

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL SANTA FE



*“AUTOMATIZACION PROCESO DE MEZCLA DE
MATERIAS PRIMAS PARA FABRICACION DE
PINTURAS LATEX”*

Alumno: Maretto, Alexis Nicolás

Profesor: Ing. Esp. MONTI, Rubén.

Auxiliar: Ing. BENZI, Sebastián.

Director de Proyecto Final: Ing. AUDICIO, Abel

1	CAPITULO I – INTRODUCCION DEL PROYECTO	1-8
1.1	OBJETIVO GENERAL.....	1-8
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1-9
1.3	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1-9
1.4	SOLUCIÓN PLANTEADA	1-9
1.5	INGRESO DE POLVOS AL PROCESO	1-10
1.6	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	1-11
1.7	LAY OUT PRPUESTO	1-11
2	CAPÍTULO II - ESTUDIO DE PRODUCTO FINAL Y MATERIAS PRIMAS	2-13
2.1	PINTURA LÁTEX	2-13
2.2	MATERIAS PRIMAS INVOLUCRADAS.....	2-14
2.3	CONCEPTO DE ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS.....	2-15
3	CAPITULO III – MARCO TEORICO	3-15
3.1	CONCEPTO DE DISPERSIÓN DE ALTA VELOCIDAD.....	3-15
3.2	ELEMENTOS BÁSICOS INTERVINIENTES EN LA FABRICACIÓN DE PINTURAS ACRÍLICAS.....	3-16
3.3	CONCEPTO DE MEZCLA DE MATERIAS PRIMAS	3-18
3.4	ESTUDIO DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	3-19
3.5	PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN ADOPTADO	3-19
3.6	ESTUDIO DE TIEMPOS DE INCORPORACION DE MATERIAS PRIMAS LIQUIDA	3-20
3.7	FLOW SHEET ADOPTADO.....	3-20
3.8	PRESENTACION DE EQUIPOS	3-21
4	CAPITULO IV – SECTOR PRE MEZCLA	4-23
4.1	ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS EN RACK.....	4-23
4.1.1	<i>Concepto modularidad de rack.....</i>	4-26
4.1.2	<i>Procedimiento de fabricación</i>	4-28
4.1.3	<i>Estudio e hipótesis de cargas sobre la estructura.....</i>	4-29
4.1.4	<i>Características de materiales a utilizar.....</i>	4-30
4.1.5	<i>Estrategia de cálculo de estructura</i>	4-31
4.1.6	<i>Tramo horizontal unión de módulos (4)</i>	4-32
4.1.7	<i>Verificación de tensiones</i>	4-33
4.1.8	<i>Verificación de deformaciones.....</i>	4-33
4.1.9	<i>Factor de seguridad</i>	4-34
4.1.10	<i>Superficie exterior de apoyo IBC (1).....</i>	4-34
4.1.11	<i>Superficie de apoyo interior (2).....</i>	4-35
4.1.12	<i>Marco perimetral (3).....</i>	4-36
4.2	VERIFICACIÓN DE GARGANTAS CORDONES DE SOLDADURA:	4-38
4.2.1	<i>Apoyo horizontal unión de rack:.....</i>	4-40
4.2.2	<i>Apoyo exterior tanque IBC.....</i>	4-41
4.2.3	<i>Apoyo interior tanque IBC.....</i>	4-42
4.2.4	<i>Estudio de unión atornillada de módulos</i>	4-42
4.3	SISTEMAS DE BOMBEO DE MATERIAS PRIMAS.....	4-44
4.3.1	<i>Caso impulsado por bombas neumáticas</i>	4-44
4.4	CALCULO Y SELECCIÓN DE BOMBAS SECTOR PRE MEZCLA	4-45
4.4.1	<i>Concepto de altura equivalente.....</i>	4-45
4.4.2	<i>Concepto de selección bombas neumáticas</i>	4-46
4.4.3	<i>Bomba impulsora de materias primas a tanque de pre mezcla</i>	4-46
4.4.4	<i>Bomba impulsora de pre mezcla a tanques principales</i>	4-50
4.4.5	<i>Eficiencia de bomba impulsión de pre mezcla a tanque principal</i>	4-51
4.4.6	<i>Bomba impulsora de resina acrílica a tanques principales.....</i>	4-52
4.5	PIPING SECTOR PRE MEZCLA	4-53

4.5.1	Conducción de fluidos tolva pre mezcla a tanque principal.....	4-55
4.5.2	Trazado PIPING.....	4-57
4.5.3	Conexión sector pre mezcla y sector envasado.....	4-59
4.6	ESTRUCTURA SOPORTE DE BOMBAS IMPULSORAS SECTOR PRE MEZCLA.....	4-61
4.7	TOLVA DE PRE MEZCLA.....	4-62
4.7.1	Selección del material.....	4-62
4.7.2	Conclusión y justificación a favor del acero inoxidable AISI 304:.....	4-63
4.7.3	Función y Ubicación de las Válvulas Solenoides:.....	4-64
4.7.4	Selección de válvulas solenoides.....	4-64
4.7.5	Cálculo kv de válvulas solenoides.....	4-65
4.7.6	Detalles constructivos tolva de pre mezcla.....	4-66
4.8	AGITADOR INTEGRADO Y HOMOGENEIZACIÓN TOLVA PRE MEZCLA.....	4-67
4.8.1	Selección de hélice de agitación.....	4-68
4.8.2	Calculo de potencia del agitador.....	4-70
4.8.3	Selección de motor y reductor de velocidad.....	4-72
4.8.4	Selección de relación de transmisión.....	4-72
4.8.5	Verificación del eje de agitador.....	4-73
4.8.6	Columna de montaje sistema de agitación.....	4-74
4.8.7	Procedimiento de fabricación de columna.....	4-76
4.8.8	Selección de retenes.....	4-77
4.8.9	Necesidad de utilizar retenes.....	4-77
4.8.10	Estanqueidad Estática y Dinámica.....	4-77
4.8.11	Parámetros fundamentales para selección de reten.....	4-77
4.9	SELECCION DE RODAMIENTOS.....	4-79
4.9.1	Hipótesis de carga sobre la hélice.....	4-79
4.9.2	Condiciones de funcionamiento.....	4-81
4.9.3	Esfuerzos sobre los rodamientos.....	4-81
4.9.4	Integración sistema de pasaje en tolva de pre mezcla.....	4-83
4.9.5	Dimensionamiento de plataforma de pesaje tolva de pre mezcla.....	4-85
5	CAPITULO V – SECTOR DE ENVASADO.....	5-87
5.1	PLATAFORMA DE TRABAJO ELEVADA.....	5-87
5.1.1	Diseño plataforma elevada.....	5-89
5.1.2	Hipótesis de carga sobre plataforma.....	5-92
5.1.3	Verificación larguero principal.....	5-93
5.1.4	Calculo de tensiones.....	5-94
5.1.5	Calculo de desplazamientos:.....	5-95
5.1.6	Factor de seguridad:.....	5-96
5.1.7	Viga transversal apoyo de tanque-dispersor.....	5-96
5.1.8	Calculo de tensiones.....	5-97
5.1.9	Calculo de desplazamientos.....	5-98
5.1.10	Verificación a pandeo de columnas.....	5-98
5.1.11	Verificación por impacto sobre plataforma de trabajo.....	5-100
5.2	TANQUE DE DISPERSION.....	5-102
5.3	SISTEMA DE LIMPIEZA CIP.....	5-103
5.3.1	Secuencia de limpieza CIP de tanques dispersores.....	5-104
5.3.2	Selección de bocha de limpieza.....	5-105
5.3.3	Conducción de agua a tanque dispersores.....	5-106
5.4	DISEÑO Y VERIFICACION TANQUES DE DISPERSIÓN.....	5-106
5.4.1	Selección de cotas de construcción.....	5-106
5.4.2	Selección de fondo tanque de dispersión.....	5-106
5.4.3	Verificación estructural.....	5-107
5.4.4	Condiciones básicas de construcción.....	5-108

5.5	SELECCIÓN DE CELDAS DE CARGA PARA TANQUES DE DISPERSIÓN	5-109
5.5.1	<i>Dimensionamiento de celda carga tanques de dispersión</i>	<i>5-109</i>
5.6	DISEÑO DE TAPA DE ACCESO SUPERIOR TANQUES DE DISPERSIÓN	5-112
5.7	SELECCIÓN DE CUCHILLA DISPERSORA	5-112
5.7.1	<i>Ubicación de la cuchilla y selección de diámetro.....</i>	<i>5-114</i>
5.8	CALCULO Y SELECCIÓN DE BOMBAS SECTOR ENVASADO	5-115
5.8.1	<i>Bomba impulsora de agua a tanques principales.....</i>	<i>5-116</i>
5.8.2	<i>Eficiencia de bomba impulsión de agua a tanque principal</i>	<i>5-116</i>
5.8.3	<i>Bomba limpieza CIP tanques de dispersión</i>	<i>5-116</i>
5.8.4	<i>Eficiencia de bomba impulsión de agua para limpieza CIP.....</i>	<i>5-117</i>
5.8.5	<i>Bomba vaciado limpieza CIP.....</i>	<i>5-117</i>
5.8.6	<i>Eficiencia de bomba impulsión de agua vaciado tanque dispensor limpieza CIP.....</i>	<i>5-117</i>
5.9	DISPERSORA DE ALTA VELOCIDAD.....	5-118
5.10	PIPING SECTOR ENVASADO	5-119
6	CODIFICACION DE PLANOS	6-120
7	ESQUEMAS DE PINTURAS	7-121
8	CONCLUSIONES FINALES.....	8-123
9	TRABAJO A FUTURO	9-124
ANEXOS	9-125
9.1	ANEXO I – RECETA FABRICACION PINTURA LATEX	9-126
9.2	ANEXO II – CALCULO Y SELECCIÓN BOMBA IMPULSORA PRE MEZCLA A TANQUE PRINCIPAL	9-128
9.3	ANEXO III – CALCULO Y SELECCIÓN BOMBA IMPULSORA RESINA ACRÍLICA A TANQUE PRINCIPAL.....	9-132
9.4	ANEXO IV - CALCULO Y SELECCIÓN DE BOMBA PARA AGUA DE PROCESO EN TANQUE PRINCIPAL.....	9-136
9.5	ANEXO V – CALCULO DE VALORES KV DE VÁLVULAS SOLENOIDES	9-139
	<i>Impulsión de materias primas a tolva de pre mezcla.....</i>	<i>9-140</i>
	<i>Impulsión pre mezcla a tanque principal</i>	<i>9-140</i>
	<i>Impulsión de resina sintética a tanques de dispersión.....</i>	<i>9-141</i>
	<i>Impulsión de agua hacia tanques de dispersión</i>	<i>9-141</i>
9.6	ANEXO VI – CALCULO BOMBA DE IMPULSION DE AGUA TRATADA PARA LIMPIEZA CIP	9-142
9.7	ANEXO VII – CALCULO BOMBA VACIADO AGUA DE LIMPIEZA CIP	9-145
9.8	ANEXO VIII – PLANOS DE FABRICACION COLUMNA AGITACION TOLVA DE PRE MEZCLA	9-148
9.9	ANEXO IX – PLANO FABRICACION EJE DE AGITADOR.....	9-149
9.10	ANEXO X – PLANO DE FABRICACION MODULO DE CIERRE RACK IBC	9-150

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. LAY OUT	1-12
ILUSTRACIÓN 2. FLOW SHEET PROPUESTO	3-21
ILUSTRACIÓN 3. DISPOSICION DE EQUIPOS.....	3-22
ILUSTRACIÓN 4. EQUIPOS ZONA PRE MEZCLA	4-23
ILUSTRACIÓN 5. PALLET ANTI DERRAME	4-24
ILUSTRACIÓN 6. TANQUE IBC	4-25
ILUSTRACIÓN 7. RACK TANQUES IBC.....	4-27
ILUSTRACIÓN 8. RACK CON TANQUES IBC	4-28
ILUSTRACIÓN 9. COTAS RACK TANQUES IBC.....	4-29
ILUSTRACIÓN 10. ESTADO DE CARGA RACK TANQUES IBC.....	4-30
ILUSTRACIÓN 11. DETALLES APOYOS TANQUES IBC.....	4-31
ILUSTRACIÓN 12. ESTADO DE CARGA TRAMO UNION DE MODULOS DE RACK	4-32
ILUSTRACIÓN 13. DATOS CALCULOS ESTATICOS TRAMO HORIZONTAL UNION DE MODULOS RACK	4-32
ILUSTRACIÓN 14. ESTADO DE CARGA MODELO 3D TRAMO UNIÓN DE MODULOS DE RACK	4-32
ILUSTRACIÓN 15. ESTADO TENSIONAL TRAMOS HORIZONTAL UNION DE RACK	4-33
ILUSTRACIÓN 16. DEFORMACIONES TRAMO HORIZONTAL UNION DE RACK	4-33
ILUSTRACIÓN 17. TRAZADO DE FACTOR DE SEGURIDAD TRAMO HORIZONTAL RACK	4-34
ILUSTRACIÓN 18. ESTADO DE CARGA SUPERFICIE INTERIOR APOYO DE IBC	4-36
ILUSTRACIÓN 19. ESTADO DE CARGA TRAMO VERTICAL RACK IBC.....	4-37
ILUSTRACIÓN 20. DETALLE ZAC	4-39
ILUSTRACIÓN 21. DETALLES APOYOS DE TANQUE IBC EN RACK	4-39
ILUSTRACIÓN 22. ZONA DE VERIFICACION DE SOLDADURA	4-40
ILUSTRACIÓN 23. ZONA DE VERIFICACION DE SOLDADURA RACK.....	4-41
ILUSTRACIÓN 24. ZONA DE VERIFICACION DE SOLDADURA APOYO INTERIOR	4-42
ILUSTRACIÓN 25. DETALLE UNION DE MODULO DE RACK	4-43
ILUSTRACIÓN 26. DATOS PARA VERIFICACION DE UNION ABULONADA DE MODULOS RACK	4-43
ILUSTRACIÓN 27. CURVA DE BOMBA NEUMATICA TANQUES IBC.....	4-48
ILUSTRACIÓN 28. CARACTERISTICAS BOMBA NEUMATICA 1"	4-49
ILUSTRACIÓN 29. BOMBA NEUMATICA 1" - 1/2"	4-50
ILUSTRACIÓN 30. BOMBACENTRIFUGA ALIMENTACION TANQUES DISPERSORES	4-51
ILUSTRACIÓN 31. BOMBA NEUMATICA IMPULSION RESINA ACRILICA	4-52
ILUSTRACIÓN 32. PRESENTACION EQUIPOS PRE MEZCLA.....	4-53
ILUSTRACIÓN 33. DETALLE CONEXIONADO VACIADO TANQUES IBC	4-54
ILUSTRACIÓN 34. ESTRUCTURA FIJACION DE MANGUERAS PVC	4-54
ILUSTRACIÓN 35. FIJACION DE ESTRUCTURA DE FIJACION DE MANGUERAS A RACK	4-55
ILUSTRACIÓN 36. PIPING VINCULACION SECTOR PRE MEZCLA Y ENVASADO	4-56
ILUSTRACIÓN 37. MANGUERA PVC	4-57
ILUSTRACIÓN 38. CONEXIONADO DE MANGUERAS PVC TANQUES IBC.....	4-58
ILUSTRACIÓN 39. CONEXIONADO MANGUERAS FLEXIBLES ZONA PRE MEZCLA.....	4-59
ILUSTRACIÓN 40. FIJACION DE CAÑERIAS RIGIDAS ZONA PRE MEZCLA	4-60
ILUSTRACIÓN 41. MENSULA SOPORTE DE CAÑERIAS ZONA PRE MEZCLA	4-60
ILUSTRACIÓN 42. ESTRUCTURA FIJACION DE BOMBAS PRE MEZCLA	4-61
ILUSTRACIÓN 43. COTAS ESTRUCTURA FIJACION DE BOMBAS EN ZONA PRE MEZCLA	4-62
ILUSTRACIÓN 44. TOLVA DE PRE MEZCLA.....	4-64
ILUSTRACIÓN 45. VALVULA DOSIFICADORA	4-65
ILUSTRACIÓN 46. COTAS TOLVA PRE MEZCLA	4-67
ILUSTRACIÓN 47. HELICE DE AGITACION TOLVA PRE MEZCLA	4-69
ILUSTRACIÓN 48. COTAS RECOMENDADAS HELICES DE AGITACION	4-70

ILUSTRACIÓN 49. GRAFICO NUEMRO DE POTENCIA DE HELICE AGITAICON TOLVA PRE MEZCLA	4-71
ILUSTRACIÓN 50. REDUCTOR SIN FIN Y CORONA TOLVA PRE MEZCLA	4-72
ILUSTRACIÓN 51. EJE DE HELICE TOLVA DE PRE MEZCLA	4-74
ILUSTRACIÓN 52. DETALLE COLUMNA HELICE AGITACION TOLVA DE PRE MEZCLA	4-75
ILUSTRACIÓN 53. DESPIECE COLUMNA AGITACION	4-75
ILUSTRACIÓN 54. PERFIL RETEN COLUMNA DE TOLVA PRE MEZCLA.....	4-78
ILUSTRACIÓN 55. GRAFICO SELECCION DE RETEN	4-79
ILUSTRACIÓN 56. HIPOTESIS DE CARGA HELICE TOLVA PRE MEZCLA	4-80
ILUSTRACIÓN 57. DATOS RODAMIENTO COLUMNA DE AGITACION	4-81
ILUSTRACIÓN 58. ESTADO DE CARGA SOBRE RODAMIENTOS COLUMNA DE AGITACION	4-81
ILUSTRACIÓN 59. REACCIONES SOBRE RODAMIENTOS COLUMNA DE AGITACION PRE MEZCLA	4-82
ILUSTRACIÓN 60. VIDA NOMINAL DE RODAMIENTOS	4-83
ILUSTRACIÓN 61. PLATAFORMA DE PESAJE	4-84
ILUSTRACIÓN 62. DESPEJE DEL SUELO PLATAFORMA DE PESAJE	4-85
ILUSTRACIÓN 63. COTAS PLATAFORMA DE PESAJE	4-86
ILUSTRACIÓN 64. PLATAFORMA ELEVADA.....	5-87
ILUSTRACIÓN 65. COTAS PRELIMINARES PLATAFORMA ELEVADA	5-88
ILUSTRACIÓN 66. ESTRUCTURA PLATAFORMA ELEVADA.....	5-89
ILUSTRACIÓN 67. MARCO SUPERIOR PLATAFORMA ELEVADA	5-90
ILUSTRACIÓN 68. DETALLE MARCO SUPERIOR PLATAFORMA ELEVADA	5-90
ILUSTRACIÓN 69. UBICACION DE TANQUES DE DISPERSION EN PLATAFORMA ELEVADA.....	5-91
ILUSTRACIÓN 70. COLUMNA SOPORTE PLATAFORMA ELEVADA	5-92
ILUSTRACIÓN 71. DETALLE CONSTRUCTIVA VIGA PRINCIPAL PLATAFORMA	5-93
ILUSTRACIÓN 72. ESTADO DE CARGA VIGA PRINCIPAL PLATAFORMA ELEVADA	5-93
ILUSTRACIÓN 73. ESTADO TENSIONAL VIGA PRINCIPAL PLATAFORMA ELEVADA.....	5-94
ILUSTRACIÓN 74. DEFORMADA VIGA PRINCIPAL PLATAFORMA ELEVADA	5-94
ILUSTRACIÓN 75. DESPLAZAMIENTO VIGA PRINCIPAL PLATAFORMA ELEVADA.....	5-95
ILUSTRACIÓN 76. FACTOR DE SEGURIDAD VIGA PRINCIPAL PLATAFORMA ELEVADA	5-96
ILUSTRACIÓN 77. ESTADO DE CARGA VIGA TRANSVERSAL APOYO TANQUE-DISPERSOR	5-96
ILUSTRACIÓN 78. ESTADO TENSIONAL VIGA TRANSVERSAL TANQUE-DISPERSOR	5-97
ILUSTRACIÓN 79. DESPLAZAMIENTRO DE VIGA TRANSVERSAL TANQUE-TRANSVERSAL	5-98
ILUSTRACIÓN 80. ESTADO DE CARGA COLUMNAS PLATAFORMA ELEVADA.....	5-98

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. FICHA TECNICA PINTURA LATEX.....	2-14
TABLA 2. TIEMPOS DE INCORPORACION DE MATERIAS PRIMAS	3-20
TABLA 3. DATOS CALCULO SUPERFICIE EXTERIOR APOYO IBC	4-34
TABLA 4. ESTADO DE CARGA SUPERFICIE DE APOYO EXTERIOR TANQUE IBC.....	4-35
TABLA 5. DATOS CALCULO SUPERFICIE APOYO INTERIOR IBC	4-35
TABLA 6. DATOS CALCULO MARCO PERIMETRAL APOYO IBC.....	4-36
TABLA 7. DATOS CALCULO PERDIDA DE CARGA IBC N°4	4-47
TABLA 8. DATOS DEL FLUIDO DE SISTEMA CALCULO PERDIDA DE CARGA IBC N°4	4-47
TABLA 9. CARACTERISTICAS BOMBA NEUMATICA 1/2"	4-50
TABLA 10. DATOS MANGUERA PVC.....	4-57
TABLA 11. VOLUMENES TOLVA PRE MEZCLA	4-67
TABLA 12. DATOS TUBO SCHEDULE COLUMNA DE AGITACION	4-76
TABLA 13. DATOS RETEN COLUMNA TOLVA PRE MEZCLA	4-79
TABLA 14. DATOS SELECCION PLATAFORMA DE PESAJE.....	4-86
TABLA 15. CARGAS SOBRE PLATAFORMA ELEVADA	5-92
TABLA 16. DATOS VIGA PRINCIPAL PLATAFORMA ELEVADA.....	5-93
TABLA 17. DATOS PERFIL TRANSVERSAL TANQUE-DISPERSOR.....	5-97

1 *CAPITULO I* – INTRODUCCION DEL PROYECTO

En un entorno industrial altamente competitivo, la optimización de los procesos de producción es esencial para garantizar la eficiencia, la calidad del producto y la rentabilidad. En este contexto, la automatización se ha convertido en una herramienta clave para mejorar los resultados y obtener una ventaja competitiva. Uno de los procesos que se puede beneficiar en gran medida de la automatización, es la mezcla de materias primas líquidas y sólidas para la fabricación de pinturas base acrílica.

La fabricación de este tipo de pinturas ha sido un proceso esencial en la industria de la construcción y la decoración durante siglos. A lo largo de la historia, el proceso ha evolucionado significativamente, desde las técnicas rudimentarias utilizadas en la antigüedad hasta los métodos modernos de automatización y control. Este proyecto se enfoca puntualmente en la automatización y control del proceso de mezcla de materias primas líquidas y sólidas para la fabricación de pinturas látex, como así también los equipos y estructuras metálicas, aprovechando los avances tecnológicos más recientes para mejorar la eficiencia y la calidad del proceso.

1.1 **OBJETIVO GENERAL**

Una de las ventajas más destacadas de la automatización en este proceso es, incorporar los productos en las recetas de fabricación, controlar su consumo y gestionar su logística de aprovisionamiento. La implementación de sistemas automatizados disminuye la necesidad de operarios dedicados a la tarea de mezcla o liberando recursos humanos que pueden ser reasignados a funciones más estratégicas. Esto no solo conlleva a una optimización de los recursos, sino que también reduce los riesgos asociados con errores humanos y lesiones laborales.

Además de los beneficios en términos de producción y mano de obra, la automatización de la mezcla de materias primas también mejora la trazabilidad del producto final. Mediante la implementación de sistemas de seguimiento y control automatizados, se puede registrar y monitorear de manera precisa y constante cada etapa del proceso de mezcla. Esto proporciona información detallada sobre las cantidades, proporciones y características de las materias primas utilizadas, lo que facilita la trazabilidad del producto final y contribuye a cumplir con los estándares de calidad y regulaciones vigentes.

