [lb-in]	Service Factor f_s	AGMA Class	Gear Ratio i_{ux}	Standard Bearings		Heavy Duty Bearings (VL)		Model Type 	Weight  [lb]	Dim. Page
1.5	470	201	0.9	*	3.70	238	467	661	634	SK 071.1 - 90 SP4	38	138
	646	146	1.4	II	2.69	221	436	588	595			
	1459	65	3.4	II	1.19	175	297	604	475			
	1620	58	3.6	II	1.07	169	284	586	461			
1.5	363	261	1.2	I	4.80	444	713	1111	1217	SK 171.1 - 90 SP4	40	143
	503	188	2.1	II	3.46	405	667	1030	1122			
	835	113	4.1	II	2.08	351	554	1118	991			
	889	106	4.2	II	1.96	340	526	1118	956			
	1508	63	5.4	II	1.15	290	425	1045	826			
	1620	58	5.5	II	1.07	283	414	1023	809			
1.5	153	619	1.2	I	11.39	629	877	-	-	SK 172.1 - 90 SP4	42	146
	178	532	1.4	II	9.79	629	877	-	-			
	199	474	1.6	II	8.72	629	877	-	-			
	222	426	1.7	II	7.83	629	877	-	-			
	240	385	1.9	II	7.08	629	877	-	-			
	270	350	2.1	II	6.43	629	877	-	-			
	302	313	2.2	II	5.77	629	877	-	-			
	339	279	2.6	II	5.14	629	877	-	-			
	377	251	2.5	II	4.62	629	877	-	-			
	417	227	2.5	II	4.17	629	877	-	-			
	459	206	2.5	II	3.79	629	877	-	-			
	540	175	2.7	II	3.22	629	877	-	-			
	596	159	2.8	II	2.92	629	869	-	-			
	640	148	2.8	II	2.72	629	843	-	-			
1.5	699	135	2.8	II	2.49	625	809	-	-	SK 371.1 - 90 SP4	43	149
	751	126	3.0	II	2.32	613	785	-	-			
	242	391	0.8	*	7.20	745	997	1612	1876			
	316	299	1.5	II	5.50	690	944	1613	1755			
	395	239	2.3	II	4.40	646	899	1614	1657			
	561	168	4.1	II	3.10	581	827	1614	1512			
	638	148	5.0	II	2.73	559	798	1614	1461			
	708	134	5.5	II	2.46	542	762	1614	1420			
	870	109	6.5	II	2.00	508	694	1614	1341			
	994	95	6.9	II	1.75	487	654	1614	1291			
1.5	1131	84	7.1	II	1.54	467	619	1562	1245	SK 372.1 - 90 SP4	49	152
	1347	70	7.4	II	1.29	442	575	1484	1184			
	1560	61	7.7	II	1.12	421	541	1421	1135			
	51	1839	0.9	*	33.84	829	2360	1658	2293			
	58	1636	1.0	I	30.11	864	2360	1692	2293			
	67	1404	1.2	I	25.85	941	2360	1725	2293			
	76	1250	1.4	II	23.00	956	2360	1744	2293			
	84	1121	1.5	II	20.62	963	2360	1756	2293			
	95	1000	1.8	II	18.40	996	2360	1705	2293			
	105	896	1.9	II	16.50	994	2360	1652	2293			
	119	792	2.1	II	14.57	1022	2360	1600	2293			