El proceso de mezcla de materias primas para la fabricación de pinturas en general y en particular de las pinturas base acuosa tipo latex cuentan con la ventaja de que es posible realizar su proceso de mezcla de manera manual y con pocos elementos tecnológicos.

La búsqueda constante de toda empresa de este rubro es aumentar los volúmenes de producción, calidad final, disminuir costos de fabricación y tiempos de producción. Todo esto requiere inevitablemente la incorporación de tecnología al proceso.

Este proyecto final de carrera se enfoca específicamente en la automatización de todo el proceso de mezcla de materias primas, tanto líquidas como en polvo para la

fabricación de pinturas látex, como así también el diseño de todas las estructuras metálicas pertinentes, tanques de mezcla con sistema de limpieza integrados, sistema de conducción de fluido, bombeo, y trazabilidad de materias primas.

1.2 **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar un proceso de mezcla semi automática de materias primas líquidas y en polvo que sea flexible en su diseño para poder adaptarlo a las necesidades de cada empresa.
- Garantizar trazabilidad de todas las materias primas intervinientes en cada lote de producción
- Reducir los tiempos de fraccionado, transporte, pesaje y mezcla de materias primas.
- Mejorar el manejo y control de stock de materias primas
- Disminuir la mano de obra interviniente en el proceso de mezcla y limpieza de equipos.
- Aumentar y homogeneizar la calidad del producto.

1.3 **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En todo proceso de fabricación de pinturas es fundamental el proceso de mezcla de las materias primas con las cantidades necesarias de cada producto, en un orden específico, y con un método de mezcla determinado. Dependiendo de los recursos disponibles, espacio edilicio, calidad buscada, y volumen de producción, cada empresa realiza este proceso de manera diferente. Se debe tener en cuenta también, que el proceso de mezcla y homogeneización de todas las materias primas demora aproximadamente de 40 a 50 minutos de promedio para lotes menores a 3000 litros, por lo tanto, si se necesita producir grandes volúmenes se deberán realizar en grandes lotes o varios más pequeños en paralelo. Es común en este tipo de industria (sobre todo la que producen volúmenes bajos y medianos) los tiempos muertos de envasado, debido al gran tiempo que insume el transporte, selección y pesaje, sumado al tiempo de mezcla que tiene un valor prácticamente fijo.

Debido a estos inconvenientes se propone el diseño de un sistema de almacenamiento, conducción, dosificado, pesaje de materias primas líquidas, el cual sea posible instalar en cada empresa cliente de manera rápida, eficiente y con el menor coste posible, realizando un relevamiento previo de las necesidades, recurso con los que se cuenta, espacio disponible y volúmenes de producción.

1.4 **SOLUCIÓN PLANTEADA**

Se plantea la implementación de un sistema automatizado que se apoya en la utilización de tanques IBC para el almacenamiento de los componentes, aprovechando que es la condición de suministro de las materias primas, excluyendo el agua.

Estos tanques IBC, fundamentales en la logística de abastecimiento, serán dispuestos en una estructura metálica tipo rack, con diseño modular ensamblable, de dos niveles. Esta decisión no solo facilita la organización y disposición de los tanques, sino que también garantiza la trazabilidad de cada componente hacia el lote de producción

correspondiente. Cada tanque será asignado y registrado de forma detallada en la estructura metálica, lo que otorga un control riguroso sobre el flujo de materias primas. La solución contempla dos modalidades de dosificación y pesaje. Por un lado, se dispone de una tolva de pre mezcla utilizada para dosificar los microcomponentes, ubicada sobre una plataforma de pesaje dedicada. En este espacio, las materias primas seleccionadas son mezclados en las proporciones adecuadas antes de ser bombeados hacia el tanque principal. Por otro lado, componentes como el agua y la resina sintética serán dosificados y pesados directamente en el tanque principal, donde se han instalado celdas de carga y válvulas especializadas que aseguran la precisión en la medición de los insumos.

Este diseño se complementa con un sistema de cañerías y bombas especializadas, cada una adaptada a las características de los componentes que transporta. Esto garantiza un flujo controlado y optimizado, evitando pérdidas o desviaciones en la dosificación.

Se utilizarán dos tanques de mezcla principales de acero inoxidable montados en una plataforma de trabajo elevada por encima de la línea de envasado. Esta, además de ser la encargada de soportar los tanques soportará un dispersor de alta velocidad pivotante deberá contar con una zona libre circulación de operarios para poder disponer de las materias primas en polvo, que serán ingresadas al tanque de forma manual.

1.5 INGRESO DE POLVOS AL PROCESO

La decisión de incorporar manualmente los polvos en el proceso de mezcla de pintura látex se fundamenta en una serie de consideraciones técnicas y logísticas que convergen para hacer esta opción la más viable y eficiente en el contexto actual. En primer lugar, la escala del proceso juega un papel crucial. La cantidad de polvos requeridos por cada receta es variable y puede fluctuar significativamente en función de la formulación específica del producto. Algunas recetas pueden demandar una mayor proporción de polvos que otras, lo que complica la implementación de un sistema automatizado que pueda adaptarse eficazmente a estas variaciones. Automatizar este proceso implicaría una compleja configuración de dosificación y control que, en última instancia, resultaría ineficiente y poco rentable.

Además, el almacenamiento de los polvos introduce desafíos logísticos considerables. Estos materiales son altamente higroscópicos, lo que significa que absorben humedad del ambiente con facilidad. Para preservar su integridad y calidad, sería necesario mantenerlos en silos individuales con condiciones de almacenamiento estrictamente controladas. Esto no solo implica un despliegue de recursos y espacio significativo, sino también un aumento en la complejidad operativa y los costos asociados. El transporte y dosificación desde los silos también es una tarea que presenta dificultades. Dado su carácter higroscópico, cualquier exposición a la humedad o contaminación durante este proceso podría comprometer la calidad de los materiales, lo que a su vez afectaría la calidad del producto final. Esto requeriría sistemas de transporte especializados, como el transporte neumático o transportadores de tornillo sin fin, que añaden complejidad y costos adicionales al proceso. Adicionalmente, la variabilidad inherente en las cantidades de polvos a dosificar agrega una capa adicional de desafío para la

automatización. Dado que las formulaciones cambian en función de la demanda y las necesidades del mercado, la adaptación de un sistema automatizado para manejar esta variabilidad sería altamente compleja y requeriría una inversión significativa en tecnología y recursos.

En contraste, mantener los polvos en sus envases originales hasta el momento de utilización y pre-pesarlos antes de la fabricación del lote presenta una solución más pragmática y eficiente. Esto minimiza los riesgos asociados con la humedad y la contaminación, al tiempo que simplifica el almacenamiento y transporte de los materiales. Además, esta aproximación es más acorde con las actuales capacidades de producción y se alinea de manera más efectiva con la naturaleza variable de las recetas.

1.6 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La automatización de la mezcla de materias primas líquidas y sólidas para la fabricación de pinturas látex ofrece una justificación sólida para su implementación en el proceso de producción.

En primer lugar, se debe tener en cuenta que la pintura látex color blanco abarca casi el 80% de la producción total de casi todas las empresas dedicadas a la fabricación de recubrimientos de este tipo, por lo tanto, al no contar con pigmentos en la formulación se simplifican las tareas de limpieza de todos los circuitos algo que es fundamental para la justificación de este proyecto.

Sin embargo, la versatilidad del proyecto es evidente al considerar la capacidad de ajustar fácilmente las proporciones y cantidades de cada componente de la pintura. Con un sistema automatizado, es posible adaptarse rápidamente a diferentes necesidades y requerimientos de los clientes, lo que resulta en una producción más eficiente y la posibilidad de ofrecer una amplia gama de productos personalizados.

En cuanto a la rápida implementación, se destaca la disponibilidad de equipos y dispositivos automatizados en el mercado. Estos pueden ser instalados sin interrupciones significativas en la producción existente, lo que permite una transición suave y rápida hacia la automatización. Esto se traduce en una mejora inmediata en la eficiencia del proceso de fabricación de pinturas látex.

La automatización de la mezcla de materias primas líquidas y sólidas conlleva un incremento notable en la calidad del producto final. Al eliminar la intervención manual en el proceso de mezcla, se reducen los errores humanos, como desviaciones en las proporciones o mezclas insuficientes, disminución de tiempos muertos, transportes internos de materias primas, Además, la automatización garantiza una mezcla homogénea y precisa de los componentes, lo que se traduce en una mayor uniformidad y consistencia en las propiedades de las pinturas látex fabricadas. Esto, a su vez, mejora la calidad del producto final y aumenta la satisfacción del cliente.

1.7 LAY OUT PRPUESTO

La nave industrial de la que se dispone cuenta con dos sectores divididos por muros, uno puramente de envasado, paletizado y preparación de pedidos y otro de almacenaje y preparación de materias primas.

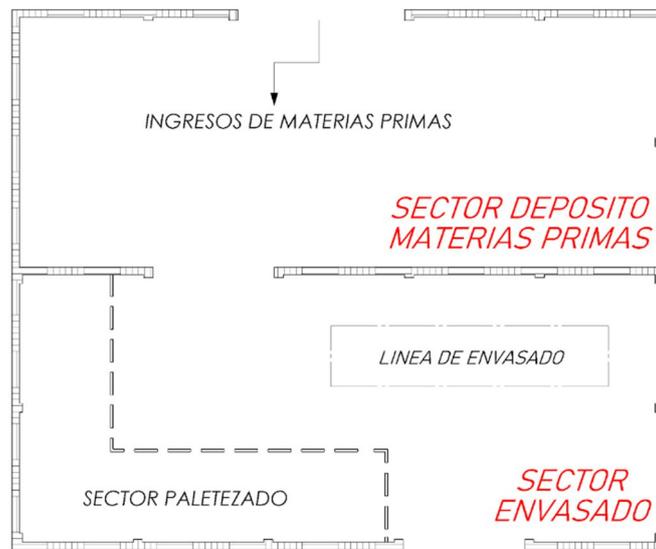


Ilustración 1. Lay out

La separación de los sectores es crucial para garantizar la calidad del producto final y el cumplimiento de los estándares de seguridad, ya que cumplen funciones distintas por lo tanto requieren ambientes controlados específicos. En el sector de preparación de materiales, es común encontrar una atmósfera “sucia” y polvos en suspensión. Esto se debe a las operaciones de mezclado, molienda y dosificación de los componentes de la pintura. Además, la presencia constante de montacargas moviendo materiales genera una mayor circulación de partículas en el aire, sumado a los gases de combustión de los mismos. Estas condiciones pueden afectar la pureza y consistencia de los materiales utilizados en el proceso de fabricación.

Por otro lado, en el sector de envasado de pintura se requiere que sea una zona limpia y con una atmósfera medianamente libre de contaminantes. Aquí se lleva a cabo el proceso de envasado final de la pintura, donde se llenan los recipientes de 10 y 20 litros y se aplican los etiquetados correspondientes, colocación de tapas, cerrado y paletizado. La separación física entre ambos sectores evita la contaminación cruzada y garantiza que la pintura envasada no se vea afectada por las impurezas o partículas en suspensión presentes en el sector de preparación. Las ventajas de esta separación son diversas. En primer lugar, se asegura la calidad del producto final al evitar la incorporación de partículas indeseables o contaminantes durante el envasado. Esto permite entregar al cliente un producto limpio y libre de impurezas, cumpliendo con los estándares de calidad requeridos.

Además, esta separación contribuye a la eficiencia y seguridad en el proceso de fabricación. Al contar con un sector de envasado limpio, se facilita el control de calidad y se minimizan los riesgos de contaminación. Asimismo, la separación evita posibles accidentes o interrupciones en la producción causados por la circulación de montacargas y la generación de polvo en el sector de preparación.

Conociendo estos aspectos, trataremos que toda la mayor cantidad de procesos de mezcla se encuentren en el sector de materias primas, dejando solo en el sector envasado los tanques de dispersiones principal, que es el paso anterior directo antes del envasado del producto.

2 *CAPÍTULO II* - ESTUDIO DE PRODUCTO FINAL Y MATERIAS PRIMAS

2.1 *PINTURA LÁTEX*

La pintura látex, también conocida como pintura acrílica o pintura al agua, es un tipo de recubrimiento utilizado ampliamente en proyectos de decoración y pintura de interiores y exteriores. Está compuesta principalmente por una dispersión acuosa de resinas acrílicas, pigmentos y aditivos.

Generalmente contienen entre un 30% y un 40% de agua en su formulación. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el porcentaje exacto de agua puede variar dependiendo de la marca y la fórmula específica de la pintura.

Las pinturas látex están compuestas principalmente por partículas de pigmento suspendidas en una emulsión de resina acrílica. El agua actúa como un medio para transportar las partículas de pigmento y facilitar la aplicación de la pintura. Una vez que la pintura se aplica sobre una superficie, el agua se evapora y la resina acrílica se adhiere formando una capa sólida y duradera.

Es importante tener en cuenta que el contenido de agua puede afectar la consistencia, el tiempo de secado y otras características de la misma. Además, algunas marcas pueden ofrecer variantes de pinturas látex con diferentes proporciones de agua para adaptarse a diferentes usos y aplicaciones.

Según las propiedades que se quiera obtener del producto final, dependerá su composición, pero las más comunes son:

1. Resinas acrílicas: Son el componente principal de la pintura látex. Estas resinas están hechas de polímeros sintéticos que se disuelven en agua y forman una película resistente y duradera cuando se secan. Proporcionan adherencia, resistencia al desgaste y flexibilidad a la pintura.

2. Agua: La pintura látex se diluye y se limpia fácilmente con agua. El agua es el disolvente principal utilizado para dispersar las resinas y los pigmentos. Esto hace que la pintura látex sea más segura y respetuosa con el medio ambiente que las pinturas a base de disolventes químicos.

3. Aditivos: Se añaden aditivos a la pintura látex para mejorar su rendimiento y otorgarle características específicas. Algunos aditivos comunes incluyen conservantes para prevenir el crecimiento de moho y hongos, espesantes para controlar la consistencia, y agentes antiespumantes para evitar la formación de burbujas. Los más habituales son:

- **Espesantes**: Se utilizan para ajustar la viscosidad de la pintura, lo que facilita su aplicación y evita que gotee.

- Conservantes: Estos aditivos ayudan a prevenir el crecimiento de microorganismos, como moho y hongos, en la pintura.
- Agentes antiespumantes: Evitan la formación de burbujas durante la agitación o aplicación de la pintura.
- Estabilizadores de pH: Mantienen un pH adecuado en la pintura para asegurar la estabilidad de los componentes.
- Modificadores de flujo: Ayudan a mejorar la nivelación de la pintura, lo que resulta en un acabado suave y uniforme.

En conjunto, estos componentes y aditivos trabajan en sinergia para proporcionar las propiedades deseadas, como la resistencia, la adherencia, la durabilidad y la facilidad de aplicación. Es importante tener en cuenta que la química de las pinturas puede variar entre diferentes fabricantes y formulaciones específicas, pero en general, estos principios básicos son comunes a la mayoría de las pinturas látex disponibles en el mercado.

FICHA TECNICA PINTURA LATEX	
Vehiculo	Polimeros acrilicos en dispersion acuosa
Aspecto	Liquido viscoso
Olor	Bajo olor
Densidad (25° C)	1,28 ± 0,02 g/cm ³
Viscosidad stormer (25°C)	92 ± 2 UK
Porcentaje de sólidos en peso	45 ± 1%
Tiempo de secado (25° C, 60% humedad)	Al tacto 45 - 60 minutos. Secado total 7 días
Rendimiento	10 a 12 m ² por litro
Ecologico	Si, no contiene plomo, cromo, ni mercurio

Tabla 1. Ficha tecnica pintura latex

2.2 MATERIAS PRIMAS INVOLUCRADAS

Se incluye en el ANEXO I una tabla en la cual se detalla una receta para la fabricación de pintura látex para interiores. Se describen todas las materias primas involucradas en el proceso, como así también cantidades, método de incorporación, estado de suministro y propiedades físicas, necesario para realizar todos los cálculos posteriores. La misma fue provista por una empresa fabricante de pinturas látex.

2.3 CONCEPTO DE ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

El almacenamiento adecuado de las materias primas líquidas y en polvo utilizadas en la fabricación de pinturas látex es de suma importancia para garantizar la calidad y la estabilidad de los productos finales. Tanto las materias primas líquidas como las en polvo deben ser almacenadas de manera correcta y segura para preservar sus propiedades y prevenir cualquier deterioro o contaminación que pueda afectar negativamente la calidad de las pinturas.

En el caso de las materias primas líquidas, como los aglutinantes y los aditivos, es esencial almacenarlos en recipientes adecuados que eviten la exposición a la luz solar directa, la humedad y los cambios de temperatura. La luz y el calor pueden provocar la degradación de los componentes, mientras que la humedad puede causar reacciones no deseadas y la proliferación de microorganismos. Además, es importante asegurarse de que los recipientes estén correctamente sellados para prevenir la evaporación de solventes y la entrada de contaminantes externos.

En cuanto a las materias primas en polvo, es fundamental almacenarlas en áreas secas y bien ventiladas para evitar la absorción de humedad. La humedad puede afectar negativamente las propiedades de dispersión y adhesión de los pigmentos, lo que puede dar lugar a problemas de calidad en la pintura final. Además, los pigmentos en polvo deben ser almacenados en contenedores herméticos para evitar la formación de grumos y la contaminación por partículas externas.

El etiquetado claro y preciso de los recipientes de almacenamiento es otro aspecto importante a considerar. Es esencial identificar claramente el contenido de cada recipiente, indicando el nombre de la materia prima, su fecha de recepción y cualquier otra información relevante. Esto ayuda a mantener un control adecuado de las existencias y evita confusiones o errores en el proceso de fabricación.

Además de las consideraciones de almacenamiento físico, es importante llevar a cabo un adecuado control de inventario y rotación de existencias para asegurarse de que las materias primas se utilicen en el orden correcto según su fecha de recepción. Esto ayuda a evitar el envejecimiento o la obsolescencia de los materiales almacenados, lo que puede afectar la calidad de las pinturas.

Todos estos controles y cuidados serán automatizados y por lo tanto se podrá contar con toda esta información en el momento que se desee.

3 CAPITULO III – MARCO TEORICO

3.1 CONCEPTO DE DISPERSIÓN DE ALTA VELOCIDAD

Las dispersoras de alta velocidad desempeñan un papel fundamental en la fabricación de pinturas látex. Estas máquinas están diseñadas para mezclar y dispersar eficientemente los componentes de la pintura, como los pigmentos, los aditivos y los aglutinantes, con el objetivo de obtener una mezcla homogénea y de alta calidad.

La utilización de dispersoras de alta velocidad permite lograr una dispersión efectiva de los pigmentos en el medio acuoso de la pintura látex. Estas máquinas cuentan con un sistema de agitación intensa que rompe las partículas de pigmento en tamaños más pequeños y las dispersa de manera uniforme en la base acuosa. Esto es esencial para lograr una buena opacidad y resistencia al lavado de la pintura látex.

Además, las dispersoras de alta velocidad facilitan la mezcla de los diferentes componentes de la pintura, asegurando que estén correctamente incorporados y distribuidos en toda la mezcla. Esto ayuda a evitar problemas como la sedimentación de los pigmentos y garantiza que la pintura tenga propiedades consistentes en términos de color, viscosidad y resistencia.

La utilización de dispersoras de alta velocidad en la fabricación de pinturas látex también contribuye a aumentar la eficiencia y la productividad del proceso. Estas máquinas permiten acelerar la dispersión y mezcla de los componentes, reduciendo el tiempo necesario para obtener una pintura de calidad. Además, al lograr una dispersión más completa y uniforme, se minimizan los rechazos y re trabajos, lo que reduce los costos de producción.

Se utilizan diferentes tipos de cuchillas para lograr una dispersión eficiente de los componentes. Algunos de los tipos comunes de cuchillas utilizadas son:

- Cuchillas de dispersión: Estas cuchillas están diseñadas para romper los grumos y aglomerados de los componentes, como los pigmentos, y dispersarlos de manera uniforme en la base acuosa. Tienen forma de hélice o de disco con bordes afilados para lograr una agitación intensa y una dispersión completa de los materiales.
- Cuchillas de raspado: Estas cuchillas se utilizan para raspar y desprender los materiales adheridos a las paredes del recipiente de mezcla. Ayudan a evitar la formación de depósitos y aseguran que todos los componentes estén incorporados de manera uniforme en la mezcla.
- Cuchillas de mezcla: Estas cuchillas se utilizan para mezclar y homogeneizar los componentes una vez que han sido dispersados. Tienen forma de paletas o hélices y se encargan de asegurar una mezcla completa y uniforme de todos los ingredientes de la pintura látex.

La elección de la cuchilla dependerá de la naturaleza de los componentes y las características de la pintura que se está fabricando, así como del diseño y las especificaciones de la dispersora utilizada.

3.2 ELEMENTOS BÁSICOS INTERVINIENTES EN LA FABRICACIÓN DE PINTURAS ACRÍLICAS

La fabricación de pinturas látex o acrílicas requiere de varios equipos y maquinarias especializadas para llevar a cabo los procesos de mezclado, dispersión y envasado. A continuación, se mencionan algunos equipos comunes utilizados en la fabricación de pinturas látex:

Mezcladora de dispersión: Este equipo es esencial para mezclar y dispersar los componentes de la pintura de manera efectiva. Las mezcladoras de dispersión están diseñadas para agitar y mezclar la resina acrílica, los pigmentos, los aditivos y otros ingredientes de la pintura. Pueden ser mezcladoras de tipo batch (por lotes) o continuas, y utilizan diferentes métodos de agitación, como discos dispersores o cuchillas.

Tanque de mezcla principal: Será el encargado de recibir el agua y todos los componentes restantes de manera automática, y los polvos de manera manual, para luego dispersarse y de esta manera completar la fabricación de la pintura. Ingresarán directamente desde su lugar de almacenaje todos los fluidos que superen los 200 kg por receta, los restantes serán pesados previamente por una tolva de pre-mezcla con agitador incorporado, de menores dimensiones.

Tanque de pre mezcla: Dentro de este recipiente se pesan todos los fluidos que no sea el agua y la resina sintética, para luego ser bombeados al tanque principal. Deberá contar con un sistema de control de dosificación por peso y válvulas de carga independiente para cada fluido, con el fin de evitar contaminación y garantizar las proporciones de la receta a fabricar. Además, deberá contar con una alimentación de agua y un agitador, ya que algunas materias primas deberán mezclarse agitándose y en un baño de agua, para evitar la gelificación de la solución. La razón fundamental de utilizar este tanque de pre mezcla es por razones de economía en cuanto al uso de la energía eléctrica y de respetar la tolerancia de pesaje de cada componente. Con respecto a la economía de la energía eléctrica nos permitirá usar un agitador de menor potencia evitando utilizar el dispersor principal, además podremos variar la velocidad del agitador más fácilmente en caso de que algún componente lo requiera. En cuanto a la tolerancia de pesaje sería imposible garantizar si se pretendiera mezclar todo en el tanque principal ya que las de los componentes algunas veces superan las proporciones de 380 a 0,5.

Reactores o tanques de emulsificación: Los reactores o tanques de emulsificación se utilizan para producir la emulsión de resina acrílica. Aquí, los monómeros acrílicos se polimerizan en presencia de agua y otros aditivos para formar la emulsión estable de resina acrílica.

Equipos de filtración: Los equipos de filtración, como filtros de malla o filtros de cartucho, se utilizan para eliminar cualquier impureza o partícula no deseada en la pintura. Esto asegura que la pintura esté limpia y libre de contaminantes antes de su envasado. Se utilizan estos sistemas antes de ingresar al circuito de envasado

Equipos de envasado: Una vez que la pintura está lista, se debe envasar en recipientes adecuados para su comercialización. Los equipos de envasado pueden incluir llenadoras automáticas o semiautomáticas, máquinas etiquetadoras, colocadora de tapas, tapadoras y selladoras. Estos equipos aseguran un envasado eficiente y preciso de la pintura.

Además de estos equipos, también se requieren instalaciones de almacenamiento adecuadas para los materiales primarios, así como sistemas de control de calidad para garantizar que la pintura cumpla con los estándares requeridos.

Es importante destacar que los equipos específicos pueden variar según el tamaño y la escala de la producción, así como las tecnologías utilizadas por cada fabricante. Por lo tanto, es recomendable consultar con proveedores especializados en equipos para la

fabricación de pinturas látex para obtener información más detallada y adaptada a las necesidades específicas.

3.3 **CONCEPTO DE MEZCLA DE MATERIAS PRIMAS**

La fabricación de pinturas látex tiene un orden específico de fabricación y los mismos son:

Preparación de la solución de dispersión: la base de esta etapa es la mezcla de los primeros polvos y la estabilización en suspensión, se deberá evitar en todo momento la sedimentación, por lo tanto, la mezcla deberá realizarse en un baño de agua y en agitación continua, evitando además la gelificación de la mezcla. También es importante destacar que en etapa primera etapa se realizará el tratamiento de dureza del agua, en caso de contenerla. Realizando un estudio previo de esta característica del, se aumenta o disminuye la cantidad de hexametáfosfato de sodio en polvo, el cual acomplejada en mayor o menor medida los iones calcio y sodio presentes.

Incorporación y mezcla de cargas: Se incorporan las cargas restantes en formato de polvos con una pequeña incorporación de líquido. En este paso se definen las propiedades finales que tendrá el recubrimiento, tales como resistencia, apariencia, textura, rendimiento y la relación costo-efectividad. Se deberá incorporar en este paso una preparación de amoníaco al 25% el cual cumplirá dos funciones principales:

- Ajuste de pH: El amoníaco actúa como un regulador de pH. Al agregar amoníaco a la formulación, se logra elevar el pH de la pintura, lo que ayuda a estabilizar la emulsión y mejorar la viscosidad y la estabilidad a largo plazo.
- Neutralización de ácidos: Durante el proceso de mezcla, pueden generarse ácidos como subproductos. Estos ácidos deben neutralizarse para asegurar que la resina sea compatible con la emulsión acuosa. El amoníaco se utiliza para neutralizar estos ácidos, evitando la formación de gelatinas y asegurando que la resina se mantenga en su forma emulsionada.

Es importante destacar que el amoníaco se utiliza en cantidades controladas y dentro de los límites permitidos para garantizar la seguridad y la calidad de las

pinturas látex. Además, es necesario manejar el amoníaco de forma segura, ya que es un compuesto tóxico y corrosivo, esto es evidente ya que la proporción que se debe añadir es de 1kg por casi 490 kg de cargas.

Incorporación de aditivos y ligantes: Los aditivos son sustancias que se agregan a las pinturas látex en cantidades relativamente pequeñas para mejorar o modificar ciertas propiedades, mientras que los ligantes son las resinas poliméricas que actúan como el componente principal de la pintura látex. Estas resinas se dispersan en agua para formar una emulsión estable. Todos estos componentes son líquidos y son aproximadamente 3 productos.

3.4 ESTUDIO DE LAS MATERIAS PRIMAS

La cantidad y proporción de cada materia prima dependerá de la receta de la pintura y calidad buscada. Una receta estándar tendrá aproximadamente 15 componentes, de los cuales serán 9 componentes líquidos y 6 en polvo, que también se denominan como “cargas”.

Las proporciones de los componentes líquidos es, en gran magnitud, más variable que los polvos, llegando a tener relaciones de 380 a 0,5.

Otro factor a tener en cuenta es la agresividad química de las materias primas líquidas, teniendo componentes inertes como el agua y en otro extremo fungicidas altamente tóxicos y agresivos. Es por esto que es fundamental la correcta selección de tipo de recipiente de almacenaje y conducción, como así su sistema de carga y manejo de estos fluidos. Es importante fijar los errores de pesaje tanto en el tanque principal como en la tolva de pre mezcla. Se tomarán como correcto una tolerancia de pesaje en el tanque principal de 3 Kg y el tanque de pre mezcla de 0,2 kg.

3.5 PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN ADOPTADO

Al contar con dos tanques de pesaje, se comenzarán las tareas de dosificación de las materias primas fluidas en las condiciones mencionadas y en paralelo. En el tanque principal se realiza la preparación de la solución agregando en primera medida agua y en el de pre mezcla todos los componentes de menores cantidades. Para el caso del agua, se bombea desde un tanque de reserva, completando un porcentaje del total de la receta, ya que el restante se completará durante el proceso. Una vez alcanzado este porcentaje se comenzarán a añadir los polvos necesarios de manera manual para completar la primera etapa de fabricación y los productos ya previamente pesados en la tolva de pre mezcla, todo esto ya en proceso de dispersión. Una vez transcurrido cierto tiempo y con la solución correctamente incorporada y estabilizada, estamos en condiciones de comenzar con la segunda etapa de mezcla. En esta etapa se deberán incorporar polvos directamente al tanque principal. Por último, deberán ser incorporados los fluidos restantes, los cuales algunos deberán ser pesados en el tanque de pre mezcla y otros de ingreso directo. Transcurridos aproximadamente 40 minutos y luego de realizar los controles de correcta homogeneización del producto, siendo estos positivos, estamos en condiciones de comenzar con el proceso de envasado del producto.

3.6 ESTUDIO DE TIEMPOS DE INCORPORACION DE MATERIAS PRIMAS LIQUIDA

Sera sumamente necesario conocer los tiempos de incorporación de cada materia prima, principalmente para conocer en qué momento realizar cada proceso, y poder dimensionar los sistemas de bombeo con los caudales adecuados, por eso será necesario ordenar todos las incorporaciones de los ingredientes en una tabla y comenzar a asignarle tiempos lógicos de incorporación.

INCORPORACION DE MATERIAS PRIMAS PARA BACH DE 2500L DE PINTURA LATEX						
Producto	CANTIDAD A INCORPORAR (L)	LUGAR DE INCORPORACION	Tiempo de incorporacion (min)	Caudal incorporacion (L/min)	TIEMPO DE BOMBEO A TANQUE PRINCIPAL (min)	Caudal bombeo (L/min)
ETAPA I. Solucion de dispersion						
Agua	669	TANQUE PRINCIPAL	8	83,6	-	-
Agua	50	TOLVA PRE MEZCLA	2,5	20,0	3	16,7
Funguicida	4	TOLVA PRE MEZCLA	0,5	8,0		
Dispersante	1	TOLVA PRE MEZCLA	0,5	2,0		
Dispersante 40%	5	TOLVA PRE MEZCLA	0,5	10,0		
Antiespumante	4	TOLVA PRE MEZCLA	0,5	8,0		
ETAPA III. Aditivos y ligantes						
Agua	35	TOLVA PRE MEZCLA	3	11,7	3	11,7
Texanol	25	TOLVA PRE MEZCLA	1,5	16,7		
Agua	10	TOLVA PRE MEZCLA	3	3,3	3	3,3
Propilenglicol	50	TOLVA PRE MEZCLA	3	16,7		
Dispersión de resina sintética	250	TANQUE PRINCIPAL	7	35,7	5	50,0

TIEMPO TOTAL INCORPORACION MICROCOMPONENTES EN PRE MEZCLA(min)	15
TIEMPO TOTAL BOMBEO MICROCOMPONENTES A TANQUE PRINCIPAL (min)	14
TIEMPO DE ESTABILIZACION DE SOLUCION EN TANQUE PREMEZCLA PARA REINCORPORACION DE MATERIAS PRIMAS (min)	2
TIEMPO PROMEDIO DE INCORPORACION DE SOLIDOS PRE PESADOS A TANQUE PRINCIPAL (min)	30
TIEMPO TOTAL PROCESO DE MEZCLA (min)	58

Tabla 2. Tiempos de incorporacion de materias primas

3.7 FLOW SHEET ADOPTADO

El proceso de fabricación deberá comenzar por la mezcla de las materias primas en el tanque pre mezcla y en el principal por separado.

Respetando el orden de mezclado, deberemos transportar los componentes de la fórmula a su tanque correspondiente, y esto se realizará por medio de bombas de distintos tipos. Esta separación de materias primas en recipientes IBC permite mantener un control preciso sobre los componentes y asegurar la calidad de la pintura final. Cada uno de estos recipientes se conecta a una tolva de pre mezcla, donde se realiza la mezcla inicial de las materias primas antes de ingresar a la etapa de mezcla final.

Para el transporte de las materias primas desde los recipientes IBC hasta la tolva de pre mezcla, existen dos enfoques utilizados. En algunos casos, se emplean bombas neumáticas para impulsar las materias primas a través de tuberías hacia la tolva y en otros casos, se aprovecha la acción de la gravedad para el transporte de las materias primas. En esta configuración, los recipientes IBC se colocan estratégicamente por encima de la tolva de pre mezcla, permitiendo que la gravedad haga el trabajo de transferir las materias primas. Esta opción es viable cuando las materias primas no necesitan recorrer grandes distancias y cuando los recipientes IBC contienen volúmenes relativamente pequeños de componentes en comparación con el total de la receta de pintura. La gravedad simplifica el proceso y evita la necesidad de utilizar bombas adicionales.

Una vez finalizada la etapa de pre mezcla en la tolva, este subproducto se transporta mediante bomba neumática hasta el tanque principal, donde se realizarán los tratamientos finales de la materia prima para obtener finalmente la pintura látex.

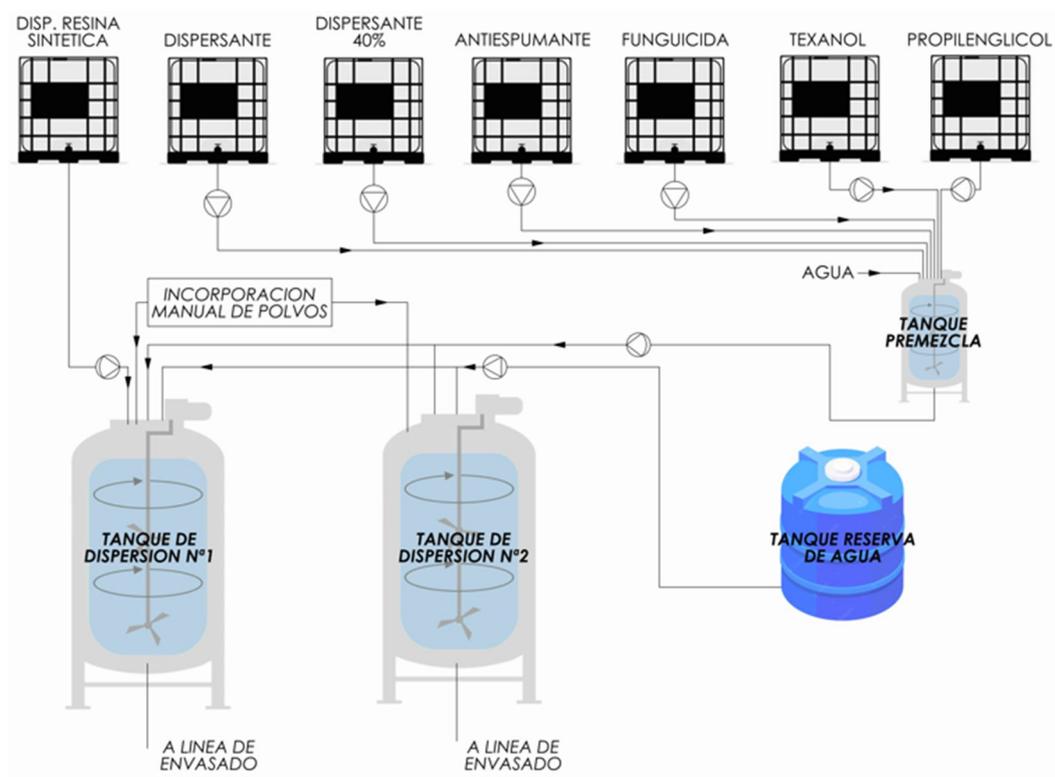


Ilustración 2. Flow sheet propuesto

3.8 PRESENTACION DE EQUIPOS

Luego de realizar estudios de requisitos y análisis de necesidades, procedimos a diseñar y seleccionar cuidadosamente los equipos que compondrán el núcleo de nuestro proyecto de ingeniería mecánica. Este proceso involucró una evaluación detallada de las demandas operativas y funcionales, así como de los criterios de rendimiento y eficiencia requeridos para cumplir con los objetivos establecidos.

La elección de cada equipo se basó en una cuidadosa consideración de diversos factores, entre ellos, las especificaciones técnicas, la capacidad de carga, la durabilidad, costos, eficiencia energética y la facilidad de mantenimiento. Además, nos aseguramos de que la selección cumpliera con las normativas y estándares industriales pertinentes, garantizando así la seguridad y la conformidad del sistema en su conjunto y cada componente ha sido estratégicamente ubicado de acuerdo con su función y requisitos de interconexión, permitiendo una sinergia fluida entre los diferentes elementos.

La presentación de esta disposición en la vista en planta no solo proporcionará una visión integral de la distribución física de los equipos, sino que también destacará la coherencia y la lógica detrás de cada decisión de diseño.

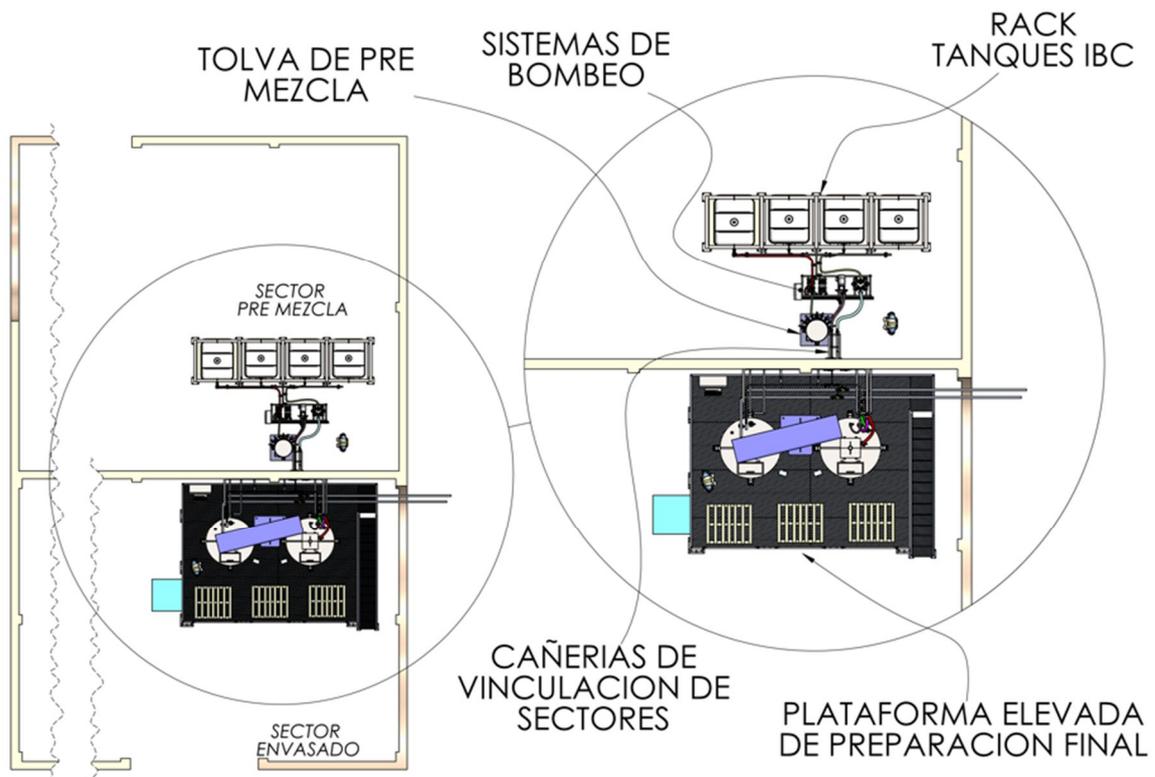


Ilustración 3. Disposición de equipos

4 CAPITULO IV – SECTOR PRE MEZCLA

El sector de pre mezcla de materias primas, ubicado estratégicamente junto al área de almacenamiento de materiales líquidos y sólidos, se caracteriza por una estructura tipo rack para los tanques IBC. Esta disposición permite cambios rápidos y eficientes de tanques, optimizando el espacio y facilitando la gestión ágil de los recursos. La tolva de pre mezcla asegura la homogeneización antes de la transferencia a los tanques principales. La presencia de sistemas de bombeo garantiza un movimiento eficiente de líquidos, conectando sin problemas el sector de pre mezcla con el área de envasado.

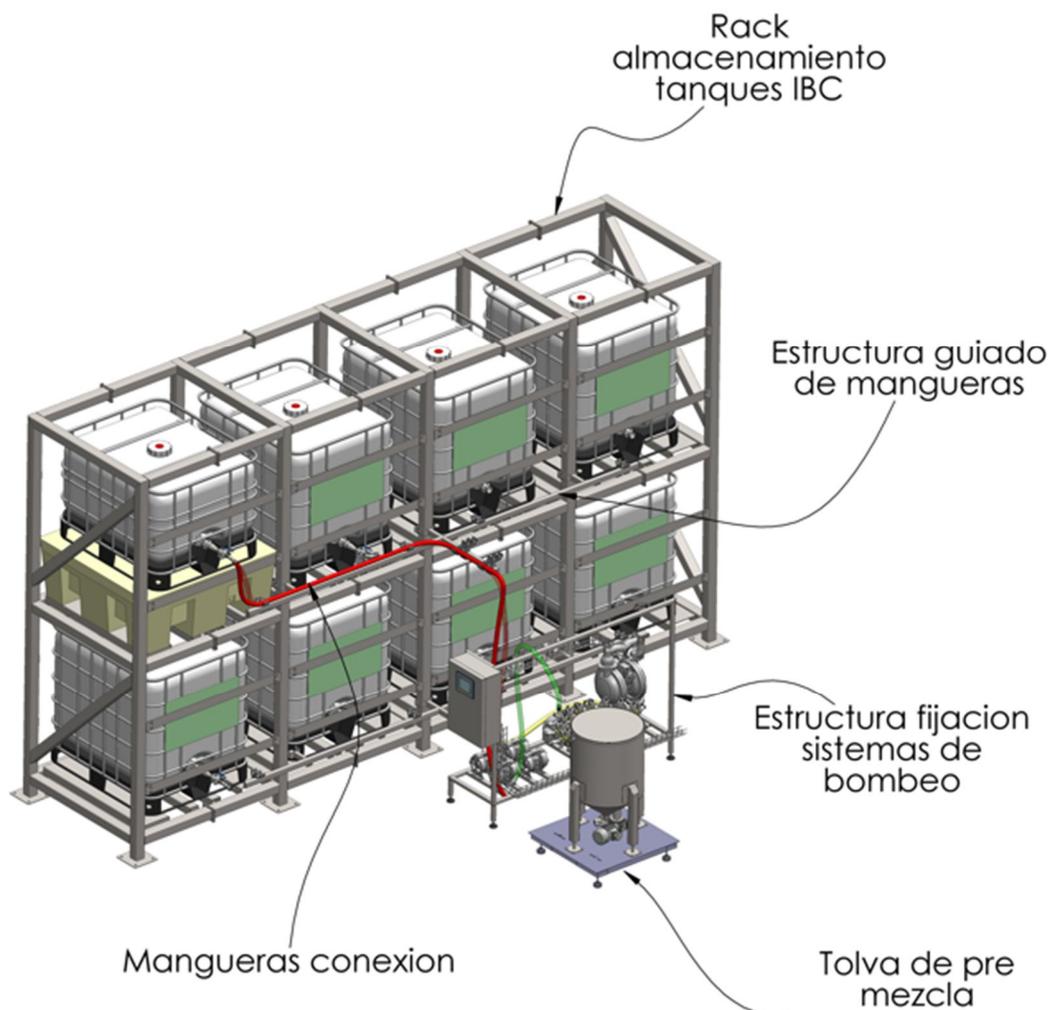


Ilustración 4. Equipos zona pre mezcla

4.1 ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS EN RACK

Para un almacenamiento seguro de las materias primas líquidas (excepto el agua) se utilizan tanques IBC, que serán estibados en una estructura metálica ensamblable fabricada en acero, teniendo por razones de transporte, una ubicación específica en la estructura.

Los tanques IBC (Intermediate Bulk Container, por sus siglas en inglés) son contenedores de almacenamiento reutilizables y apilables que se utilizan para el transporte y almacenamiento de líquidos y productos a granel, están fabricados generalmente con una estructura de plástico resistente, acero inoxidable o aluminio. Consisten en una cubeta o recipiente principal con una capacidad típica de 1000 litros (275 galones), aunque también hay variantes de menor capacidad, como es el caso de 500L.

Se seleccionarán los tanques de 1000L para todas las materias excepto para una en particular: el funguicida.

La elección de utilizar un tanque IBC de 500 litros montado sobre un pallet anti derrame para almacenar el funguicida, se basa en consideraciones fundamentales de seguridad, manejo y eficiencia. El producto en cuestión se caracteriza por su naturaleza químicamente agresiva y su complicado manejo, lo que requiere una atención especial durante su almacenamiento. En cuanto al material del pallet, se seleccionará polietileno de alta densidad ya que es el adecuado para resistir ataques químicos y resistencia a la degradación y envejecimiento provocados por rayos UV.

La capacidad reducida del tanque de 500 litros se seleccionó de manera intencional para garantizar una manipulación más controlada del funguicida. Dado su carácter corrosivo y posiblemente peligroso, es esencial limitar la cantidad almacenada en un solo contenedor, lo que reduce los riesgos asociados con la manipulación y evita posibles daños a gran escala en caso de derrames o fugas.



Ilustración 5. Pallet anti derrame

El uso del pallet anti derrame complementa esta estrategia de seguridad al proporcionar una plataforma sólida y resistente diseñada para contener cualquier posible derrame o fuga. Esta característica es crucial para prevenir la contaminación del entorno y minimizar los riesgos para la salud y el medio ambiente. Además, el diseño del pallet facilita la movilidad del tanque de 500 litros, permitiendo una reubicación segura si es necesario.

La elección de una configuración más pequeña y segura para el almacenamiento del funguicida también contribuye a la eficiencia operativa del proceso de mezcla. La dosificación precisa de este componente es esencial para garantizar la calidad y efectividad del producto final. Al emplear un tanque de menor capacidad, se facilita un mejor control sobre la cantidad de funguicida que se incorpora en la mezcla, lo que resulta en una producción más uniforme y predecible.

El uso de tanques IBC de 1000 litros se ha implementado con el propósito de optimizar y agilizar el proceso de mezcla, reduciendo los tiempos de cambio de los tanques y simplificando las operaciones involucradas. La capacidad de estos recipientes permite el almacenamiento de una cantidad suficiente de materias primas para la producción de varias partidas de pintura látex sin necesidad de cambiar o rellenar los tanques con frecuencia. Esto significa que se pueden fabricar múltiples lotes de producción sin interrupciones significativas, lo que resulta en una mayor eficiencia y productividad en la línea de fabricación. Al evitar los cambios frecuentes de los tanques de almacenamiento, se reducen los tiempos muertos y los esfuerzos necesarios para preparar el sistema de mezcla para cada lote de producción. Esto se traduce en una disminución en los costos de tiempo y mano de obra asociados con el proceso de cambio de tanques, así como en una mayor disponibilidad de los recursos humanos y materiales para tareas más productivas.