Anexo 7. Perfil estructural seleccionado

Tamaño y grosor	Masa por metro	Área	Eje x-x				Eje y-y				Eje z-z
			I	S	r	y	I	S	r	x	r
mm	kg	mm ²	10 ⁶ mm ⁴	10 ⁶ mm ³	mm	mm	10 ⁶ mm ⁴	10 ⁶ mm ³	mm	mm	mm
L203 × 203 × 25.4	75.9	9 680	36.9	258	61.7	60.1	36.9	258	61.7	60.1	39.6
L203 × 203 × 19.0	57.9	7 380	28.9	199	62.6	57.8	28.9	199	62.6	57.8	40.1
L203 × 203 × 12.7	39.3	5 000	20.2	137	63.6	55.5	20.2	137	63.6	55.5	40.4
L152 × 152 × 25.4	55.7	7 100	14.6	139	45.3	47.2	14.6	139	45.3	47.2	29.7
L152 × 152 × 19.0	42.7	5 440	11.6	108	46.2	45.0	11.6	108	46.2	45.0	29.7
L152 × 152 × 12.7	29.2	3 710	8.22	75.1	47.1	42.7	8.22	75.1	47.1	42.7	30.0
L152 × 152 × 9.5	22.2	2 810	6.35	57.4	47.5	41.5	6.35	57.4	47.5	41.5	30.2
L127 × 127 × 19.0	35.1	4 480	6.54	73.9	38.2	38.7	6.54	73.9	38.2	38.7	24.8
L127 × 127 × 12.7	24.1	3 060	4.68	51.7	39.1	36.4	4.68	51.7	39.1	36.4	25.0
L127 × 127 × 9.5	18.3	2 330	3.64	39.7	39.5	35.3	3.64	39.7	39.5	35.3	25.1
L102 × 102 × 19.0	27.5	3 510	3.23	46.4	30.3	32.4	3.23	46.4	30.3	32.4	19.8
L102 × 102 × 12.7	19.0	2 420	2.34	32.6	31.1	30.2	2.34	32.6	31.1	30.2	19.9
L102 × 102 × 9.5	14.6	1 840	1.84	25.3	31.6	29.0	1.84	25.3	31.6	29.0	20.0
L102 × 102 × 6.4	9.8	1 250	1.28	17.3	32.0	27.9	1.28	17.3	32.0	27.9	20.2
L89 × 89 × 12.7	16.5	2 100	1.52	24.5	26.9	26.9	1.52	24.5	26.9	26.9	17.3
L89 × 89 × 9.5	12.6	1 600	1.20	19.0	27.4	25.8	1.20	19.0	27.4	25.8	17.4
L89 × 89 × 6.4	8.6	1 090	0.840	13.0	27.8	24.6	0.840	13.0	27.8	24.6	17.6
L76 × 76 × 12.7	14.0	1 770	0.915	17.5	22.7	23.6	0.915	17.5	22.7	23.6	14.8
L76 × 76 × 9.5	10.7	1 360	0.726	13.6	23.1	22.5	0.726	13.6	23.1	22.5	14.9
L76 × 76 × 6.4	7.3	927	0.514	9.39	23.5	21.3	0.514	9.39	23.5	21.3	15.0
L64 × 64 × 12.7	11.5	1 450	0.524	12.1	19.0	20.6	0.524	12.1	19.0	20.6	12.4
L64 × 64 × 9.5	8.8	1 120	0.420	9.46	19.4	19.5	0.420	9.46	19.4	19.5	12.4
L64 × 64 × 6.4	6.1	766	0.300	6.59	19.8	18.2	0.300	6.59	19.8	18.2	12.5
L51 × 51 × 9.5	7.0	877	0.202	5.82	15.2	16.2	0.202	5.82	15.2	16.2	9.88
L51 × 51 × 6.4	4.7	605	0.146	4.00	15.6	15.1	0.146	4.00	15.6	15.1	9.93
L51 × 51 × 3.2	2.5	312	0.080	2.16	16.0	13.9	0.080	2.16	16.0	13.9	10.1