Además, el uso de tanques IBC de 1000 litros simplifica el proceso de mezcla al permitir una transferencia fluida de las materias primas desde los tanques de almacenamiento hacia el sistema de mezcla. Esto facilita el control y la dosificación precisa de los ingredientes, minimizando los errores y asegurando la consistencia en la composición de las pinturas látex.

Este tipo de tanques suelen tener una forma rectangular o cuadrada, lo que facilita su apilamiento y maximiza la eficiencia del espacio durante el transporte y almacenamiento. Tienen una abertura superior grande, llamada boca de llenado generalmente con tapa a rosca, que permite un fácil acceso para el llenado y vaciado. Además, cuentan con una válvula de salida en la parte inferior para dispensar los contenidos.

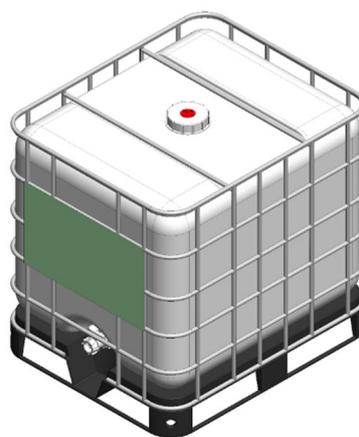


Ilustración 6. Tanque IBC

Las principales razones para la selección de este tipo de tanque, además de su capacidad, son su resistencia, durabilidad, facilidad de limpieza, y su economía. Su diseño apilable permite ahorrar espacio tanto en el transporte como en el almacenamiento. También son compatibles con una amplia gama de productos y se utilizan en diversas industrias.

4.1.1 Concepto modularidad de rack

La estructura metálica modular propuesta está diseñada para alojar tanques IBC en dos niveles y cuenta con la ventaja de ser de diseño modular y adaptable. Está construida utilizando acero SAE 1010, un material resistente y duradero que cumple con los requisitos de resistencia y estabilidad necesarios para soportar los tanques y sus contenidos.

Esta estructura de tipo abierto se concibe para optimizar la eficiencia y seguridad en el manejo de los tanques IBC. La disposición de carga y descarga en un lado, accesible con un montacargas o elevador, asegura una operación fluida y segura, evitando la interacción entre operarios y vehículos. Esto es esencial para minimizar riesgos de accidentes y garantizar un entorno laboral seguro.

Además de la seguridad, la estructura abierta también permite un acceso conveniente para realizar todas las operaciones de conexión y desconexión de los tanques IBC. Esto facilita la manipulación de las conexiones de tuberías y mangueras sin obstáculos, lo que contribuye a una mayor eficiencia en el proceso de carga y descarga.

Se compone de 2 tramos individuales compuestos que pueden ser ensamblados y desmontados fácilmente mediante uniones abulonadas. Una parte de la estructura es el cierre lateral de la misma que tiene la característica de ser simétrica y el otro la parte central, la cual se puede ir agregando a medida que se necesiten más ubicaciones de tanques. Esta característica proporciona flexibilidad y permite añadir o quitar secciones según las necesidades específicas del cliente. Al ser modular, también facilita el transporte de la estructura desde el lugar de fabricación a la ubicación final, ya que puede ser desmontada y ensamblada nuevamente en el sitio de instalación.

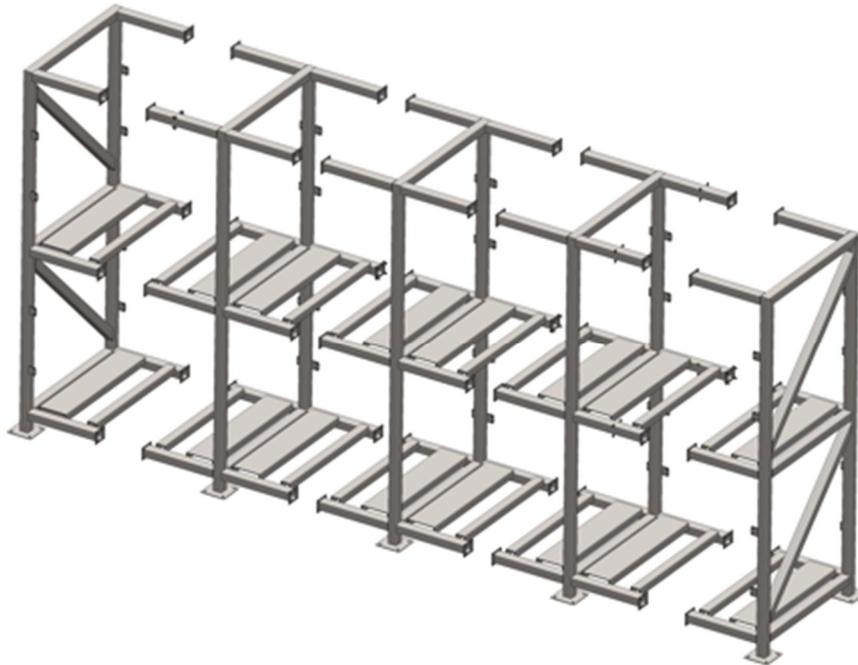


Ilustración 7. Rack tanques IBC

La elección del acero SAE 1010 como material para la estructura metálica ofrece numerosas ventajas. Es conocido por su resistencia y durabilidad, lo que garantiza la integridad estructural de la instalación y la seguridad de los tanques IBC alojados en ella. Además, este tipo de acero está ampliamente disponible en el mercado y tiene una buena relación entre resistencia y costo, lo que contribuye a la viabilidad económica del proyecto.

El modularidad de la estructura metálica permite una mayor versatilidad y adaptabilidad. Si las necesidades de almacenamiento cambian con el tiempo, se pueden agregar o eliminar secciones fácilmente, sin requerir una reconstrucción completa de la estructura. Esto proporciona una solución escalable y rentable, ya que se puede ajustar la capacidad de almacenamiento según la demanda.

Además, la posibilidad de fabricar la estructura metálica modular en un lugar diferente al de la fábrica cliente ofrece beneficios adicionales. Al fabricarse en un lugar específico, se pueden aprovechar las ventajas competitivas, los recursos y la experiencia especializada de ese lugar en particular. Asimismo, la estructura puede ser transportada de manera eficiente y montada en el sitio de instalación, lo que ahorra tiempo y costos asociados con la construcción tradicional in situ.

En cuanto al apartado de seguridad de caída podemos mencionar que opuesto al lugar de carga se colocara una placa atornillada por sus extremos que impedirá que el tanque atraviese su posición de apoyo establecida.



Ilustración 8. Rack con tanques IBC

4.1.2 Procedimiento de fabricación

Se utilizará una soldadura tipo MIG (Metal Inert Gas) para fabricar cada una de las partes utilizando alambre de aporte ER70S-6. Este tipo de alambre es ampliamente utilizado y es adecuado para la soldadura de aceros al carbono. Contará con un recubrimiento superficial de pintura epoxi, previa preparación de superficies mediante desengrasado y arenado a presión.

Se encuentra en el ANEXO X los planos de fabricación correspondientes.

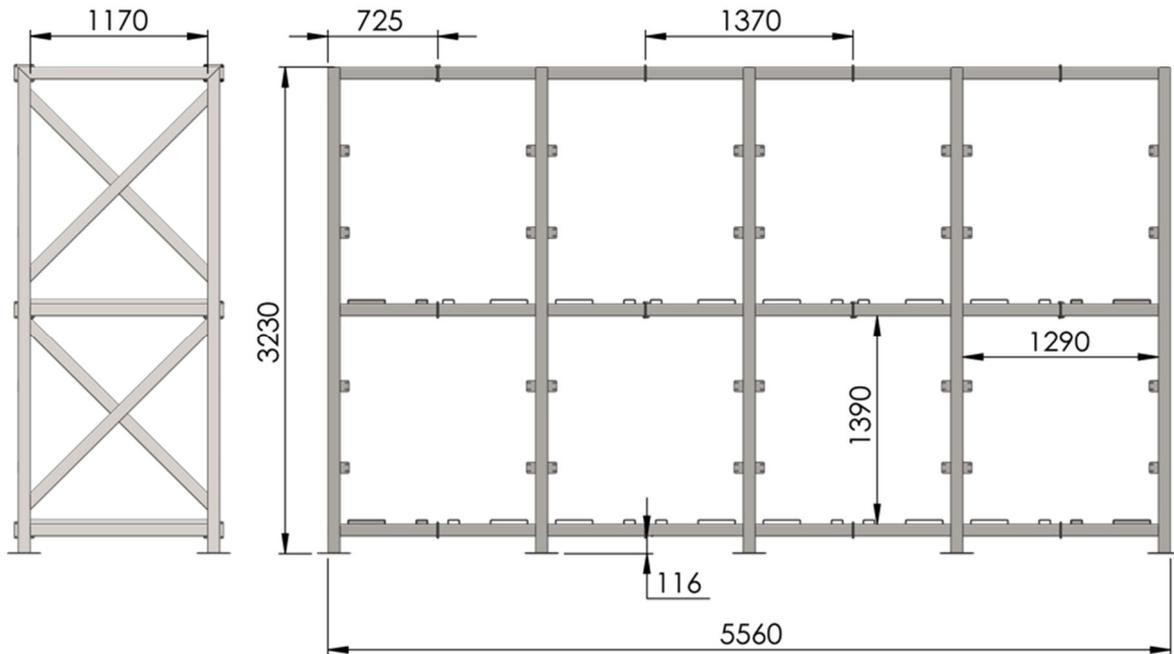


Ilustración 9. Cotas rack tanques IBC

4.1.3 Estudio e hipótesis de cargas sobre la estructura

Inicialmente, es importante tener en cuenta que la carga total máxima en cada posición será como máximo de 2100 kg con el depósito y sus accesorios, teniendo en cuenta la densidad del producto que contendrá el tanque, el peso del recipiente y un coeficiente de seguridad de 1,5. La carga distribuida en cada nivel deberá ser evaluada, considerando la carga de diseño en función de los tanques llenos y su disposición en la estructura. Dado que los tanques se intercambiarán uno por uno mediante montacargas, es posible considerar una carga uniforme para cada posición. La disposición de dos niveles introduce la necesidad de evaluar las cargas en ambos niveles de la estructura. La carga de diseño se mantiene constante y no se espera una distribución desigual de peso entre los niveles.

En relación con el factor de oleaje interno del tanque, la decisión de no considerarlo como carga dinámica es válida dado el contexto y las características del sistema. Dado que la carga total se mantiene constante y no se anticipa un movimiento significativo de líquido dentro de los tanques que pueda impactar la estructura, esta consideración puede omitirse sin comprometer la integridad de la estructura.

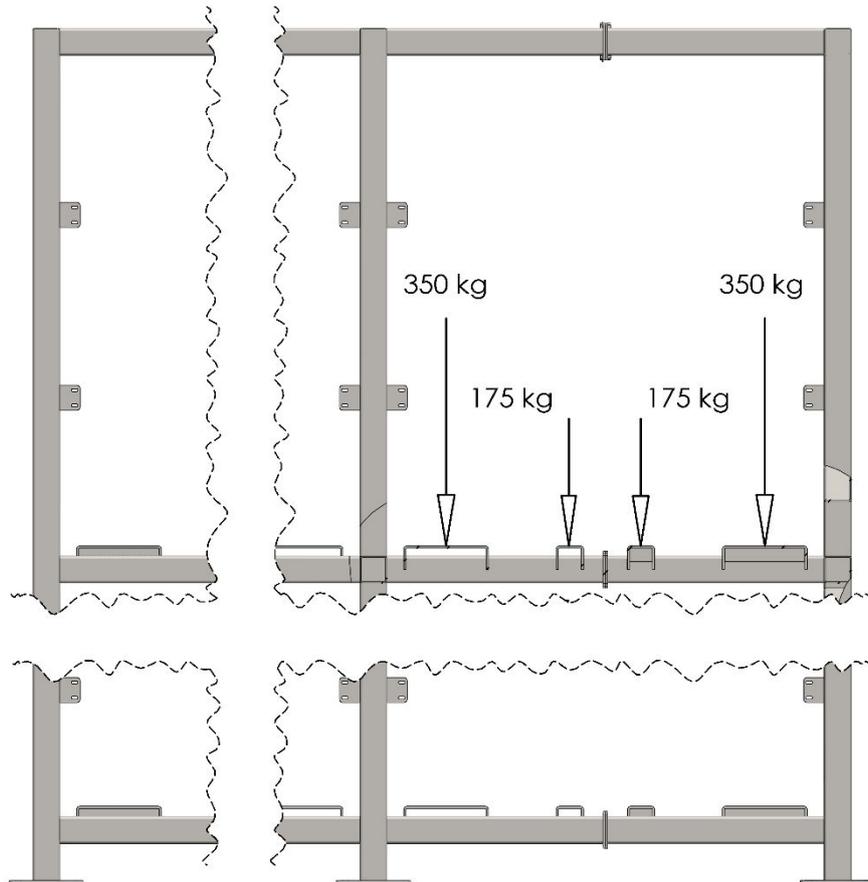


Ilustración 10. Estado de carga rack tanques IBC

4.1.4 Características de materiales a utilizar

Para el marco perimetral se utilizará tubos con costura de acero SAE 1010 cuadrados de lados 80 milímetros con un espesor de 4 milímetros para su marco perimetral. Su fabricación y comercialización cumple la norma IRAM-IAS U500 206 tipo I, clasificándolos con la denominación F. En este caso el acero utilizado será F-26 con una tensión de fluencia de 2651 Kg/cm² (260Mpa).

En comparación con otras secciones, el tubo de acero cuadrado presenta una combinación única de atributos que lo convierten en una elección efectiva y versátil. Uno de los aspectos más notables es su alto momento de inercia en relación con su masa. Esto significa que el tubo cuadrado es capaz de resistir cargas y fuerzas aplicadas con mayor eficiencia, minimizando la deformación y garantizando una mayor rigidez estructural. Esta característica resulta crucial en este tipo de estructuras, además su amplia disponibilidad de tamaños y espesores es otro punto fuerte del tubo cuadrado. Esto permite un diseño preciso y personalizado según los requisitos específicos de la estructura, asegurando una solución óptima en términos de resistencia y capacidad de carga. Además, su geometría cuadrada aporta una estética limpia y moderna a la estructura, potenciando su apariencia visual sin comprometer la funcionalidad. El aspecto económico también juega a favor del tubo cuadrado de acero. Su disponibilidad

en el mercado contribuye a mantener costos razonables en comparación con alternativas más especializadas. Además, su facilidad de soldado y armado simplifica la construcción y reduce los tiempos de montaje, lo que influye positivamente en la eficiencia del proyecto en términos de mano de obra y recursos.

Para las zonas de apoyo de la base de los tanques IBC se utilizarán chapas plegadas formando una sección tipo "U", del mismo material en espesor 6,35 milímetros ($\frac{1}{4}$ ")

Se verificarán estáticamente las zonas más críticas de la estructura con una carga por tanque de magnitud 1400Kg afectada por un coeficiente de seguridad "N" de 1,5, resultando en una carga de cálculo de $P_{cal}=2100\text{Kg}$

4.1.5 Estrategia de cálculo de estructura

Comenzaremos verificando la sección impuesta en la zona más crítica de la estructura, que es la unión de los módulos del rack. Al tratarse de una unión vinculada por medio de tornillos, se la idealizara como rígida empotrada en sus extremos, calculando en una instancia posterior dicha unión.

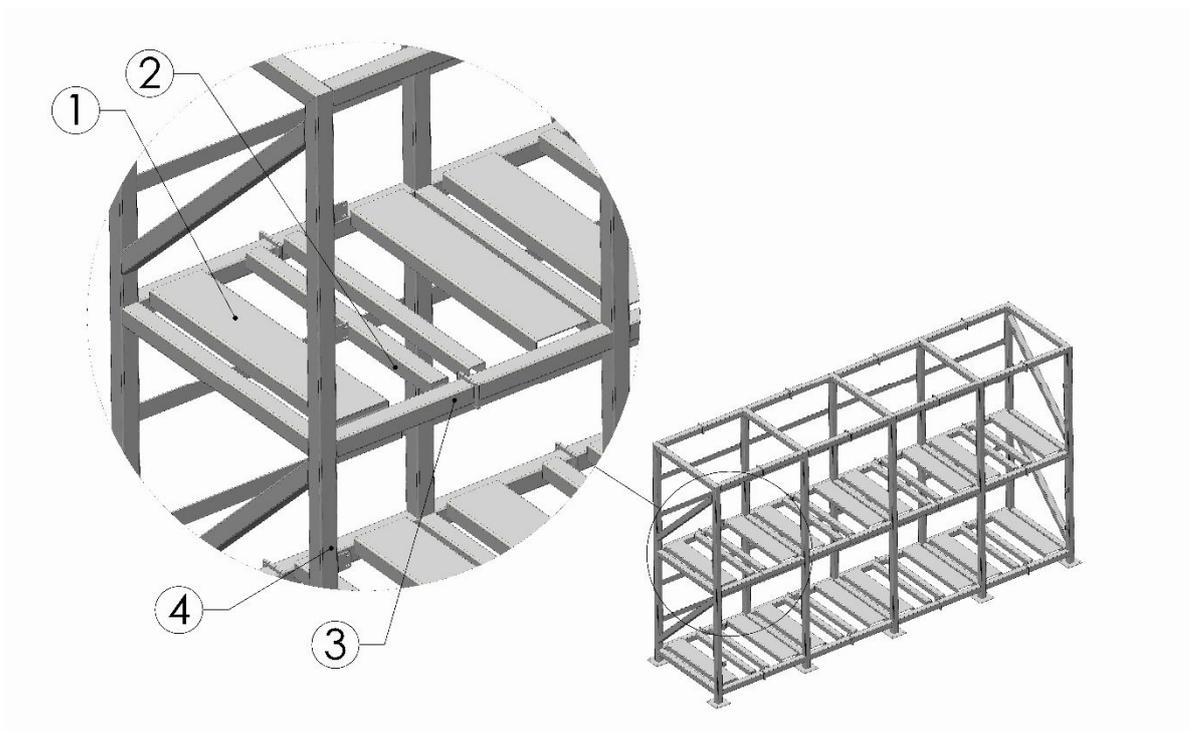


Ilustración 11. Detalles apoyos tanques IBC

Debido a la naturaleza de su vinculación y la cantidad de cargas sobre la viga, se trata de una viga hiperestática. Por su complejidad de cálculo utilizaremos la herramienta de simulación por elementos finitos de SolidWorks, que nos permitirá conocer esfuerzos, deformaciones y por lo tanto el factor de seguridad.

4.1.6 Tramo horizontal unión de módulos (4)

Por simplificación de cálculo se calculará, sólo un tramo con su respectiva parte de la carga y suponiendo que el vínculo es totalmente rígido. Al tratarse de una situación de carga hiperestática recurriremos a Solidworks para simplificar los cálculos. Para ello se modelará el perfil, suponiendo una unión rígida entre ambos tramos de los módulos y presenta la siguiente situación de carga:

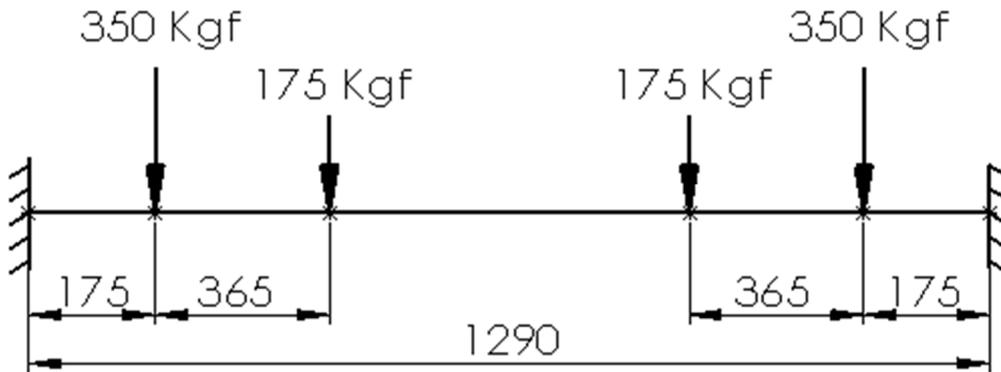


Ilustración 12. Estado de carga tramo unión de módulos de rack

Vínculo	EMPOTRADO - EMPOTRADO
Tipo de carga	PUNTUALES
Tensión de fluencia	$\sigma = 2651 \text{ Kg/cm}^2$
Momento de inercia	$I = 92,8 \text{ cm}^4$

Ilustración 13. Datos calculos estaticos tramo horizontal unión de módulos rack

Modelando la viga, resulta:



Ilustración 14. Estado de carga modelo 3D tramo unión de módulos de rack

4.1.7 Verificación de tensiones

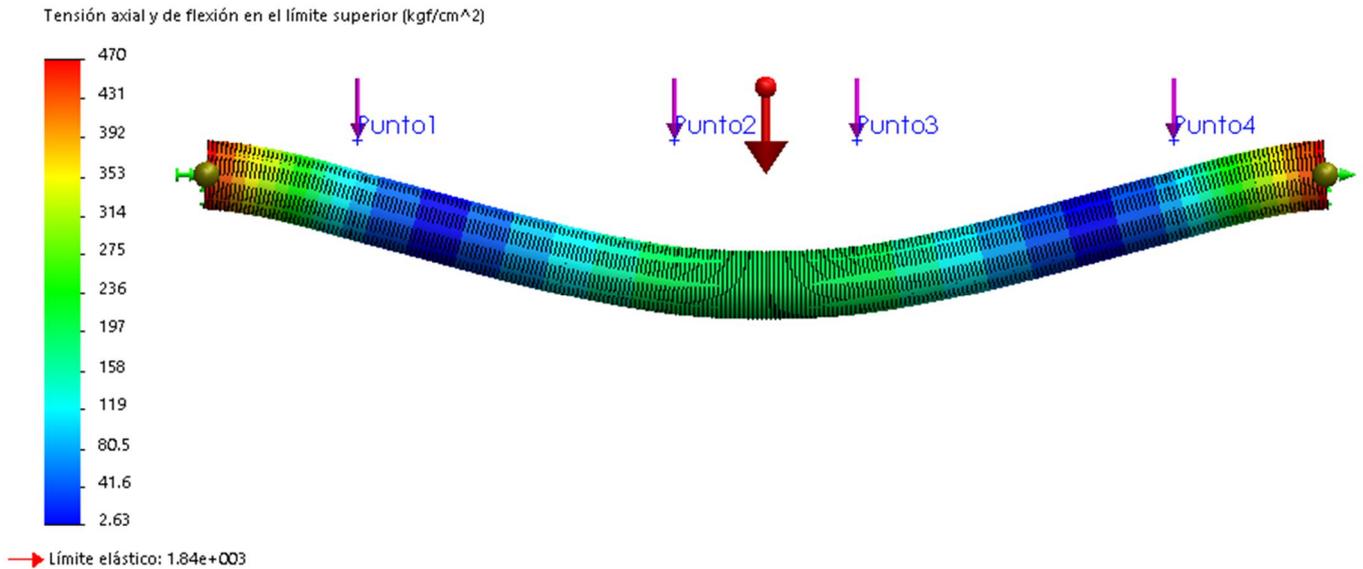


Ilustración 15. Estado tensional tramos horizontal union de rack

Luego del resultado de la simulación con una escala de deformación de 407 podemos observar los valores máximos de tensión en los empotramientos de 470 kg/cm², valores que se encuentran por debajo de límites permitidos.

4.1.8 Verificación de deformaciones

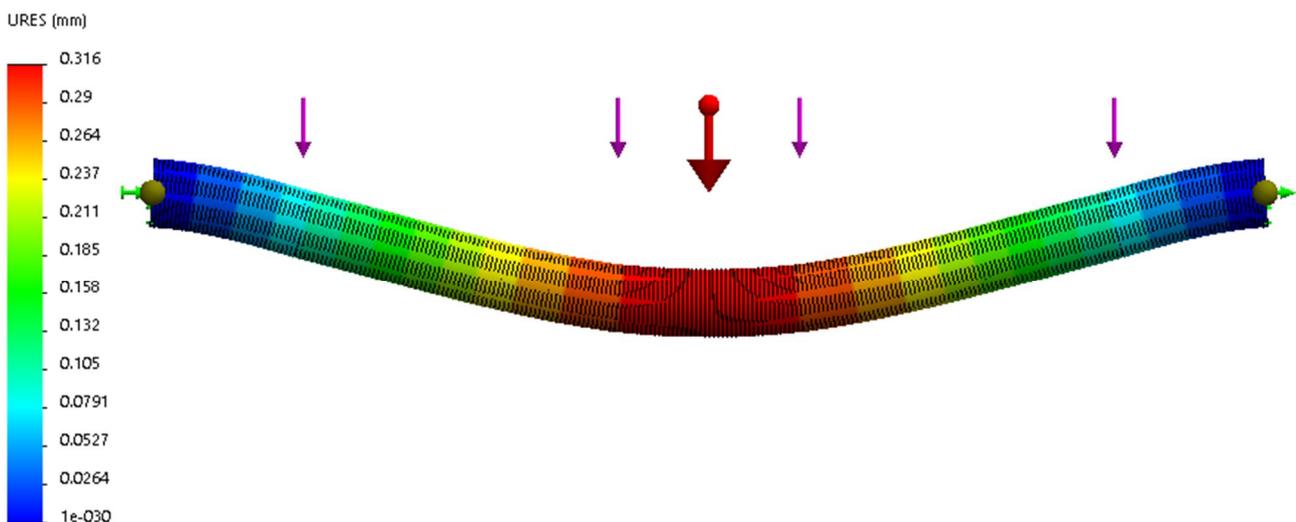


Ilustración 16. Deformaciones tramo horizontal union de rack

Podemos observar deformaciones máximas hacia el centro de la viga, con valores de 0,3 milímetros aproximadamente, lo cual consideramos un valor de deformación lógico.

4.1.9 Factor de seguridad

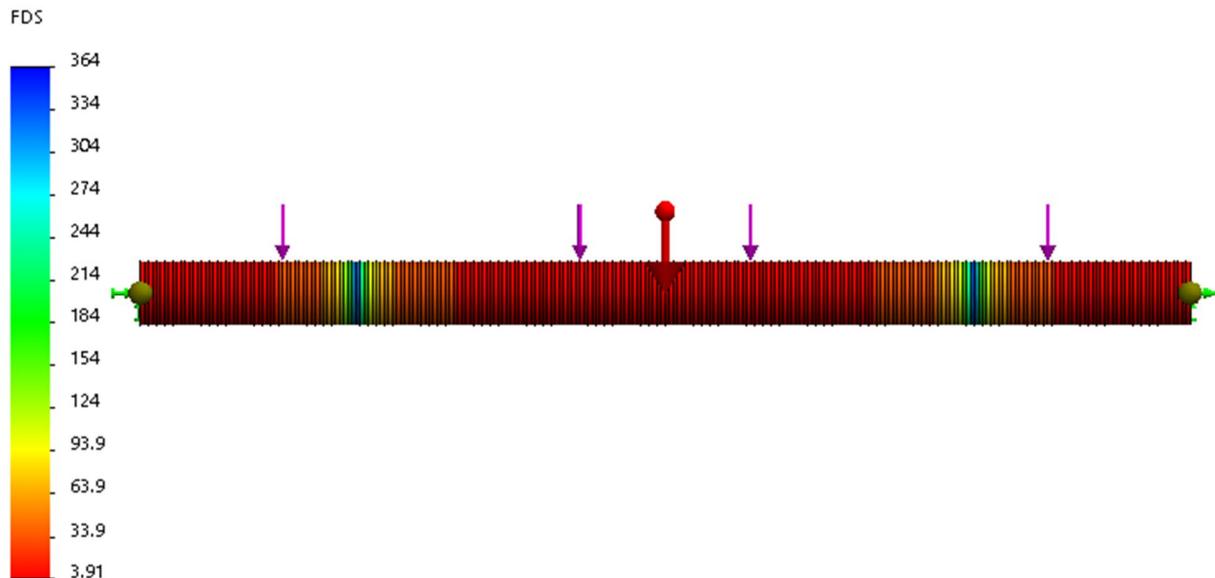


Ilustración 17. Trazado de factor de seguridad tramo horizontal rack

En cuanto al trazado del factor de seguridad de la viga estudiada podemos determinar que el mínimo es de 3,9. Este valor se encuentra por encima del valor que se impuso como condición de cálculo, lo cual nos permite concluir que el perfil verificara estructuralmente para su operación.

Estamos en condiciones de afirmar que las dimensiones del tubo son las correctas ya que todos los valores de tensiones y deformaciones se encuentran dentro de valores seguros, muy por debajo de los admisibles. Debido a algunas incertidumbres en cuanto a las carga a soportar ya que pueden utilizar productos mas densos en un futuro u otro tipo tanques, posibles accidentes con la uña del montacargas a la hora de cargar y descargar los tanques IBC de su posición, creemos que el factor de seguridad es el adecuado.

Hecha esta salvedad, damos paso a las verificaciones de los demás conjuntos de la estructura.

4.1.10 Superficie exterior de apoyo IBC (1)

Vinculo	EMPOTRADO - EMPOTRADO
Tipo de carga	DISTRIBUIDA
Valor de carga	q=3,41 Kg/cm
Tension de fluencia	$\sigma = 2651 \text{ Kg/cm}^2$
Momento de inercia	I = 63,82 cm ⁴
Cota eje neutro	ey = 4,47 cm

Tabla 3. Datos calculo superficie exterior apoyo IBC.

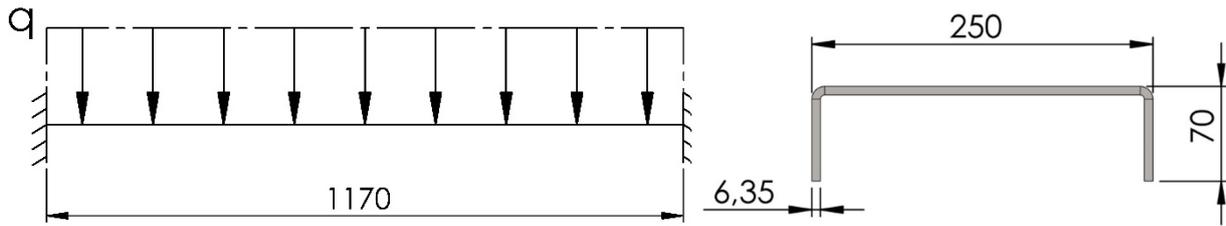


Tabla 4. Estado de carga superficie de apoyo exterior tanque IBC

$$\sigma = \frac{M_{max}}{I} e_y$$

$$M_{max} = \frac{ql^2}{24}$$

Reemplazando,

$$\sigma = 214,6 \text{ kg/cm}^2$$

Podemos observar que las tensiones a las cual está sometida esta parte de la estructura verifica ampliamente.

4.1.11 Superficie de apoyo interior (2)

La hipótesis de carga que se abordara en este caso será verificar el tramo estructural con una carga distribuida ya que es posible que la estructura perimetral del tanque IBC suministrado sea del pallet con 3 apoyos, lo que no es habitual, pero de esta manera abarcamos la situación más desfavorable.

Vinculo	EMPOTRADO - EMPOTRADO
Tipo de carga	DISTRIBUIDA
Valor de carga	q=20,5 Kg/cm
Tension de fluencia	$\sigma = 2651 \text{ Kg/cm}^2$
Momento de inercia	I = 92,8 cm ⁴
Cota eje neutro	e _y = 5,84 cm

Tabla 5. Datos calculo superficie apoyo interior IBC

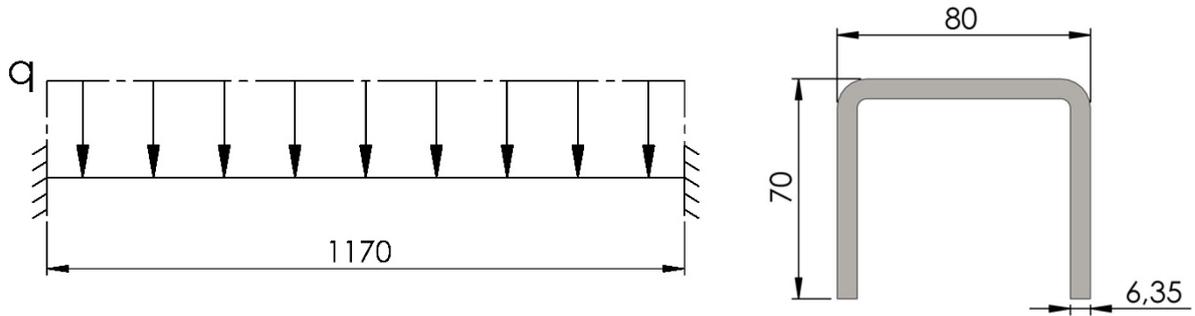


Ilustración 18. Estado de carga superficie interior apoyo de IBC

$$\sigma = \frac{M_{max}}{I} e_y$$

$$M_{max} = \frac{ql^2}{24}$$

Reemplazando,

$$\sigma = 119,8 \text{ kg/cm}^2$$

Podemos observar que las tensiones a las cual está sometida esta parte de la estructura verifica ampliamente.

4.1.12 Marco perimetral (3)

Se verificará a pandeo la sección del tramo vertical comprendido entre los dos niveles.

Vinculo	EMPOTRADO - EMPOTRADO
Tipo de carga	PUNTUAL
Valor de carga	P=2400 Kg/cm
Tension de fluencia	$\sigma = 2651 \text{ Kg/cm}^2$
Momento de inercia	$I = 184 \text{ cm}^4$
Cota eje neutro	$e_y = 5,84 \text{ cm}$
Area	$F=9,52 \text{ cm}^2$

Tabla 6. Datos calculo marco perimetral apoyo IBC



Ilustración 19. Estado de carga tramo vertical rack IBC

Se realizará una verificación por EULER,

$$\lambda \geq \lambda_o$$

Siendo,

$$\lambda = \frac{l_e}{i_{min}} = \frac{l\alpha}{i_{min}} = \frac{139.0,5}{4,39} \approx 15,8$$

$$\lambda_o = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_p}} \approx 104,4 ; \sigma_p = 1900 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda \geq \lambda_o$$

Al no cumplirse la condición de cálculo, deberemos recalculer la sección utilizando otra metodología. Utilizaremos la propuesta de DOMHKE, o norma DIN 4114. Esta norma acepta en el periodo elástico la validez de la fórmula de Euler, pero en el periodo anelástico introduce los conceptos de la teoría de doble modulo y las teorías de las inexactitudes iniciales.

Seguindo la metodología de calcula de la norma, comenzaremos a calcular el valor Z.

$$Z = \frac{F^2}{I} = 0,49$$

Seguiremos calculando el valor ε ,

$$\varepsilon = \sqrt{Zl^2 \frac{\sigma_{adm}}{P}} = 75$$

Con este valor debemos ingresar a las tablas aportadas por la norma, pero debido a que se trata de una norma europea nos encontramos con la imposibilidad de encontrar el acero que seleccionamos para la estructura, pero tomamos como valido utilizar la tabla de acero St-52 ya que posee similares características. Obteniendo los valores:

$$\omega = 1,35 ; \lambda = 64,6$$

Nos encontramos en condiciones de calcular la sección buscada,

$$F = \frac{P\omega}{\sigma_{adm}} = \frac{2100 \cdot 1,35}{2500} = 1,34 \text{ cm}^2$$

Como la sección de cálculo es menor que la sección escogida, estamos en condiciones de asegurar el perfil es seguro.

4.2 VERIFICACIÓN DE GARGANTAS CORDONES DE SOLDADURA:

Se verificarán los cordones de soldadura según estado tensional de cada caso. Nos basaremos en recomendaciones de la bibliografía “DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS” de Virgil Moring Faires.

Se optará por un procedimiento de soldadura tipo SMAW o soldadura de metal por arco protegido, utilizando electrodos tipo E-70-XX según norma ASTM y AWS ya que son los más utilizados para trabajos estructurales ofreciendo una buena resistencia a la fisuración y la porosidad, lo que mejora aún más la integridad de las soldaduras. En términos de eficiencia, estos electrodos tienden a tener una alta velocidad de deposición de metal, lo que reduce el tiempo de trabajo y los costos laborales. También son conocidos por su estabilidad de arco, lo que facilita la soldadura en diversas posiciones.

Este material de aporte tiene una resistencia al corte de 70 kpsi, pero Faires recomienda un coeficiente de seguridad de N de 3,75 sobre la máxima resistencia del electrodo, resultando:

$$70 \text{ kpsi} \times 0,375 = 26,25 \text{ kpsi} \approx \mathbf{1845 \text{ kg/cm}^2}$$

En cuanto a la geometría del cordón de soldadura se recomiendan anchos mínimos “b” según espesor de chapa a unir, que según nuestro caso resulta de 31mm. Por practicidad optamos por realizar los cordones de 5mm de ancho.

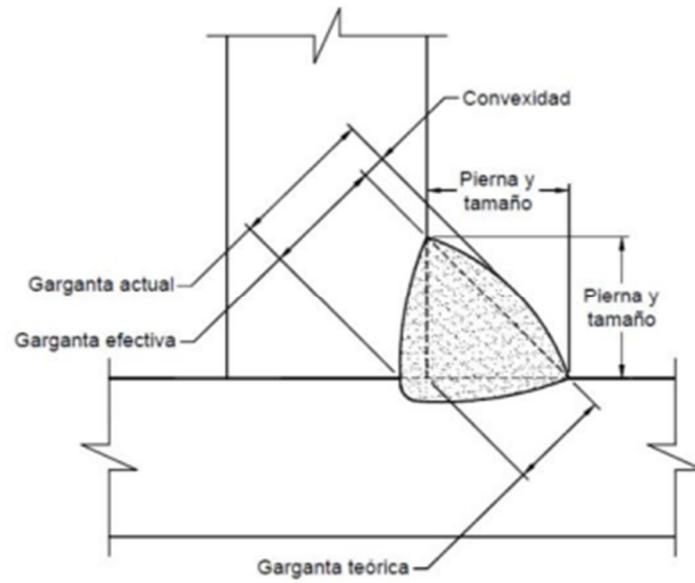


Ilustración 20. Detalle ZAC

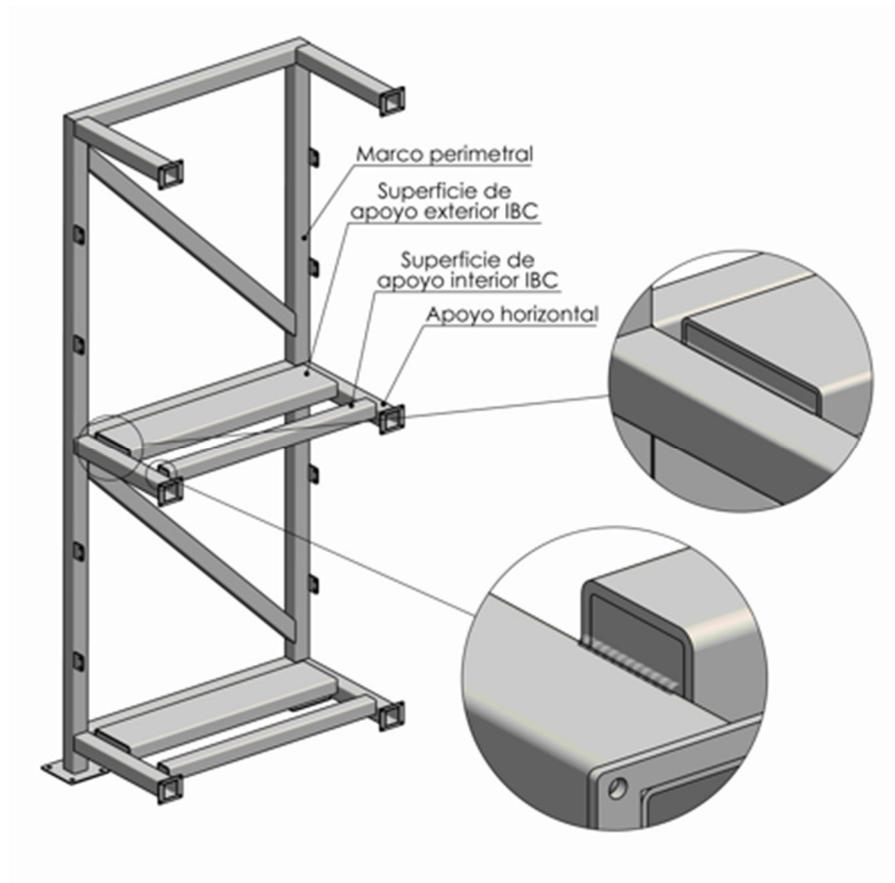


Ilustración 21. Detalles apoyos de tanque IBC en rack

4.2.1 Apoyo horizontal unión de rack:

Para simplificación de la situación se estudiará el tramo horizontal comprendido entre los dos módulos como una viga rígida, con una solicitación de carga uniformemente distribuida en su longitud, resultando un estado tensional en los cordones de corte puro, despreciando el esfuerzo de flexión.

La unión en "T" resultante entre los tubos, se soldará a tope en toda su periferia con cordones continuos.

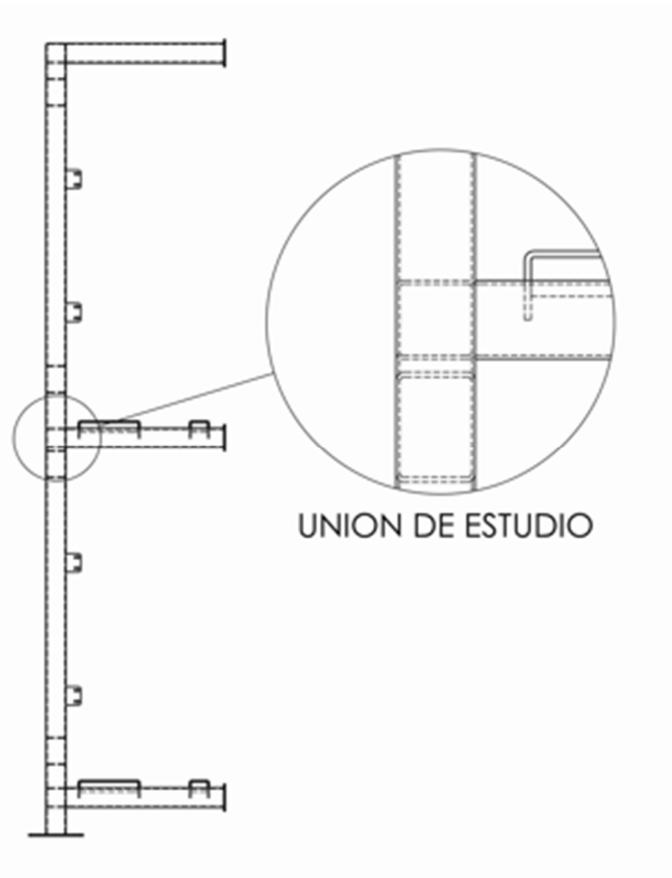


Ilustración 22. Zona de verificación de soldadura

Se calculará el largo L necesario para resistir el esfuerzo según la siguiente formula:

$$F = \tau(2tl) = 2\tau l b \cos(45^\circ)$$

$$l = \frac{F}{2\tau b \cos(45^\circ)}$$

Siendo,

F: Carga sobre cordón de soldadura

τ : Esfuerzo resistente cordón de soldadura

l: largo cordón de soldadura

b: ancho mínimo soldadura

$$l = \frac{F}{2\tau b \cos(45^\circ)} = \frac{2100/2}{2 \cdot 1470 \cdot 0,5 \cdot \cos(45^\circ)} = 1 \text{ cm}$$

Como el perfil 80x80 se encontrará soldado en toda la periferia concluimos que verifica ampliamente.

4.2.2 Apoyo exterior tanque IBC

Se analizará la unión soldada del perfil plegado encargado de soportar exteriormente el tanque IBC. Se tomará como carga sobre la soldadura, la mitad de la carga de cálculo, ya que es probable que, al momento de cambiar el tanque por uno cargado con ayuda del montacargas, el mismo pueda quedar apoyado solo sobre la mitad del rack

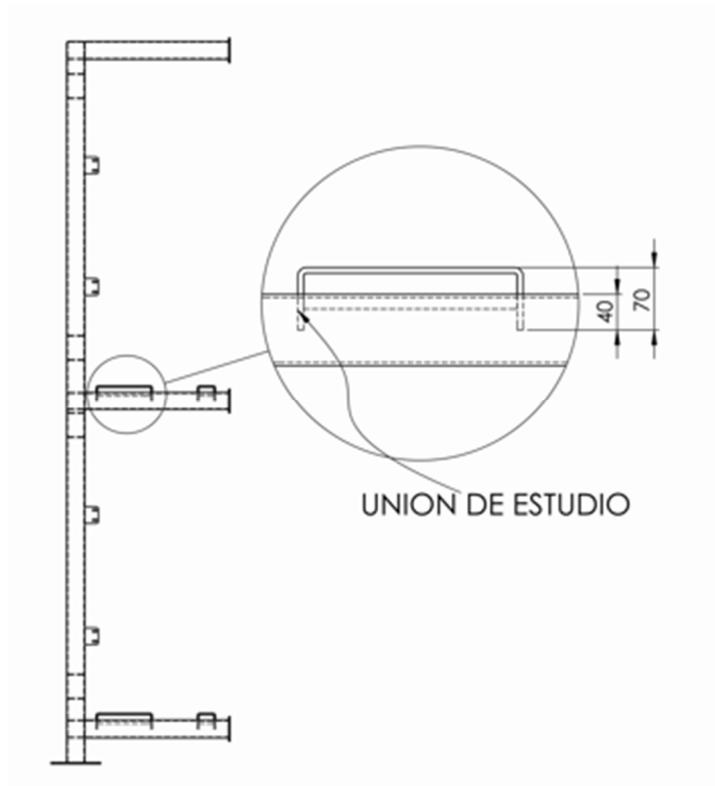


Ilustración 23. Zona de verificación de soldadura rack

$$l = \frac{F}{2\tau b \cos(45^\circ)} = \frac{2100/2}{2 \cdot 1470 \cdot 0,5 \cdot \cos(45^\circ)} = 1 \text{ cm}$$

Como el perfil se encontrará soldado frontalmente por el exterior contra el perfil cuadrado, la longitud de soldadura verifica.

4.2.3 Apoyo interior tanque IBC

Se analizará la unión soldada del perfil plegado encargado de soportar centralmente el tanque IBC. Se tomará como carga sobre la soldadura, la mitad de la carga de cálculo, ya que es probable que, al momento de cambiar el tanque por uno cargado con ayuda del montacargas, el mismo pueda quedar apoyado solo sobre la mitad del rack.