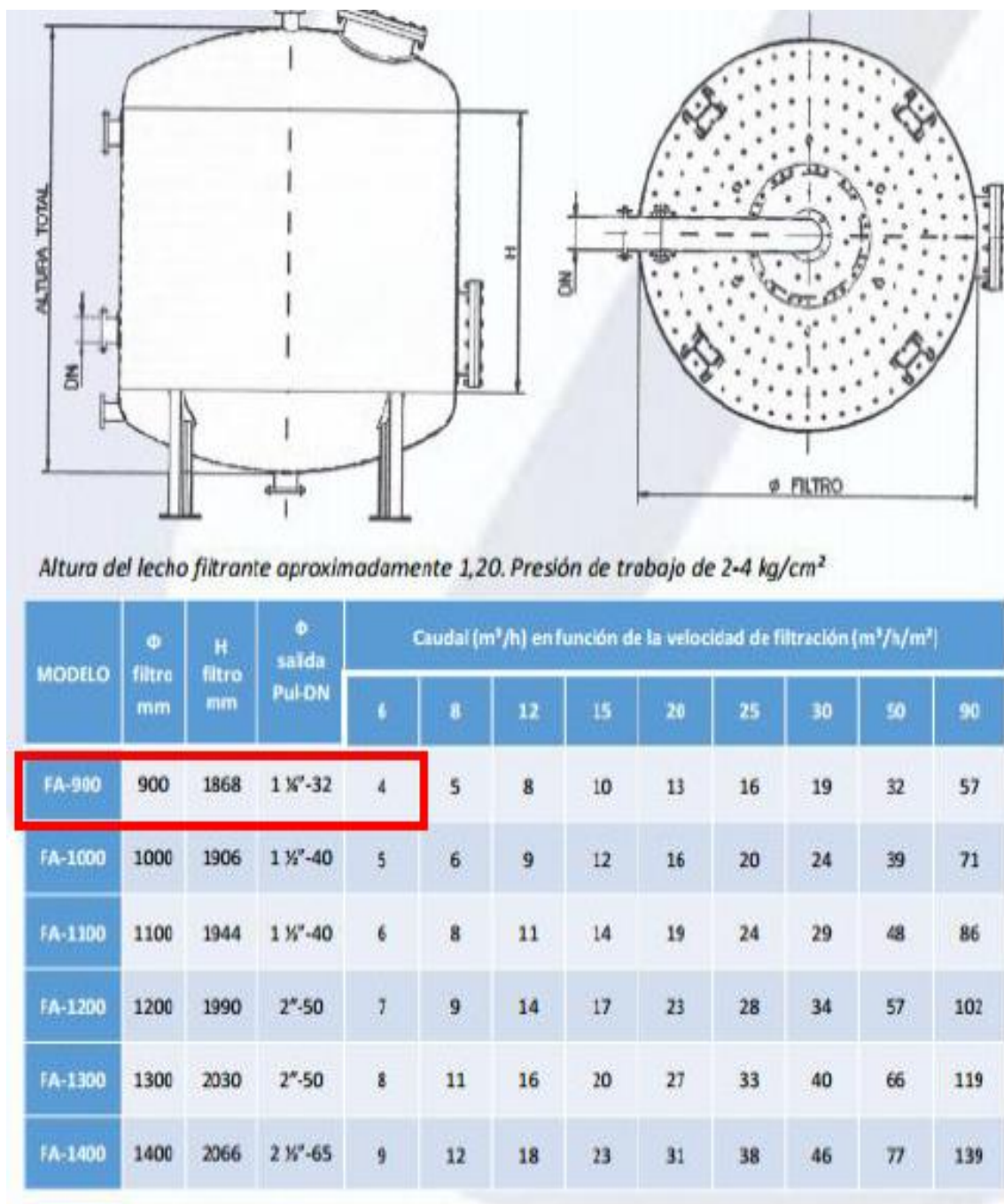
Fuente: Mecánica de materiales, HIBBELER R.C.

Anexo 8. Perfil estructural circular

PERFIL CIRCULAR														
DIÁMETRO			ESPESOR E (mm)	PESO P		ÁREA cm²	FLEXIÓN			MÓDULO PLÁSTICO Z cm³	TORSIÓN		UNIDAD DE EMPAQUE	
NOMINAL PULG.	EXT. d (pulg.)	EXT. d (cm)		INTERIOR d INT (cm)	PARED E (mm)		NEGRO (kg/m)	GALV. (kg/m)	MOMENTO INERCIA - I cm⁴		MÓDULO SECCIÓN - S cm³	RADIO DE GIRO - r cm		MOMENTO INERCIA - J cm⁴
1/2	0,84	2,13	1,83	1,50	0,73	0,75	0,93	0,46	0,43	0,70	0,39	0,92	0,66	37
3/4	1,05	2,67	2,27	2,00	1,22	1,27	1,55	1,19	0,89	0,88	1,22	2,38	1,78	37
1	1,30	3,29	2,79	2,50	1,88	1,95	2,39	2,78	1,69	1,08	2,32	5,56	3,38	37
	1,30	3,29	2,69	3,00	2,21	2,3	2,82	3,19	1,94	1,06	2,69	6,37	3,67	
1 1/4	1,66	4,22	3,72	2,50	2,45	2,55	3,12	6,17	2,92	1,41	3,95	12,33	5,85	19
	1,66	4,22	3,62	3,00	2,90	2,96	3,70	7,16	3,39	1,39	4,63	14,32	6,78	
1 1/2	1,90	4,83	4,53	1,50	1,73	1,86	2,20	6,03	2,50	1,66	3,28	12,06	5,00	
	1,90	4,83	4,43	2,00	2,28	2,45	2,91	7,81	3,23	1,64	4,29	15,62	6,47	19
2	1,90	4,83	4,33	2,50	2,82	2,91	3,60	9,46	3,92	1,62	5,25	18,92	7,83	
	1,90	4,83	4,23	3,00	3,35	3,42	4,27	10,97	4,55	1,60	6,15	21,94	9,09	
2 1/2	2,36	5,99	5,59	2,00	2,86	3,07	3,64	15,29	5,10	2,05	6,72	30,59	10,21	
	2,36	5,99	5,49	2,50	3,54	3,69	4,51	18,64	6,22	2,03	8,25	37,28	12,44	19
3	2,36	5,99	5,39	3,00	4,21	4,3	5,36	21,76	7,27	2,01	9,72	43,53	14,53	
	2,85	6,93	6,53	2,00	3,82	4,02	4,73	27,03	8,81	2,03	12,63	58,13	18,18	
3 1/2	2,85	7,24	6,84	2,00	3,47	3,73	4,42	27,41	7,57	2,49	9,91	54,83	15,15	
	2,85	7,24	6,74	2,50	4,31	4,49	5,49	33,56	9,27	2,47	12,22	67,12	18,54	7
4	2,85	7,24	6,64	3,00	5,13	5,24	6,54	39,44	10,90	2,46	14,45	78,87	21,79	
	2,85	7,24	6,44	4,00	6,75	6,92	8,59	50,42	13,93	2,42	18,73	100,83	27,86	
5	3,50	8,89	8,49	2,00	4,29	4,57	5,46	51,57	11,60	3,07	15,11	103,14	23,20	
	3,50	8,89	8,39	2,50	5,33	5,51	6,79	63,37	14,26	3,06	18,67	126,75	28,51	
6	3,50	8,89	8,29	3,00	6,36	6,44	8,10	74,76	16,82	3,04	22,15	149,53	33,64	7
	3,50	8,89	8,09	4,00	8,38	8,52	10,67	96,34	21,67	3,00	28,85	192,68	43,35	
7	3,50	8,89	7,69	6,00	12,27		15,63	134,94	30,36	2,94	41,31	269,88	60,72	