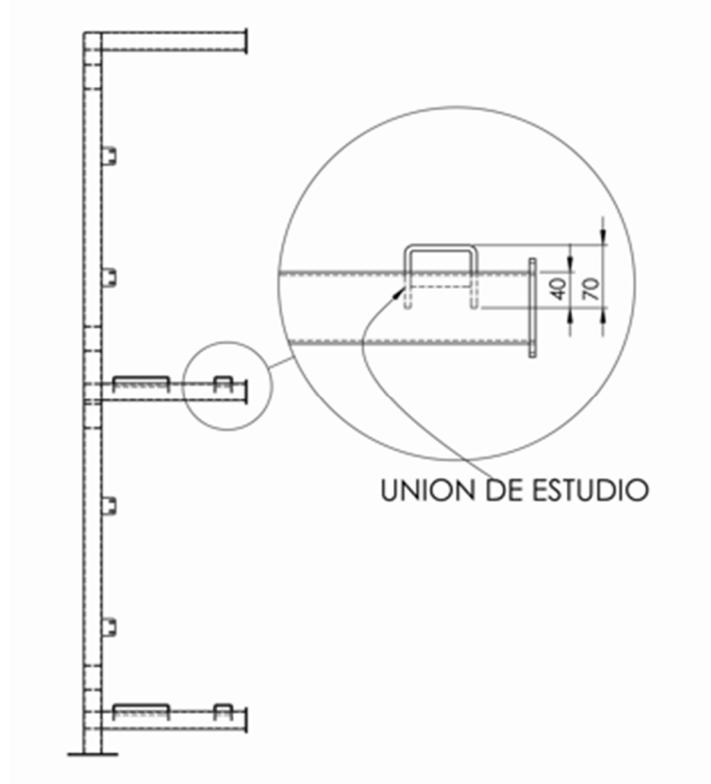


Ilustración 24. Zona de verificación de soldadura apoyo interior

$$l = \frac{F}{2\tau b \cos(45^\circ)} = \frac{2100/2}{2 \cdot 1470 \cdot 0,5 \cdot \cos(45^\circ)} = 1 \text{ cm}$$

Como el perfil se encontrará soldado frontalmente por el exterior contra el perfil cuadrado, la longitud de soldadura verifica.

4.2.4 Estudio de unión atornillada de módulos

Es necesario verificar la unión atornillada de los módulos ensamblados mediante 24 tornillos M10 x 1,5. Estudiaremos un caso puntual, el cual será cargar la junta atornillada con el peso de media estructura central más el peso de un tanque completo, situación que se puede dar en una situación en el que la estructura no se encuentre correctamente nivelada. Aunque de llegarse a ese caso, el rack no será operativo por razones de seguridad, estudiaremos la situación como un caso extremo.

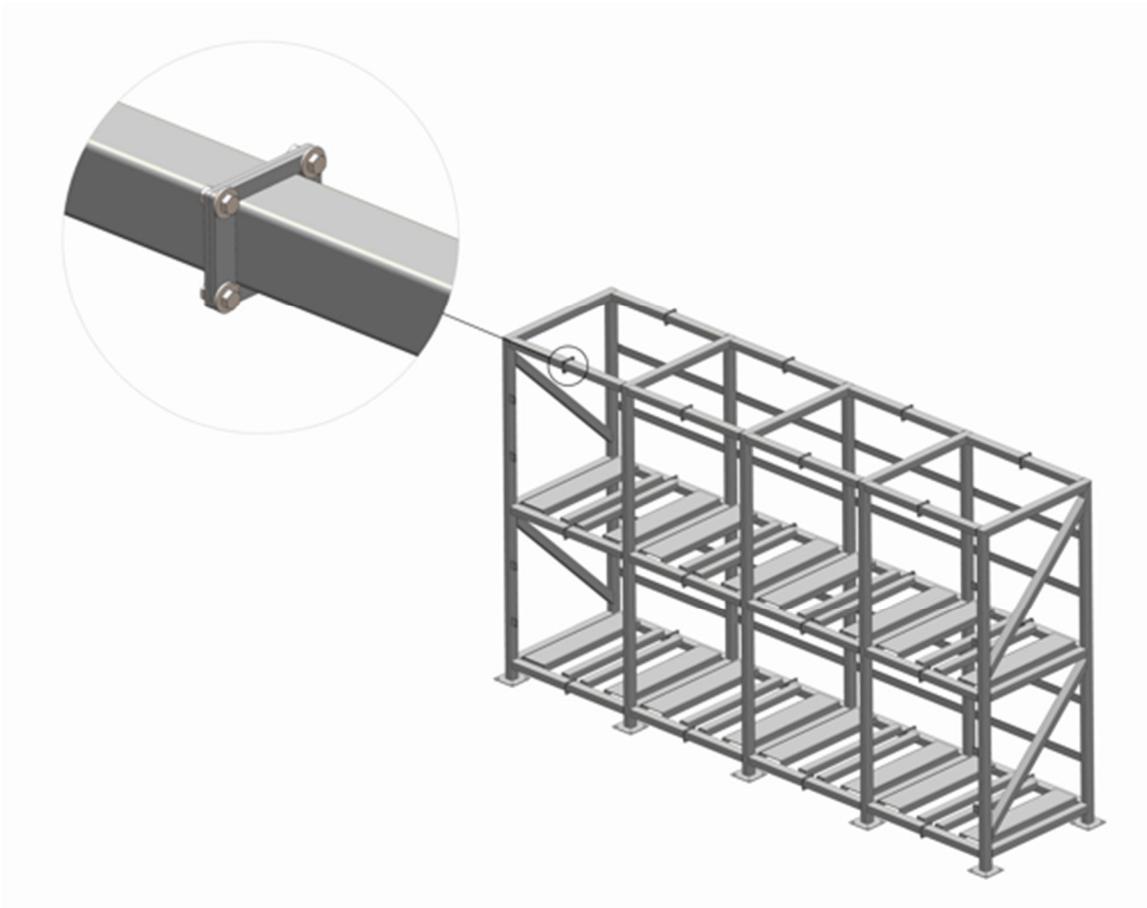


Ilustración 25. Detalle union de modulo de rack

Tipo de tornillos	Cabeza hexagonal de acero clase 8.8 M10 x 1,25
Cantidad	24
Resistencia a tracción ultima	640 N/mm ² = 6526 kg/cm ²
Área resistente individual de tornillo (A)	0,58cm ²
Carga propuesta sobre las uniones (F)	2390kg

Ilustración 26. Datos para verificación de union abulonada de modulos rack

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2390}{0,58 \cdot 24} = 171,7 \text{ kg/cm}^2$$

Tomando como valido:

$$\tau = 0,5\sigma$$

4.3 **SISTEMAS DE BOMBEO DE MATERIAS PRIMAS**

Se adoptará un enfoque que contempla la implementación y el uso de bombas neumáticas, según las características y proporciones de los materiales involucrados.

Esta estrategia permitirá adaptar la técnica de transporte a las necesidades de cada materia prima, optimizando la eficiencia del proceso de pre mezcla. Consciente de la importancia de la organización y la eficacia en la ejecución, todas las bombas, se instalarán en una estructura metálica especialmente diseñada para este propósito.

Además, se integrará un tablero de control en la misma estructura, con el propósito de centralizar y supervisar el proceso de pre mezcla. Esta disposición garantizará la coordinación precisa de las operaciones y proporcionará un control integral sobre las variables clave del proceso.

4.3.1 **Caso impulsado por bombas neumáticas**

Las emulsiones de baja viscosidad presentes en el proceso encuentran en las bombas neumáticas un aliado eficiente. Su capacidad para manejar líquidos con fluidez facilita la transferencia suave y uniforme de las materias primas, sin comprometer la integridad de las emulsiones y evitando esfuerzos de cizalla en el producto a transportar si se compara con otros tipos de bombas, ya que podría alterar sus propiedades y calidad. Esta característica se traduce en una mezcla final homogénea y productos con sus atributos preservados.

La combinación de caudales y desniveles de impulso bajos de este caso particular encaja perfectamente con las bombas neumáticas. Su capacidad para generar un flujo constante y controlado en estas condiciones asegura la consistencia en el proceso de mezcla. Además, la utilización de aire comprimido en lugar de energía eléctrica añade un nivel de seguridad sustancial al entorno de trabajo. La prevención de riesgos eléctricos y la minimización de la exposición a circuitos eléctricos en un entorno industrial son consideraciones cruciales.

La facilidad de limpieza es otro aspecto que favorece la elección de bombas neumáticas. En un proceso donde la higiene y la limpieza son esenciales para mantener la calidad de las pinturas látex, las bombas neumáticas se destacan por su diseño simple y su capacidad de desmontaje rápido. Esto permite una limpieza efectiva y rápida entre lotes, reduciendo el riesgo de contaminación cruzada y mejorando la eficiencia general del proceso.

Otro aspecto a valorar es la disponibilidad generalizada de bombas neumáticas en el mercado, junto con una variedad de materiales constructivos internos y externos que garantiza una adaptabilidad óptima a diferentes entornos y condiciones de funcionamiento. Esta diversidad de opciones permite seleccionar las características específicas necesarias para asegurar un rendimiento eficaz y duradero.

La versatilidad de las bombas neumáticas también permite el transporte de sólidos en determinadas situaciones. Aunque en este caso las sustancias son principalmente líquidas, la capacidad de adaptación a diferentes tipos de fluidos y condiciones

operativas asegura una solución confiable para posibles cambios en la composición o características de las materias primas.

Se considera que las bombas neumáticas se erigen como la elección óptima para estos casos.

La elección de una bomba centrífuga para el transporte de agua potable desde el tanque de reserva externo de la planta hasta el tanque de mezcla principal es una decisión respaldada por una serie de consideraciones clave.

En primer lugar, la necesidad de un caudal relativamente elevado en esta aplicación hace que las bombas centrífugas sean una opción destacada. Su diseño de flujo centrífugo permite un manejo eficiente de grandes volúmenes de agua, lo que es fundamental para asegurar un suministro constante y rápido hacia el tanque de mezcla principal.

La confiabilidad es esencial en entornos industriales, y las bombas centrífugas se destacan en este aspecto. Su diseño simple con pocos componentes móviles reduce la probabilidad de fallas mecánicas, lo que se traduce en menos tiempos de inactividad y mantenimiento. Esto resulta especialmente valioso cuando se trata de transportar agua potable de manera continua y sin interrupciones.

Desde una perspectiva de costos, las bombas centrífugas a menudo ofrecen una inversión inicial más baja en comparación con otros tipos de bombas de alta capacidad. Su construcción y funcionamiento sencillos contribuyen a reducir los gastos de mantenimiento a lo largo del tiempo, lo que resulta en un menor costo total de propiedad.

En cuanto a los tipos de rodets, las bombas centrífugas presentan diversas configuraciones que se adaptan a diferentes aplicaciones. Los rodets pueden ser de tipo abierto o cerrado, lo que afecta la eficiencia y la capacidad de manejo de sólidos. Para el transporte de agua potable limpia como este caso, un rodete cerrado es una elección adecuada por su eficiencia hidráulica, ya que el agua del tanque de reserva es potable de red, sin grandes sólidos en suspensión.

Otro atributo a considerar es la capacidad de regulación del caudal. Las bombas centrífugas pueden ajustarse para variar el caudal según las necesidades, lo que proporciona flexibilidad en la operación y la posibilidad de adaptarse a cambios en la demanda.

4.4 CALCULO Y SELECCIÓN DE BOMBAS SECTOR PRE MEZCLA

4.4.1 Concepto de altura equivalente

La noción de "altura equivalente" se erige como un elemento de primordial importancia en el dimensionamiento y selección de sistemas de bombeo. Este concepto fundamental radica en la consideración de que no todos los líquidos exhiben las mismas propiedades

físicas y, por ende, el desplazamiento de un fluido distinto al agua requiere una aproximación distinta en términos de energía requerida para su transporte.

La densidad, una propiedad intrínseca de cualquier sustancia, juega un papel determinante en esta consideración. La densidad de un fluido determina la presión ejercida a una profundidad dada y, en consecuencia, incide directamente en la energía necesaria para trasvasar el líquido a través de un sistema de tuberías o conductos. Es así como, al trabajar con líquidos que difieren en densidad con respecto al agua, surge la imperiosa necesidad de recalibrar el cálculo de altura equivalente.

Es por ello que se utilizara este concepto para poder seleccionar todas las bombas correspondientes, relacionando la densidad del producto en comparación con la del agua, de la siguiente manera:

$$H_{equivalente} = H_{agua} \cdot \frac{\rho_{Liquido\ estudio}}{\rho_{Agua}}$$

4.4.2 Concepto de selección bombas neumáticas

En términos de dosificación, las bombas neumáticas ofrecen la ventaja de proporcionar un caudal preciso incluso a bajas tasas de dosificación. Esto es esencial para garantizar la exactitud en la mezcla de materias primas, lo que a su vez influye en la calidad del producto final. La seguridad de operación es un factor primordial en cualquier proceso industrial. Las bombas neumáticas son intrínsecamente seguras debido a su diseño robusto y a la falta de partes móviles expuestas. Esto reduce el riesgo de accidentes y contribuye a un entorno de trabajo más seguro.

Finalmente, la selección de la bomba neumática debe tener en cuenta el desplazamiento por ciclo. Este parámetro debe ser un múltiplo de la cantidad a dosificar para evitar errores en el proceso de mezcla. La precisión en la dosificación es esencial para mantener la consistencia y la calidad del producto final

4.4.3 Bomba impulsora de materias primas a tanque de pre mezcla

Se utilizará bombas neumáticas por su bajo caudal de impulsión, cercanía desde punto de suministro a lugar de bombeo, facilidad de instalación, y por su cualidad sanitaria y de limpieza interna. Para el cálculo se tomará como válido, realizarlo sobre el producto más denso, ubicado en la posición más, lejana como es caso del tanque nº 4, almacenando el propilenglicol. Se utilizará como medio de conducción manguera de PVC con refuerzo interno de alambre de acero de diámetro interior 1". Se propone una velocidad económica de 1,5 m/s.

Las pérdidas de carga del sistema de impulsión son:

TANQUE IBC Nº4 (PROPILENGLICOL)			
PERDIDA DE CARGA IMPULSION DESDE IBC A TOLVA PREMEZCLA			
ACCESORIO	CANT.	PC unitaria (m)	PC TOTAL
CURVA 90º DN 1"	2	0,82	1,64
VALVULA ESFERICA DN 1"	1	13,4	13,4
REDUCCION	2	0,5	1
VALVULA SOLENOIDE DN 1" (Kv=58)	1	0,001874	0,001874
MANGUERA	1	3,5	3,5
SUMATORIA PC IMPULSION (m)			19,5
PERDIDA DE CARGA EQUIVALENTE (meq)			20,2

Tabla 7. Datos calculo perdida de carga IBC nº4

Datos del fluido y sistema:

Diametro manguera (m)	0,0254
Velocidad economica (m/s)	1,5
Viscosidad dinamica (Kg/m*s)	0,001173
Densidad (kg/m ³)	1036
Rugosidad Absoluta (m)	0,0000393
Rugosidad Relativa (m)	0,001547244
Diferencia de altura entre bomba y deposito (m)	1,5
Caudal de impulsión (L/min = m ³ /h)	10 = 0,6

Tabla 8. Datos del fluido de sistema calculo perdida de carga IBC nº4

Se procede a calcular el número de Reynolds para caracterizar el fluido, según:

$$Re = \frac{\rho v \phi}{\mu_{din}}$$

Reemplazando y operando:

$$Re = 3 \times 10^4 \rightarrow (\text{FLUIDO TURBULENTO})$$

Ingresando en el diagrama de Moody se obtiene valor de factor de fricción:

$$f = 0,022$$

Se procederá a calcular las pérdidas de cargas según DARCY-WEISBACH:

$$J_{REAL} = f \frac{L_{eq} v^2}{\phi 2g}$$

Reemplazando y operando:

$$J_{REAL} = 2,013 (m)$$

Con estos valores se procede a la selección de la bomba neumática.

Se propone utilizar como mínimo el uso de una bomba neumática de 1" en material Kynar® (PVDF), un termoplástico resistente a la abrasión y apto para uso en aplicaciones que requieran resistencia química con baja permeabilidad para el caso de impulsión del funguicida y para el resto cuerpo de polipropileno debido a la compatibilidad química de los productos a bombear.

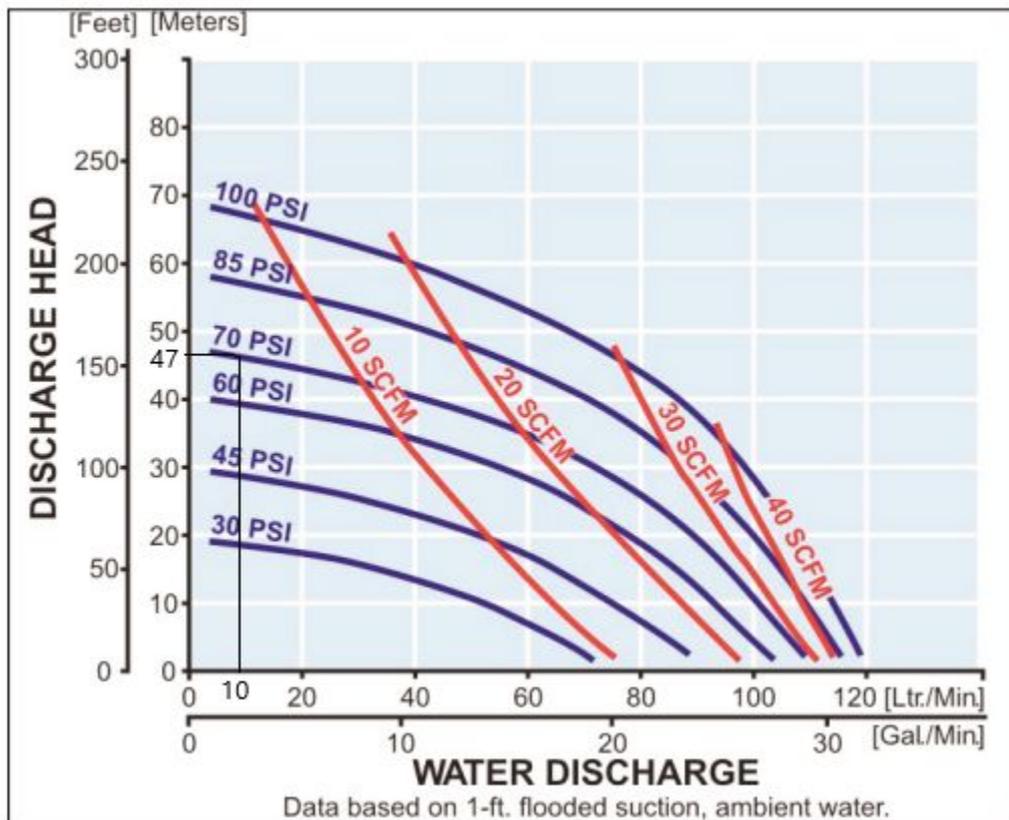


Ilustración 27. Curva de bomba neumática tanques IBC

Según la curva Q-h aportada por el fabricante se puede observar que para el caudal de bombeo propuesto la bomba nos otorgaría aproximadamente 47 mca equivalente.

Calculando la altura disponible,

$$J_{disp} = \left(\frac{P_1}{\rho} + Z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\rho} + Z_2 \right)$$

Siendo,

P₁: Presión impulsión de la bomba

P₂: Presión de descarga de la bomba

Z₁: Cota cero de sistema de bombeo

Z₂: Cota descarga de producto con respecto a Z₁

Remplazando y operando,

$$J_{disp} = (47 + 0) - (0 + 1,5) = 45,5 \text{ m}$$

Por lo tanto,

$$J_{disp} \geq J_{REAL} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Como se observa la bomba satisface ampliamente la necesidad de impulsión, pero es la necesaria por su correcto caudal de dosificado para completarse en el tiempo propuesto, y sobre todo el tamaño de solidos admisibles, lo cual esto último resulta crítico.

Características bomba neumatica 1"	
Presion de suministro de aire	1,4 - 7 Bar
Volumen de descarga por ciclo	833 cm ³
Maximos cilcos por minuto	210
Maximo tamaño de solidos	4,8 mm
Maxima altura de succion	5,4 m
Material sellos internos	Neoprene
Maxima temperatura de operación	82 ° C
Conexión de carga y descarga	Roscada 1" NPT Hembra

Ilustración 28. Características bomba neumatica 1"

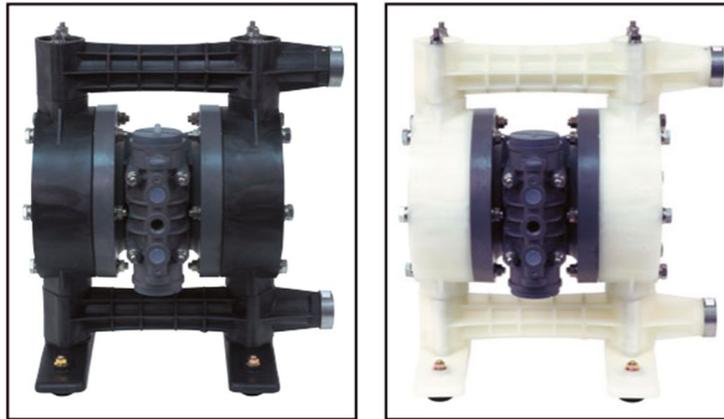


Ilustración 29. Bomba neumatica 1" - 1/2"

Se tomará como caso particular la dosificación del dispersante, ya que deberá ingresar aproximadamente un litro a la preparación total. Por lo tanto, se seleccionará una bomba de 1/2".

Características bomba neumatica 1/2"	
Presión de suministro de aire	1,4 - 7 Bar
Volumen de descarga por ciclo	128 cm ³
Maximos cilcos por minuto	400
Maximo tamaño de solidos	1 mm
Maxima altura de succion	1,52m
Material de sellos internos	VITON (FKM)
Maxima temperatura de operación	82 ° C
Conexión de carga y descarga	Roscada 1/2" NPT Hembra

Tabla 9. Características bomba neumatica 1/2"

Es necesario aclarar que las alturas de succión no son verificadas ya que el nivel de líquido, sobre todo en los tanques de posiciones bajas del rack se encontrara por encima del nivel de succión de la bomba, por lo tanto, este apartado queda verificado de manera práctica.

4.4.4 Bomba impulsora de pre mezcla a tanques principales

Para este caso se utilizará una bomba centrifuga de impulsor cerrado de una etapa, ya que, en este caso, la solución diluida en agua no corre riesgo de perder propiedades por cizalla, a diferencia del caso anterior y la presencia de particulado solido que pueda poner en riesgo componentes internos como el rodete, es prácticamente nulo. Se seleccionará una bomba de la marca Czerweny, específicamente el Zeta 1,5 de 0,75 HP (559,3 W) de potencia.



Ilustración 30. Bombacentrifuga alimentacion tanques dispersores

Se presenta el caso de la variabilidad de las características de los fluidos a impulsar, ya que los mismos serán mezclas diluidas en agua de distintas proporciones, por lo tanto, se tomará como válido utilizar una densidad y viscosidad de cálculo con un 20% mayor a la del agua. Se propone la utilización de mangueras de diámetro interno 25,4 milímetros.

El cálculo y la selección de la bomba se realizará de la misma manera que en el inciso **4.5.1. VER ANEXO II**

4.4.5 Eficiencia de bomba impulsión de pre mezcla a tanque principal

Calcular el rendimiento de una bomba centrífuga es crucial para optimizar la eficiencia y la economía de operación en sistemas de fluidos. Por lo tanto, evaluar y mejorar el rendimiento de una bomba es esencial para el éxito y la eficacia a largo plazo de cualquier sistema de bombeo. Los rendimientos de la bomba según los fabricantes pueden ser de 0,5 hasta 0,8 en algunos casos, por lo tanto, tomaremos un valor de 0,7 como válido.

$$P_c = \frac{J_{disp} \cdot \delta \cdot Q \cdot g}{\eta_b} \quad (W)$$

$$E_m = \frac{P_c}{P_r \eta_b} 100 \quad (\%)$$

Siendo,

E_m : Eficiencia mecánica de la bomba

P_c : Potencia de cálculo (W)

P_r : Potencia real (W)

η_e : Rendimiento eléctrico

η_B : Rendimiento de la bomba

Q: Caudal de trabajo (m³/s)

Reemplazando:

$$P_c = 176,4 \text{ (W)}$$

$$E_m = \frac{176,4}{559,3 \cdot 0,8} 100 = 39,4 \%$$

Como se observa la bomba satisface ampliamente la necesidad de impulsión, permitiendo utilizarla con mayores caudales, si surge la necesidad de disminuir los tiempos de bombeo hacia el tanque principal.