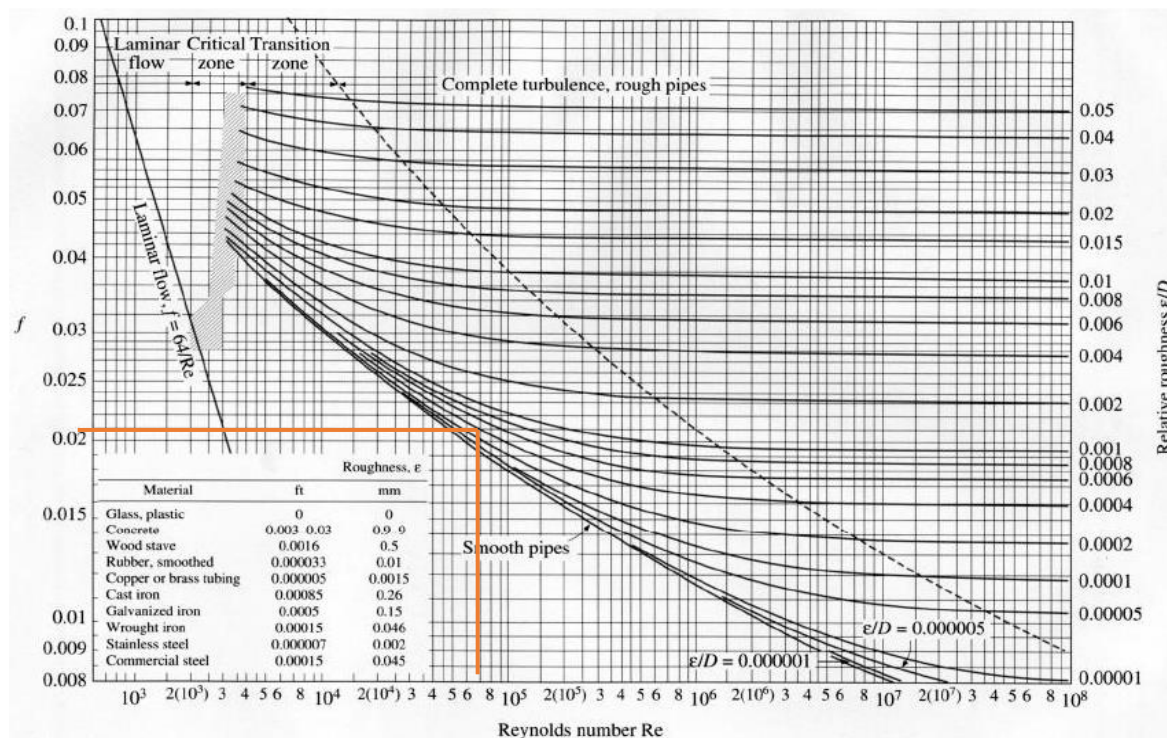
Fuente: NOVACERO

Anexo 9. Característica del filtro seleccionado



Fuente: Hidrometálica

Anexo 10. Diagrama de Moody



Fuente: Mecánica de fluidos. Robert Mott

Anexo 11. Tuberías de presión

Tuberías Presión PAVCO

RDE 9 PVC
Presión de Trabajo a 23°C: 500 PSI

RDE 11 PVC
Presión de Trabajo a 23°C: 400 PSI

RDE 13.5 PVC
Presión de Trabajo a 23°C: 315 PSI

RDE 21 PVC
Presión de Trabajo a 23°C: 200 PSI

RDE 26 PVC
Presión de Trabajo a 23°C: 160 PSI

RDE 32.5 PVC
Presión de Trabajo a 23°C: 125 PSI

Diámetro Nominal		Referencia	Peso	Diámetro Exterior Promedio		Espesor de Pared Mínimo		Diámetro Interior Promedio
mm	ulg.			mm	ulg.	mm	ulg.	
21	1/2	2900260	218	21.34	6.84	2.37	0.09	16.90
26	3/4	2900210	394	26.67	1.05	2.43	0.09	21.81
21	1/2	2900449	157	21.34	6.84	1.58	0.06	18.18
33	1	2900213	364	33.40	1.21	2.46	0.09	28.48
26	3/4	2900227	189	26.7	1.05	1.52	0.06	23.63
33	1	2900220	252	33.4	1.21	1.60	0.06	30.20
42	1 1/4	2900225	395	42.2	1.66	2.61	0.08	38.14
48	1 1/2	2900450	514	48.3	1.90	2.29	0.09	43.66
60	2	2900453	811	60.3	2.37	2.67	0.11	54.58
73	2 1/2	2900230	1185	73.6	2.67	3.48	0.14	66.07
88	3	2900233	1781	88.9	3.50	4.34	0.17	80.42
114	4	2900240	2904	114.3	4.50	5.44	0.21	103.42
168	6	2904616	5335	168.3	6.62	8.63	0.32	152.22
60	2	2900246	955	60.3	2.37	2.31	0.09	55.71
73	2 1/2	2900248	964	73.6	2.67	2.79	0.11	67.45
88	3	2900251	1438	88.9	3.50	3.43	0.13	82.04
114	4	2900254	2376	114.3	4.50	4.39	0.17	105.52
168	6	2904617	4759	168.3	6.62	8.48	0.25	155.32
88	3	2900256	1157	88.9	3.50	2.74	0.11	83.42
114	4	2900258	1904	114.3	4.50	3.51	0.14	107.28

Fuente: PAVCO

Anexo 12. Cotizaciones de los equipos que intervienen en el sistema



BOMBA PEDROLLO CPM 170 1,5HP
220V
~~\$335.000~~ **\$285.000 + IVA**

BOMBA PEDROLLO CPM 170 1,5HP 220V Caudal hasta 160 l/min. - Altura manométrica hasta 58 mts. - Aspiración manométrica hasta 7 mts. - Temperatura máxima del agua hasta 90° C. - Impulsor acero inox AISI 304. - Sellos de grafito cerámico. - Cuerpo de bomba en hierro fundido. - Eje de motor en acero inoxidable. - Aislamiento Clase F. - Protección IPX4. - Protector térmico incorporado (en equipos monofásicos). - Versiones hasta 1,5 HP - Clase IE2 - Versiones desde 3 HP - Clase IE3



Nuevo

Bomba Dosificadora Grundfos Dde Para Productos Químicos

U\$S 539⁴⁷

👤 Pago a acordar con el vendedor
Acepta depósito bancario, efectivo.
[Más información](#)

👤 Entrega a acordar con el vendedor
Quito, Pichincha (Quito)
[Ver costos de envío](#)

Cantidad: 1 Unidad ▾ (999 disponibles)



BOYA NIVEL AGUAS RESIDUALES AKO 53124 10 MTS

- Para **aguas residuales**
- Sistema sencillo para controlar el nivel de agua
- Longitud del cable **10 mts.**

66,89 \$



BOYA NIVEL AGUAS LIMPIAS 3 MTS ICH10A

- con 3 metros de cable
- **AGUAS LIMPIAS**

12,21 \$

Valor total
\$ 5.70

Deposits: 120 litres

DEPÓSITOS DISOLUCIÓN GRADUADOS

- Depositos cilíndricos con tapa roscada.
- Boca roscada inspección de 150 mm.
- Construidos en polipropileno traslúcido o negro.