4.4.6 Bomba impulsora de resina acrílica a tanques principales

Para el caso de la resina acrílica se deberá seleccionar una impulsión específica para esta materia prima. Se propone la utilización de una bomba neumática de 2", con cuerpo de polipropileno y sellos internos de neopreno. El criterio principal de la selección de este tipo de bomba para evitar el efecto directo de cizalla del fluido, ya que se comprobó de manera práctica que esto sucede, bajando la calidad de esta materia prima fundamental para la calidad final de la pintura látex. Se propone la utilización de cañerías de acero inoxidable de diámetro interno de 50,8 milímetros.

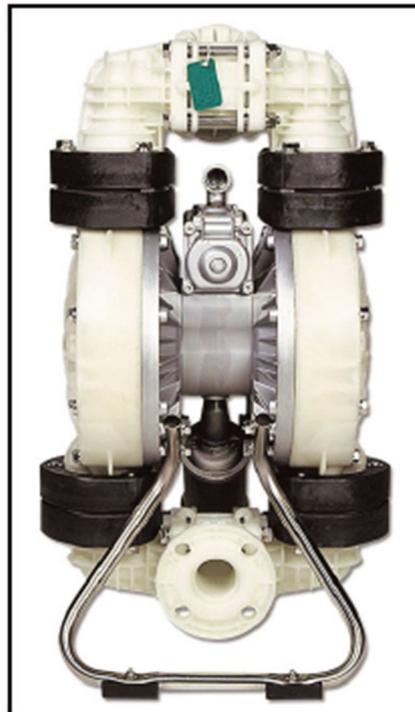


Ilustración 31. Bomba neumática impulsión resina acrílica

El cálculo y la selección de la bomba se realizará de la misma manera que en el inciso **4.5.1. VER ANEXO III**

4.5 PIPING SECTOR PRE MEZCLA

Para el traslado de materias primas desde sus tanques de almacenamientos primarios hasta la tolva se utilizarán exclusivamente mangueras de PVC con refuerzo espiral de acero.

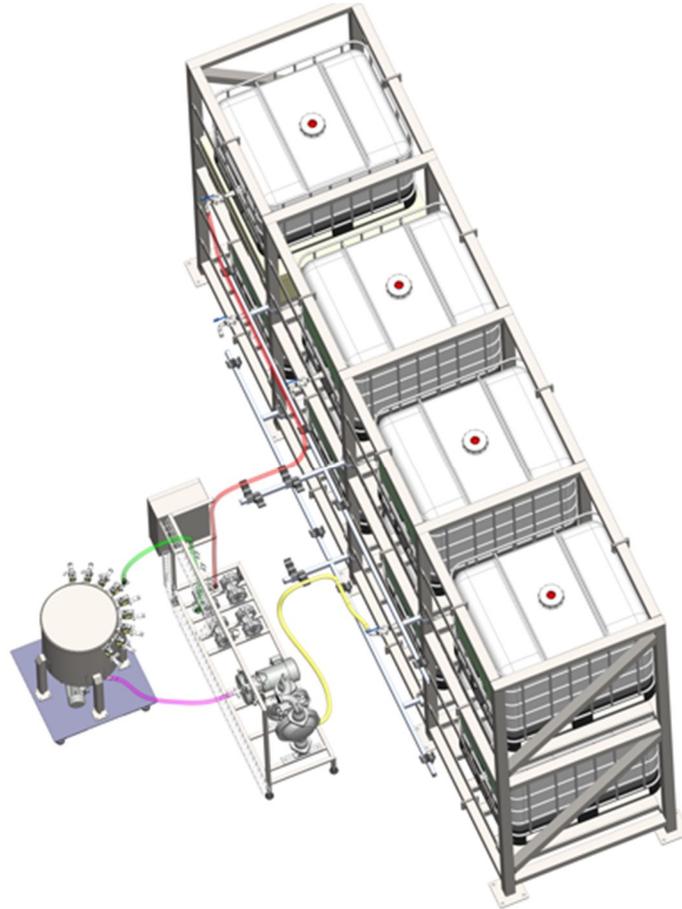


Ilustración 32. Presentacion equipos pre mezcla

Se conectará en primera instancia en el tanque de almacenamiento, mediante unión clamp de acero inoxidable una válvula esférica, la cual, con la ayuda de la válvula esférica provista en el tanque IBC nos apoyaremos para desacoplar el tanque al momento del intercambio, y de esta manera evitar pérdidas de producto, derrames y contaminación asociada. Se utilizará manguera de diámetro interior 25,4 milímetros (1")

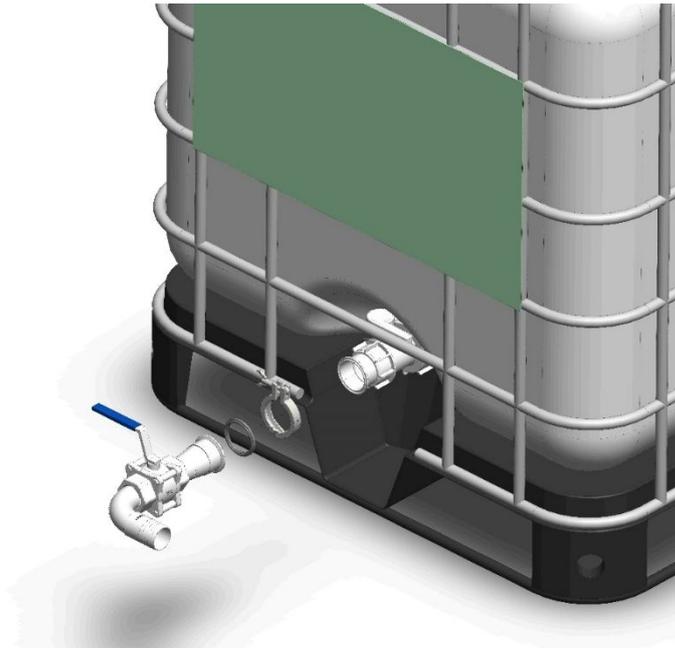


Ilustración 33. Detalle conexonado vaciado tanques IBC

Todos los ramales de mangueras de cada tanque serán soportados por una estructura metálica tubular solidaria a la estructura tipo rack, con el fin de simplificar su instalación y conducción, logrando de esta manera un orden en cuanto a su recorrido al destino final. Se diseñará una estructura simple de tubo rectangular de 50 x 30 de sección en espesor 1,5mm. Se le añadirán piezas diseñadas con impresión 3d para fijar las mangueras, permitiéndole en caso de necesitar, un pequeño traslado axial con respecto al soporte.

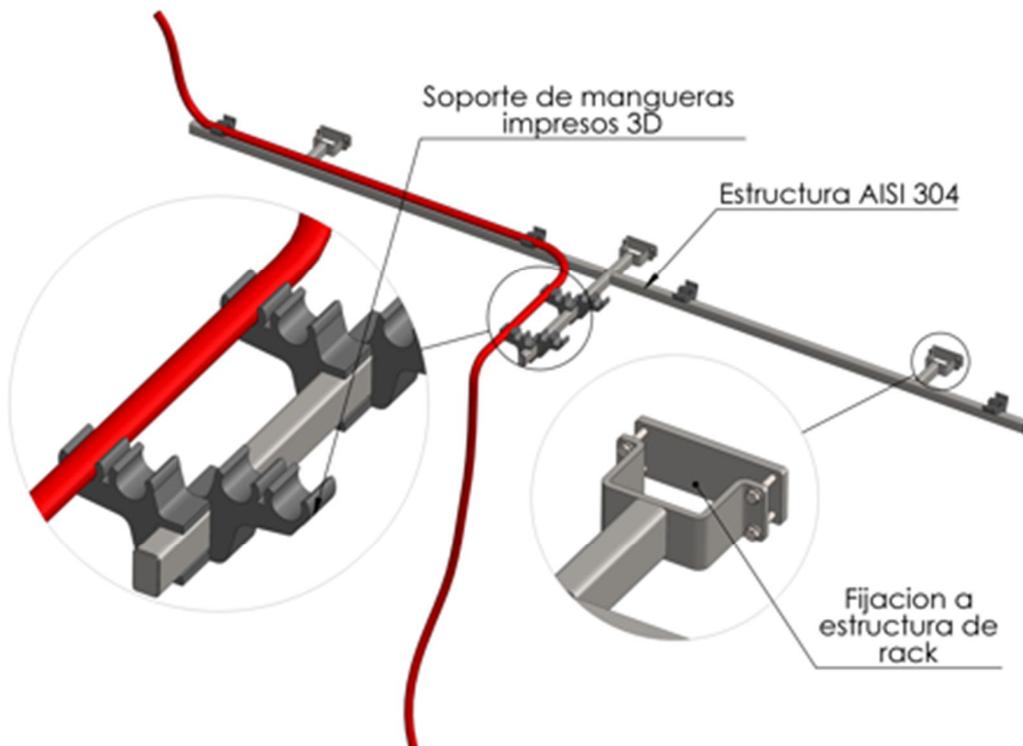


Ilustración 34. Estructura fijacion de mangueras PVC

La fijación al rack se dará mediante una unión abulonada, teniendo la estructura una chapa plegada que rodeará uno de los parantes del rack, el cual se le atornillará por detrás una placa mediante 4 bulones M6 x1. Tendrá 3 puntos de fijación.

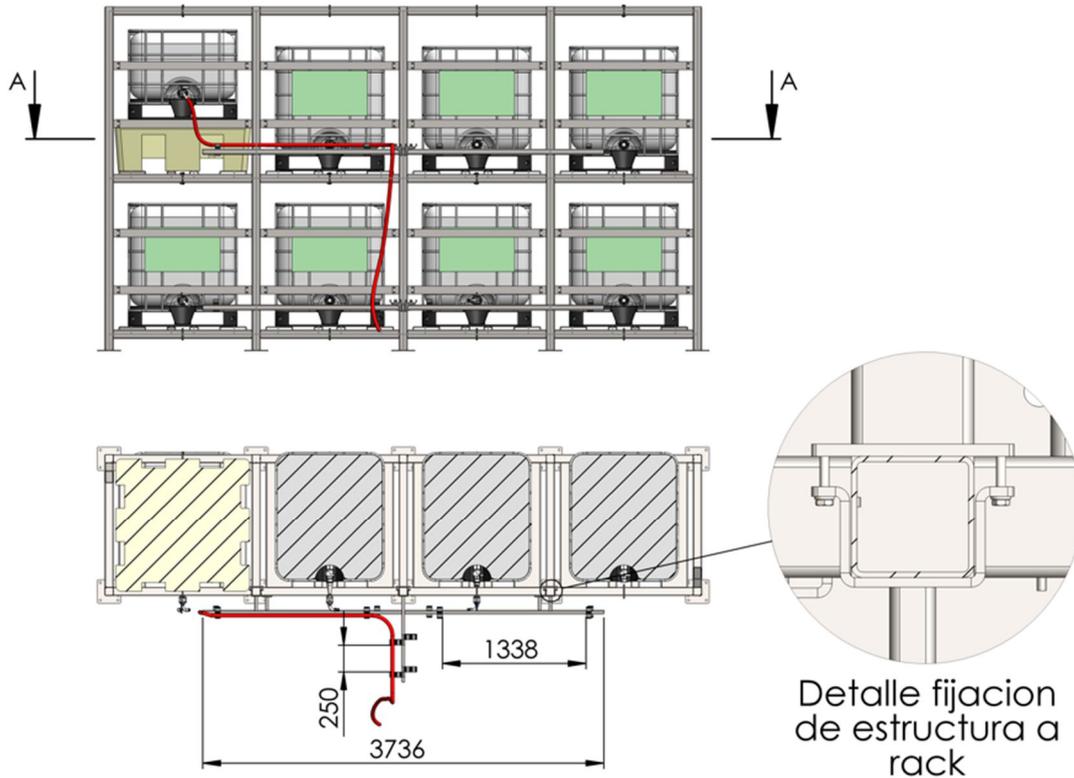


Ilustración 35. Fijación de estructura de fijación de mangueras a rack

4.5.1 Conducción de fluidos tolva pre mezcla a tanque principal

Se utilizará una combinación de mangueras flexibles y cañerías rígidas. Las conexiones flexibles se utilizan para comunicar la tolva con las aspiraciones de las bombas y para el primer tramo de impulsión, con el fin de aislar de movimientos en la cañería rígida producto de las vibraciones normales de funcionamiento de la bomba neumática. Esta vinculación entre mangueras y cañerías flexibles se realizara mediante uniones clamp, permitiendo un fácil desarme en caso de que se requiera.

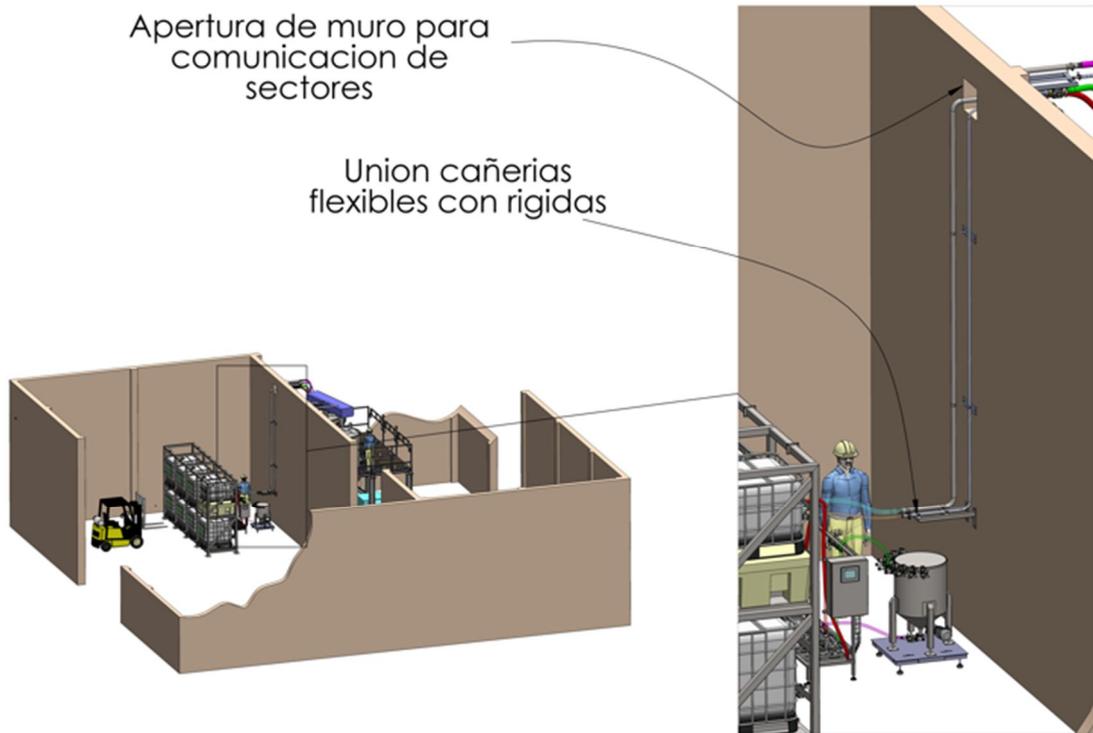


Ilustración 36. Piping vinculacion sector pre mezcla y envasado

Dependiendo de que tanque de dispersión debamos satisfacer, se habilitarán las válvulas correspondientes para conducir el fluido a su destino, las cuales se encontrarán en el sector envasado

Para el paso de las cañerías se requerirá realizar una perforación en el muro divisorio, que deberá tener dimensiones 450 x 350mm. Deberá realizarse de manera tal que no ponga en riesgo la seguridad estructural de la nave, es por esta razón se instalara un marco de refuerzo perimetral de acero.

Para las conexiones rígidas se utilizarán tubos de acero AISI 304 con costura, pulida exteriormente. En cuanto a las flexibles, se dispone de mangueras de material PVC con refuerzo interior en forma de espiral de acero.

La elección entre conexiones rígidas y flexibles dependerá en gran medida de la necesidad de movilidad, flexibilidad en el sistema y puntos a comunicar, entendiendo que cada tipo de conexión ofrece sus ventajas y desventajas. Las conexiones rígidas de acero inoxidable son ideales para comunicar puntos fijos o equipos inamovibles. Estas conexiones ofrecen robustez y resistencia mecánica, lo que es esencial para garantizar la estabilidad y la integridad del sistema en puntos clave como bombas. Además, el acero inoxidable es altamente resistente a la corrosión y al desgaste, lo que lo hace adecuado para entornos químicos y de pintura donde pueden estar presentes sustancias corrosivas. Por otro lado, las conexiones flexibles, en este caso las mangueras de PVC con refuerzo interno de acero ofrecen ventajas significativas en cuanto a su capacidad

de flexibilidad, permitiendo conectar equipos con celdas de cargas integradas como es nuestro caso y no inferir en errores de medición.

En cuanto a la elección de materiales, el acero inoxidable es una opción superior debido a su durabilidad, resistencia a la corrosión y capacidad para soportar productos químicos agresivos. Aunque puede tener un costo inicial más alto en comparación con otros materiales, su vida útil prolongada y la necesidad reducida de mantenimiento compensan esta inversión inicial. En contraste, el PVC es una opción más económica, pero su resistencia a productos químicos agresivos y su vida útil pueden ser menores en comparación con el acero inoxidable.

Esta combinación de materiales entre acero AISI 304 y PVC asegura la estabilidad y la flexibilidad necesarias, mientras que la elección de materiales considerando costos, resistencia química y durabilidad contribuye a un sistema eficiente y confiable a largo plazo.

4.5.2 Trazado PIPING

Para conectar los equipos de bombeo con los depósitos de materias primas se utilizarán conexiones flexibles, seleccionando mangueras de PVC con refuerzo de espiral de acero. Las utilizaremos en formatos de diámetro interior de 1" y 2".



Ilustración 37. Manguera PVC

Ød. int. (mm)	Ød. Ext. (mm)	RCur (mm)	Presión (bar)	Depresión (m H ₂ O)	Peso (g./m)
25	33	110	6	8,5	510
50	60	230	4	8	1275

Tabla 10. Datos manguera PVC

Son una excelente elección para los tanques IBC (Intermediate Bulk Containers) donde se depositan las materias primas. Estos tanques pueden ser removidos y reubicados con frecuencia, lo que hace que las conexiones flexibles sean ideales para absorber las diferencias de posición y movimiento. El PVC con refuerzo interno de acero proporciona la flexibilidad necesaria y al mismo tiempo garantiza una cierta resistencia mecánica para evitar daños durante la manipulación. Además, será de gran utilidad para conectar un tramo fundamental, como lo es el que une las cañerías rígidas con las válvulas solenoides dosificadoras; En este punto será fundamental el uso de cañerías flexibles ya que el correcto diseño de este tramo determinará el funcionamiento de la plataforma de pesaje. Todo el ramal de manguera entre estos dos puntos deberá tener permitir el mismo descenso que el necesario por la plataforma de pesaje para lograr la medición, por lo tanto, las mangueras flexibles serán colocadas en forma tal que puedan tener libertad de movimiento total, sin perturbar la medición de la plataforma.

Todos los puntos de conexión cuentan con soportes de mangueras para poder fijar un recorrido y poder mantener cierto orden de instalación, tanto en la parte del rack como en la estructura soporte de sistemas de bombeo.

Las conexiones se diseñarán de tal manera que sea de fácil limpieza, por lo tanto, se utilizarán conjuntos de olivas y unión clamp en las medidas correspondientes para su fácil desarme. Además, en los casos que se esté conectando a algún equipo que cuente con algún sistema de pesaje, se deberá establecer un recorrido tipo "omega" el cual permita el correcto descenso del equipo sobre las celdas, sin introducir perturbaciones resultando en una lectura errónea del peso.

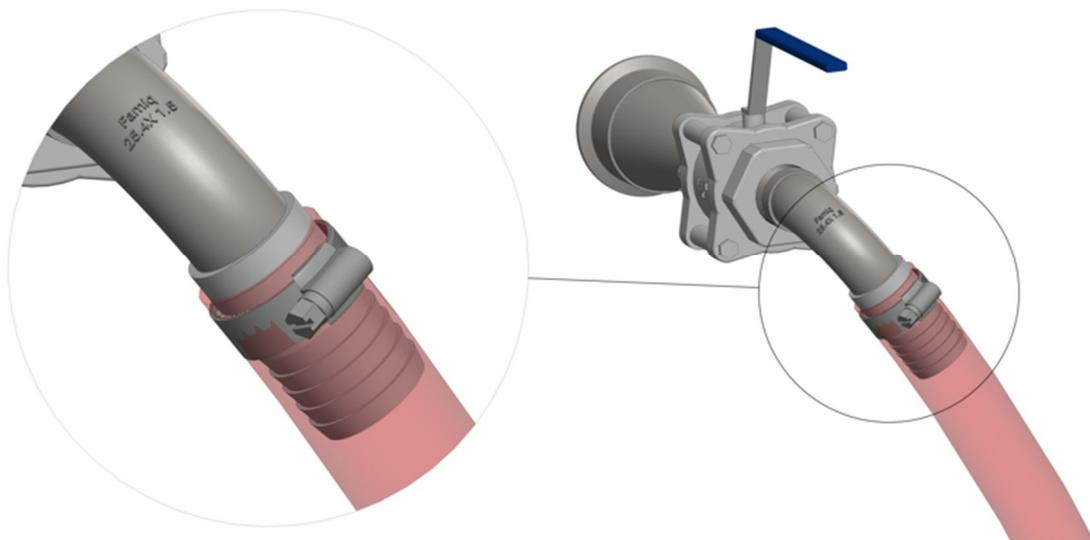


Ilustración 38. Conexión de mangueras PVC tanques IBC

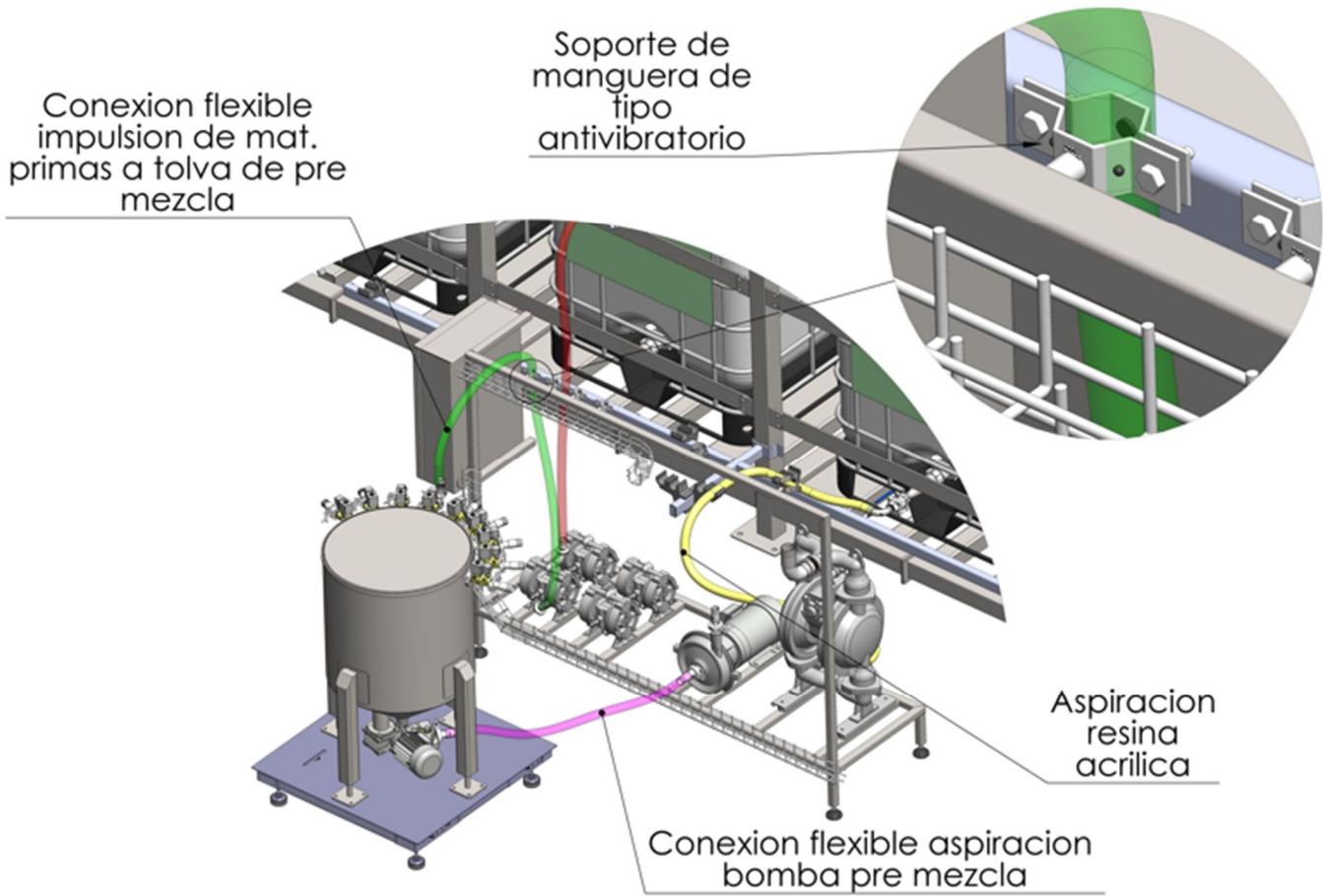


Ilustración 39. Conexión de mangueras flexibles zona pre mezcla

4.5.3 Conexión sector pre mezcla y sector envasado

Las cañerías se soportarán por ménsulas construidas especialmente para el caso. Se vincularán sobre el plano paralelo a los muros con soportes de cañerías desarmables, utilizando una luz vertical entre sujeción de 1200mm, distancia que deja repartida las cotas desde el inicio de las cañerías hasta el lugar de pasaje de las cañerías hasta el sector de preparación final.