CÓDIGO	COLOR	VOLUMEN (l)	ALTURA (mm)	DIÁMETRO (mm)	PESO	PVP
2150030150	TRANSLÚCIDO	70	460	460	4	50,00 \$
2150030151	TRANSLÚCIDO	125	870	460	6	55,00 \$
2150030152	TRANSLÚCIDO	250	790	675	8	63,00 \$
2150030153	TRANSLÚCIDO	200	860	600		69,00 \$
2150030154	TRANSLÚCIDO	350	1.070	675	12	75,00 \$



Tanque De Almacenamiento De Agua 5.000 Litros | Industrial

DESCRIPCIÓN GENERAL

Los tanques de agua Rotoplás® son fabricados con un alto estándar de calidad y tecnología los cuales aseguran mantener el agua limpia dentro del tanque, haciéndolo el sistema de almacenamiento de agua más confiable. Su sistema Tricapa™ único en el mercado, compuesto por una capa externa de polietileno de alta resistencia, una capa intermedia RotoEspumosa y una capa interna AB

Ferreteria "METALURGICA"		PROFORMA	
GONZAGA RIOS JUANITA HERADIA R.U.C. 1102919774001		001-001	
Dirección: Urb. Bella Vista, Av. Chone # 1714 y Casa Umifa. Telf: 2660-253 Fax: 2660-812 El Carmen - Manabí		0000803	
SERIE (S)	JEANPOOL SONORIANO	R.U.C./C.I. B01521813	
FECHA DE EMISION:	12-MARZO-2020	CODIGO DE REMISION:	
DIRECCION:		TELEFONO:	
CANT.	DETALLE	V. UNIT.	V. TOTAL
1	TANQUE 5000 LTS		870 =
10	TUBOS PVC P80x2		280 =
2	KALVIAS COMPUESTA 2"		14 =
Son:		SUBTOTAL	
		DESCUENTO	
		IVA %	
		IVA 0%	

Anexo 13. Reglamento interno de manejo de los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y drenaje pluvial en el cantón El Carmen

**ANEXO II INFRACCIONES Y
SANCIONES A LOS USUARIOS**

DESCRIPCIÓN	VALOR DE LA SANCIÓN
1. Uso de conexión clandestina o cambio de diámetro no autorizado.	a) 10 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es igual a 0 1/2" y su consumo registrado mensual es hasta 30 metros cúbicos. b) 20 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es igual a 0 1/2" y su consumo registrado mensual es superior a 30 metros cúbicos. c) 30 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es entre 3/4" y 1.5". d) 50 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es mayor a 1.5". Esto sin perjuicio de lo previsto en el artículo 20 del Reglamento de Servicios.
2. Cambio o retiro de medidor no autorizado.	a) 10 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es igual a 0 1/2" y su consumo registrado mensual es hasta 30 metros cúbicos. b) 20 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es igual a 0 1/2" y su consumo registrado mensual es superior a 30 metros cúbicos. c) 30 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es entre 3/4" y 1.5". d) 50 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es mayor a 1.5".
3. Violación del sello de seguridad del medidor de agua potable o del precinto de seguridad, o uso de dispositivos que alteren el registro del medidor o que tendan a evitar el registro de consumo.	a) 10 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es igual a 0 1/2" y su consumo registrado mensual es hasta 30 metros cúbicos. b) 20 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es igual a 0 1/2" y su consumo registrado mensual es superior a 30 metros cúbicos. c) 30 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es entre 3/4" y 1.5". d) 50 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es mayor a 1.5".
4. Daños en el medidor instalable al cliente.	a) 10 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es igual a 0 1/2" y su consumo registrado mensual es hasta 30 metros cúbicos. b) 20 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es igual a 0 1/2" y su consumo registrado mensual es superior a 30 metros cúbicos. c) 30 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es entre 3/4" y 1.5". d) 50 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es mayor a 1.5".
5. Conexión directa de agua potable mediante bombas u otros dispositivos, cuando esta presión y caudal adecuados.	a) 10 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es igual a 0 1/2" y su consumo registrado mensual es hasta 30 metros cúbicos. b) 20 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es igual a 0 1/2" y su consumo registrado mensual es superior a 30 metros cúbicos. c) 30 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es entre 3/4" y 1.5". d) 50 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es mayor a 1.5".
6. Igual reconexión del servicio de agua potable.	a) 10 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es igual a 0 1/2" y su consumo registrado mensual es hasta 30 metros cúbicos. b) 20 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es igual a 0 1/2" y su consumo registrado mensual es superior a 30 metros cúbicos. c) 30 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es entre 3/4" y 1.5". d) 50 veces el valor del cargo fijo, si la conexión encontrada es mayor a 1.5".
7. Evacuación de aguas servidas en sectores no autorizados.	a) En caso de asuero: 20 veces el cargo fijo; y, b) Autoproveído: 20 veces el cargo fijo de la categoría máxima.
8. Evacuación a las alcantarillas de sustancias, líquidos y desechos tóxicos o peligrosos.	a) En caso de asuero: 50 veces el cargo fijo; y, b) Autoproveído: 50 veces el cargo fijo de la categoría máxima.

Fuente: EPMAPAS-J

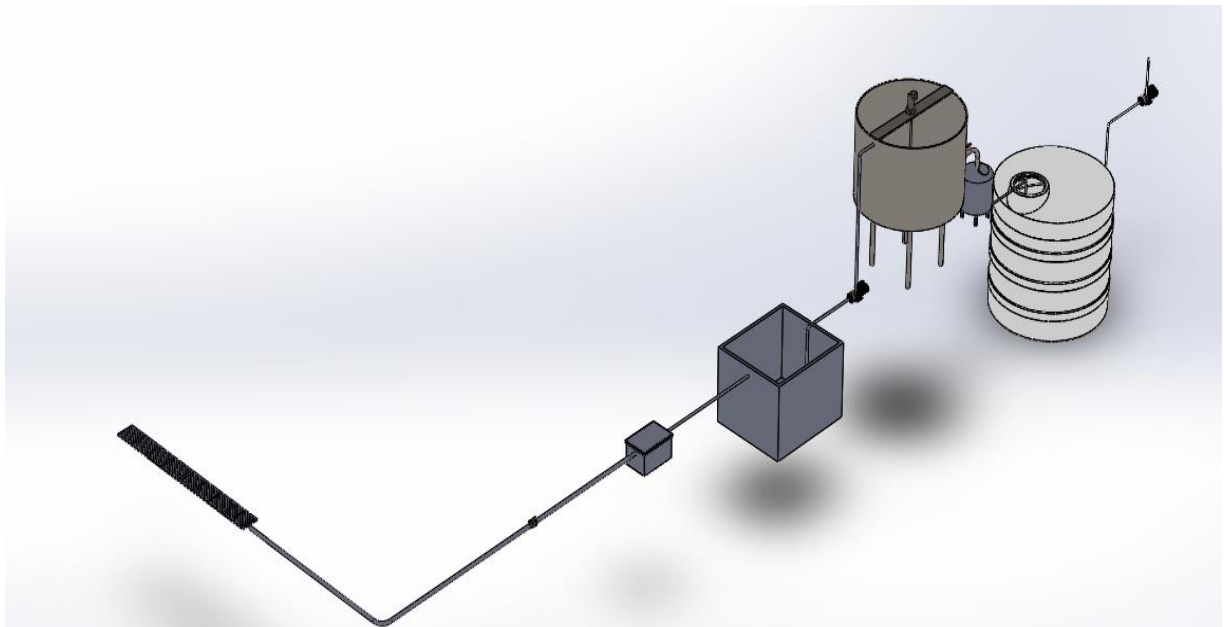
Anexo 14. Selección de la bomba de inyección de floculador.

Concept	Capacidad máxima a contrapresión máxima			Frecuencia del stroke	Diametros de conexión	Distancia de succión
Tipo Bomba	Presión psi	Capacidad máx. l/h	ml/ stroke	strokes/ minuto	mm	mWG
CONb 1601	232	1,0	0,14	120	6 x 4	6
CONb 1602	232	1,5	0,14	180	6 x 4	6
CONb 1201	174	1,7	0,24	120	6 x 4	6
CONb 1002	145	2,3	0,32	120	8 x 5	6
CONb 1203	174	2,5	0,24	180	6 x 4	6
CONb 0803	116	3,4	0,48	120	6 x 4	3
CONb 1003	145	3,4	0,31	180	8 x 5	6
CONb 0806	116	5,3	0,48	180	6 x 4	3
CONb 0308	44	7,8	1,08	120	8 x 5	6
CONb 0313	44	13,0	1,20	180	8 x 5	6
CONb 0215	29	14,8	2,05	120	12 x 9	1,5
CONb 0223	29	23,0	2,13	180	12 x 9	1,5

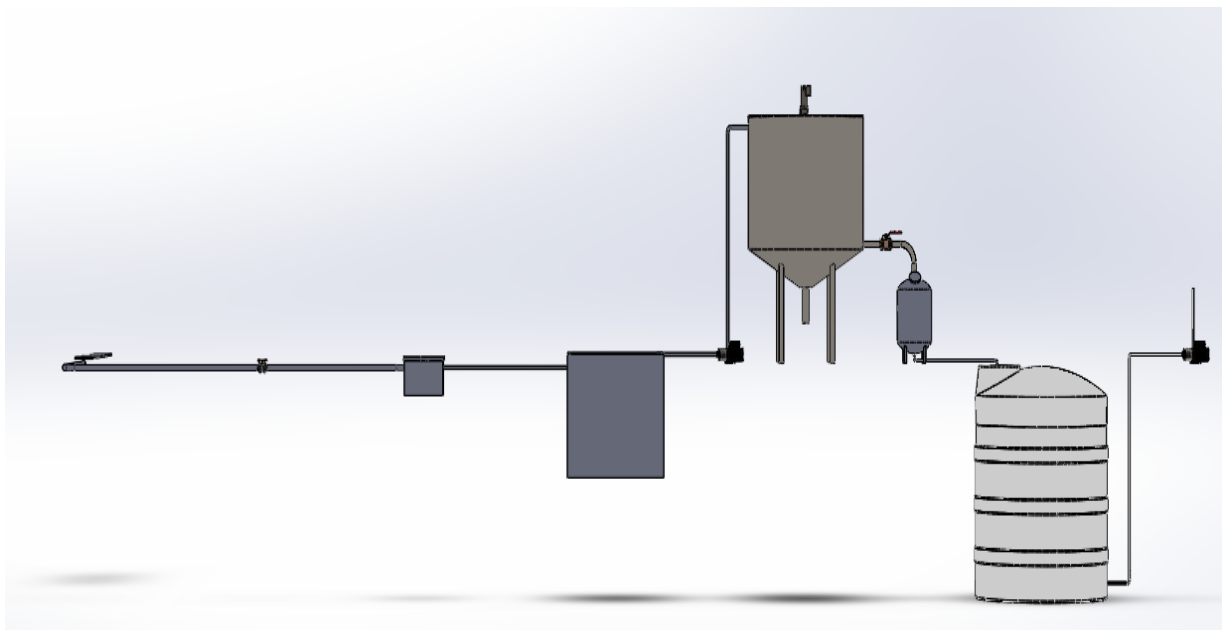
Anexo 15. Características de la bomba seleccionada para el sistema.

HOJA DATOS TECNICOS 50 Hz, 380 V. TECHNICAL DATA SHEET 50 Hz, 380 V. PAGE INFORMATION TECHNIQUE 50 Hz, 380 V.							
Tipo Bomba Pump Type Type Pompes	Potencia CV/Kw Power HP/Kw Puissance CV/Kw	Intensidad Nominal a 380V Nominal Current at 380V Intensité Nominale à 380V	Tensión Nominal Nominal Voltage Voltage Nominal	COS PHI COS PHI COS PHI	Rendimiento Motor Motor Efficiency Rendement Moteur	Peso Bomba Kgs. Pump Weight Kgs. Poids Pump Kgs.	Peso Zócalo Kgs. Anchoring base weight Kgs. Fondation fixe Kgs.
2C-65/145-1,5	1,5/1,1	4,8	220/380V	0,6	55%	34	30
2C-65/145-2	2/1,5	5,2	220/380V	0,75	60%	34	30
2C-65/145-3	3/2,2	6	220/380V	0,8	70%	36	30
2C-65/145-4	4/3	6,6	220/380V	0,86	79%	36	30
2C-65/170-5,5	5,5/4	9,3	220/380V	0,84	79%	91	30
2C-65/170-7,5	7,5/5,5	12,3	220/380V	0,85	80%	92	30
2C-80/145-3	3/2,2	6	220/380V	0,8	70%	45	43
2C-80/145-4	4/3	6,6	220/380V	0,86	79%	45	43
2C-80/145-5,5	5,5/4	9,3	220/380V	0,84	79%	84	43
2C-80/145-7,5	7,5/5,5	12,3	220/380V	0,85	80%	84	43
2C-80/220-10	10/7,5	17	380/660V	0,82	81%	146	56
2C-80/220-12,5	12,5/9,2	19	380/660V	0,87	84%	146	56
2C-80/220-15	15/11	25	380/660V	0,81	83%	163	56
2C-80/220-20	20/15	30	380/660V	0,88	85%	163	56
2C-80/220-25	25/18,5	40	380/660V	0,83	84%	166	56
2C-80/220-30	30/22	45	380/660V	0,88	85%	178	56

Anexo 16. Representación en 3D del sistema planteado mediante SolidWorks.



Vista Isométrica



Vista frontal