Este tendido rígido vertical es necesario ya que necesitamos acceder a la plataforma que se encuentra en el sector envasado, cumpliendo con la necesidad de acceso de las cañerías por la parte superior de la misma, a través que un hueco que se deberá realizar en el muro divisorio. Se deberán realizar todas las consideraciones edilicias de seguridad en el muro a atravesar sin poner en riesgo la estructura portante.

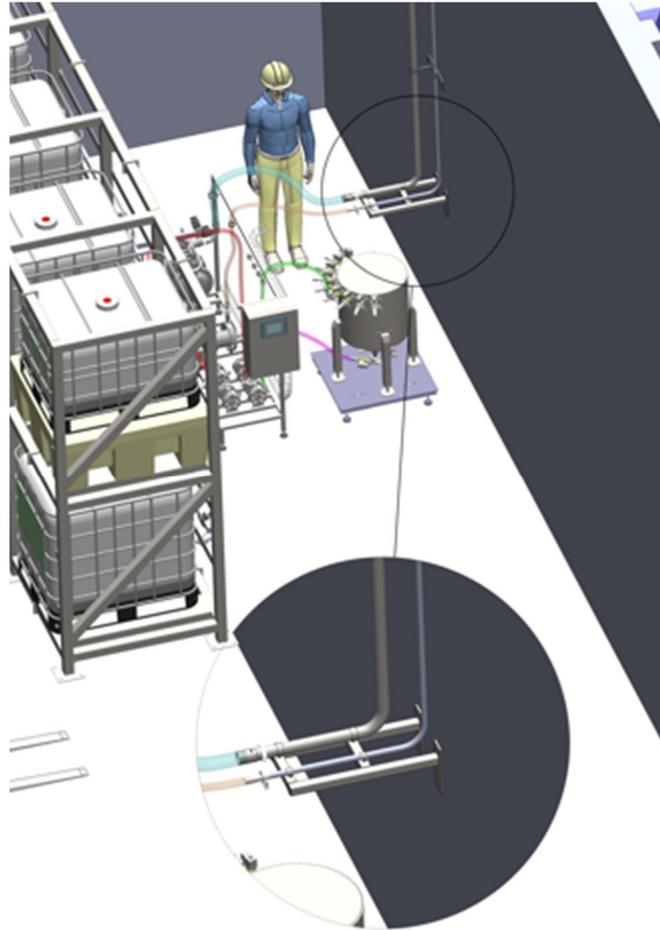


Ilustración 40. Fijacion de cañerías rígidas zona pre mezcla

En cuanto al soporte, se fabricará con un diseño de marco con tubos de 40x40 de AISI 304. Se soldarán las correspondientes fijaciones para mantener en posición las cañerías. Deberá ser instalado sobre la pared, por lo tanto, se requiere una vinculación mediante tornillos al muro.

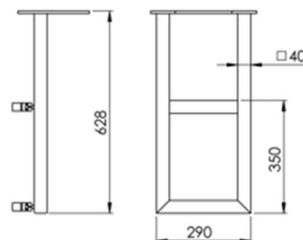
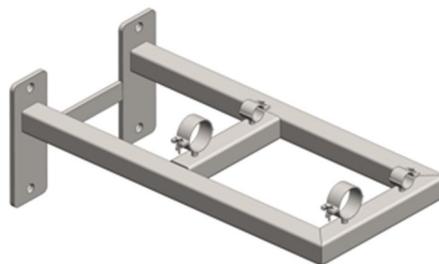


Ilustración 41. Mensula soporte de cañerías zona pre mezcla

4.6 ESTRUCTURA SOPORTE DE BOMBAS IMPULSORAS SECTOR PRE MEZCLA

Sera necesario contar con una estructura en la cual organizar el sistema de bombeo con sus respectivas mangueras, además de un tablero que incorporara parte del control del proceso. Se construirá íntegramente con tubos cuadrados de 30 x 30, de AISI 304. El tablero se fabricará con un diseño estanco, con una puerta frontal, alojando una pantalla táctil LCD de 7" donde se cargarán manualmente los datos los tanques que se alojen en el rack, y comunicándole al sistema principal con que materia se está trabajando en el momento, para poder realizar la trazabilidad correspondiente. Además, deberá controlar el sistema de pesaje de la tolva, por lo tanto, deberán cablearse todas las válvulas solenoides del sector pre mezcla. Para ordenar el tendido eléctrico de baja potencia se montará por la parte superior de la estructura, bandejas porta cables de acero inoxidable.

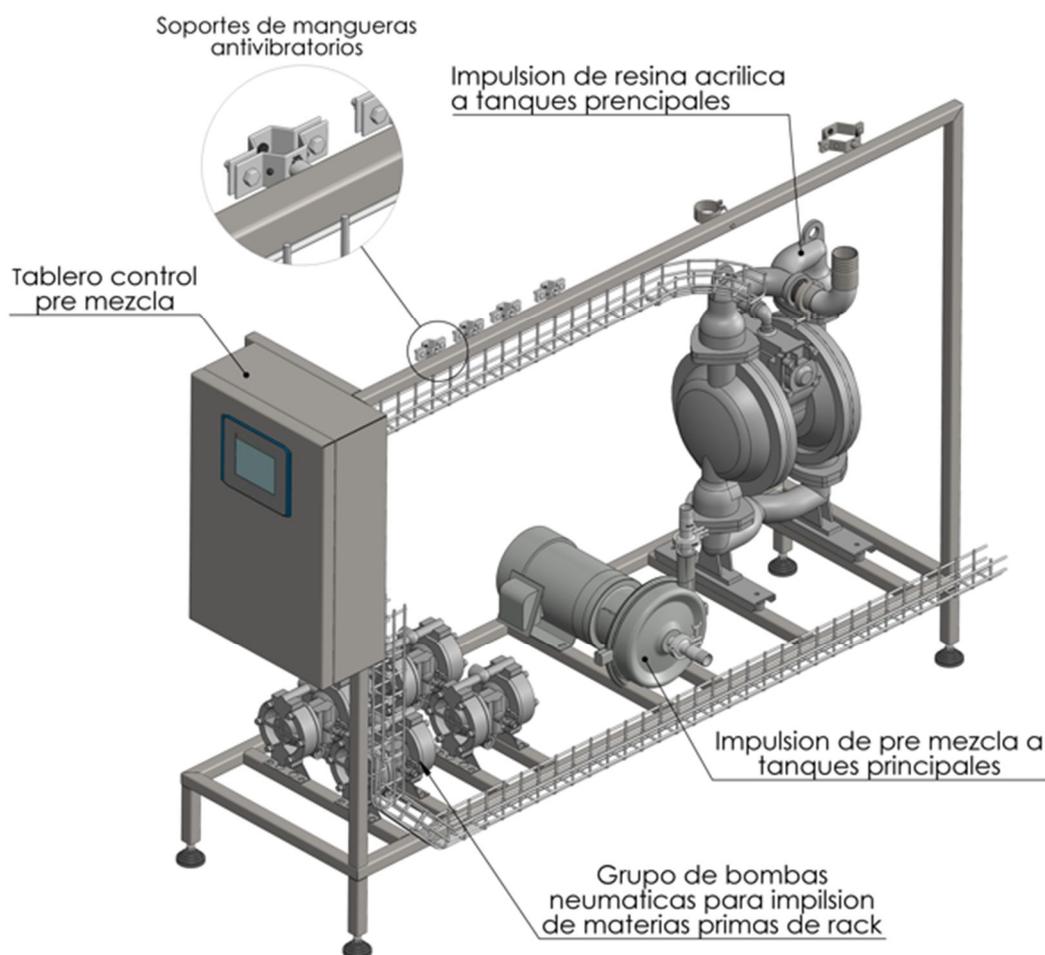


Ilustración 42. Estructura fijacion de bombas pre mezcla

Por la parte inferior nos encontraremos con otra bandeja, pero esta será la encargada de alojar tanto el tendido eléctrico para las bombas centrífugas, como las mangueras neumáticas de las bombas, ya que en el interior del tablero también se encontrarán las electroválvulas de control que las habilitan.

Soldados sobre el mismo se colocarán estratégicamente soportes de mangueras de formato anti vibratorio, con el fin de alimentar la tolva de pre mezcla por la parte superior de la misma y conectar con la cañería rígida que encontrara fijada a la pared.

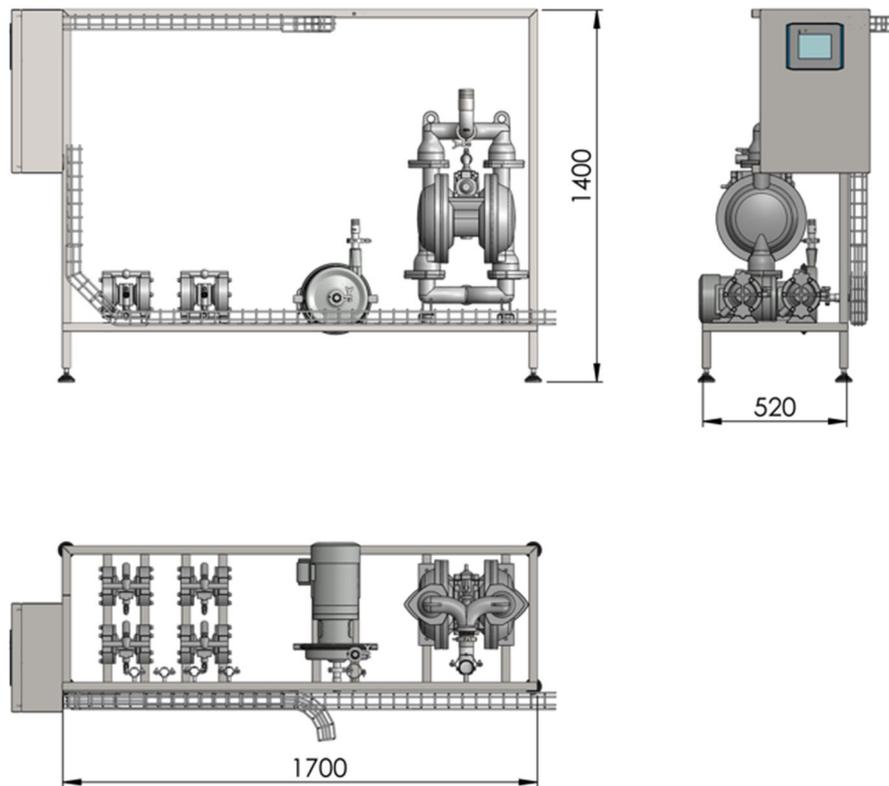


Ilustración 43. Cotas estructura fijacion de bombas en zona pre mezcla

4.7 **TOLVA DE PRE MEZCLA**

La tolva de pre mezcla se ha concebido como un componente esencial en el proceso de preparación de materias primas para la fabricación de pinturas látex. Su diseño está fundamentado en la necesidad de manejar con precisión y eficiencia aquellos ingredientes que componen la mezcla final en proporciones más pequeñas y que se encuentran por debajo de la resolución de pesaje del tanque principal, y por lo tanto requieren una preparación previa.

4.7.1 Selección del material

La elección de construir la tolva íntegramente en acero AISI 304 se basa en varias ventajas significativas. El acero inoxidable AISI 304 es conocido por su resistencia a la corrosión, lo que es crucial al manipular componentes químicos agresivos, como los

fungicidas. Además, su durabilidad y facilidad de limpieza son esenciales en aplicaciones donde se busca prevenir la contaminación cruzada y asegurar la calidad del producto. La combinación de estas características garantiza un equipo de larga vida útil, mantenimiento sencillo y cumplimiento con estándares de higiene. Si bien existen algunos materiales alternativos como los de polietileno de alta densidad o los de fibra de vidrio, se seleccionó el acero ya que fueron puestos en valor los siguientes apartados:

1. Acero Inoxidable AISI 304:

El acero inoxidable AISI 304 sobresale en términos de durabilidad y resistencia a la corrosión. Estas cualidades son particularmente relevantes en entornos de procesamiento químico, como la fabricación de pinturas látex, donde los componentes pueden ser agresivos y potencialmente corrosivos. El AISI 304 resiste la degradación causada por sustancias químicas y, en este caso, fungicidas, lo que prolonga la vida útil del equipo y asegura la integridad de los ingredientes.

El acero inoxidable también cumple con altos estándares de higiene y facilidad de limpieza. A diferencia de otros materiales, no poroso, lo que evita la acumulación de residuos y la posible contaminación cruzada. Esto es esencial en industrias donde la calidad y la consistencia del producto final son críticas.

2. Tanque de Plástico:

Aunque los tanques de plástico pueden ser adecuados en ciertos escenarios, su resistencia química puede ser limitada, especialmente cuando se manejan sustancias agresivas como fungicidas. A largo plazo, los tanques de plástico pueden sufrir degradación y fragilidad, lo que podría resultar en fugas, derrames o incluso colapsos. Además, los plásticos pueden ser porosos, lo que podría dificultar la limpieza y aumentar el riesgo de contaminación.

3. Tanque de Fibra de Vidrio:

Los tanques de fibra de vidrio también ofrecen resistencia química, pero pueden tener algunas desventajas. Aunque son menos susceptibles a la corrosión que los metales, podrían no ser tan robustos como el acero inoxidable en aplicaciones donde se manejan sustancias químicas agresivas. La resistencia mecánica y la durabilidad de la fibra de vidrio pueden disminuir con el tiempo y la exposición a productos químicos, lo que puede requerir un reemplazo más frecuente.

4.7.2 Conclusión y justificación a favor del acero inoxidable AISI 304:

La elección del acero inoxidable AISI 304 para la construcción de la tolva de pre mezcla es respaldada por su combinación única de resistencia química excepcional, durabilidad y facilidad de limpieza. En comparación con el plástico y la fibra de vidrio, el acero inoxidable AISI 304 ofrece una mayor confiabilidad a largo plazo y cumple con los requisitos de seguridad y calidad necesarios en la manipulación de sustancias químicas agresivas como los fungicidas. Además, su capacidad para resistir la corrosión y la contaminación cruzada lo convierte en una elección sólida para entornos industriales donde la integridad del producto es esencial.

4.7.3 Función y Ubicación de las Válvulas Solenoides:

Las válvulas solenoides se colocarán en la parte superior del cuerpo de la tolva, montadas sobre juntas clamp de fácil desarme en el exterior del equipo. Esta disposición estratégica permitirá un acceso cómodo para el mantenimiento y calibración de las válvulas, así como una distribución uniforme de los ingredientes. La presencia de una válvula solenoide por cada producto y una entrada de agua asegura la dosificación precisa de cada componente en la mezcla.

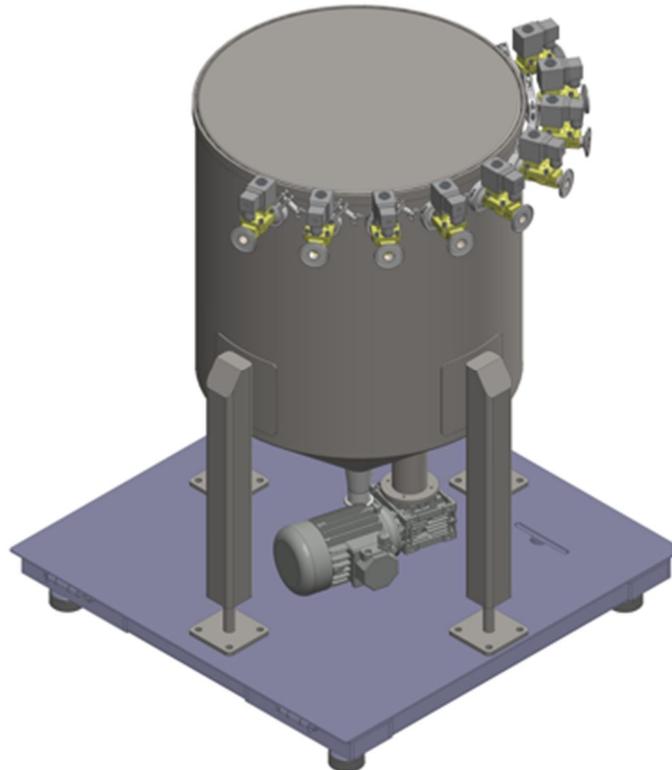


Ilustración 44. Tolva de pre mezcla

4.7.4 Selección de válvulas solenoides

En el proceso de automatización de la mezcla de materias primas para la producción de pinturas látex, la selección de componentes y equipos juega un papel fundamental. Entre estos, las electroválvulas desempeñan un rol crucial al facilitar el control preciso del flujo de materias primas líquidas. En este contexto, la elección de las Electroválvula 2/2 a membrana normal cerrada de la serie UG de marca MICRO, con opciones de cuerpo de latón o acero AISI 304 y diafragma interno de NBR o FKM, se presenta como una decisión estratégica. Esta elección se justifica no solo por su capacidad para adaptarse a diferentes tipos de materias primas, sino también por su contribución a la seguridad operativa y la eficiencia en entornos industriales.

Las electroválvulas de la serie UG ofrecen una solución integral para el control de flujo en el proceso de mezcla de materias primas. Su versatilidad en cuanto a materiales de

construcción (latón o acero AISI 304) y opciones de diafragma (NBR o FKM) permite adaptarse a una amplia gama de sustancias, desde aquellas menos agresivas hasta materiales químicos más corrosivos. Esta flexibilidad es esencial para garantizar un dosificado preciso y consistente, asegurando la calidad del producto final.

Además, la configuración "normal cerrada" de estas electroválvulas aporta un elemento clave de seguridad al proceso. En situaciones de emergencia o cortes de energía, el flujo se detiene de manera automática, evitando derrames o situaciones potencialmente peligrosas. Esta característica es esencial para garantizar un entorno de trabajo seguro y confiable.

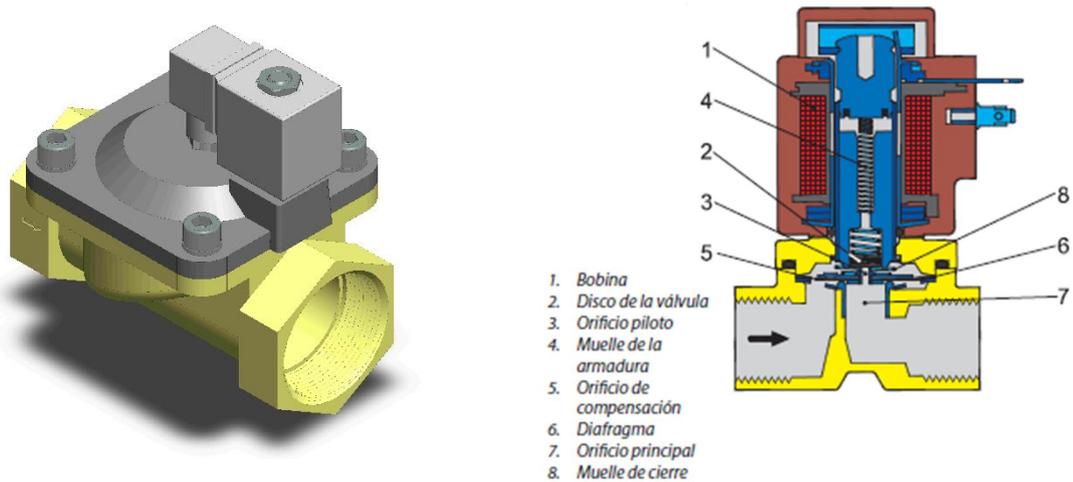


Ilustración 45. Válvula dosificadora

4.7.5 Cálculo kv de válvulas solenoides

El coeficiente de caudal, representado como Kv, es una medida crítica en el diseño y selección de válvulas para sistemas de flujo de fluidos. Este parámetro es una indicación directa de la capacidad de una válvula para regular el caudal de un fluido a través de ella. Expresado en términos de caudal en litros por minuto (l/min), el valor de Kv se deriva de la relación entre la diferencia de presión a través de la válvula y el caudal resultante. Estos valores se encuentran tabulados en la data sheet aportado por el fabricante.

$$Kv = \frac{Q}{\sqrt{h_m}} \rightarrow h_m = \frac{Q^2}{Kv^2}$$

Siendo:

Kv: coeficiente de caudal Kv ((m³/h)/(bar)^½)

Q: caudal de paso por la válvula (m³/h)

h_m: Perdida de carga a través de la válvula (m)

Dependiendo del fabricante, este valor puede ser expresado en unidades métricas o imperiales, en cualquier caso, se utilizará la siguiente relación de conversión:

$$C_v = 1,155K_v$$

Es válido aclarar que estos valores son estudiados por los fabricantes con agua en condiciones de trabajo determinado, muy distinto a nuestro caso. Por razones de incertidumbre en el cálculo ya que los fluidos son distintos al agua, y para darnos de margen de seguridad en el cálculo afectaremos todas las pérdidas de carga de las válvulas por un factor de 1,3.

Todos los valores de Kv necesarios para el cálculo de los sistemas de este proyecto se encontrarán detallados en el ANEXO V.

Los valores de caudal y densidad de cada materia prima serán extraídos de la tabla presentada en el ANEXO I.

4.7.6 Detalles constructivos tolva de pre mezcla

Está diseñada para garantizar una mezcla eficiente y segura de ingredientes previos al proceso principal. Para lograr esto, se emplea acero inoxidable AISI 304 de 1,5 mm de espesor, conocido por su durabilidad y resistencia a la corrosión, lo que lo hace idóneo para ambientes industriales. Se optó por un espesor de 1,5mm debido a la naturaleza de las condiciones de trabajo internas. En este contexto, la agitación que se lleva a cabo es de tipo simple y de muy baja velocidad, lo que implica que los esfuerzos a las que se encuentra sometida la tolva no alcanzan niveles elevados. Por consiguiente, un espesor mayor, como el de chapa comercial de 2 o 3mm, si bien podría ser factible desde una perspectiva técnica, no resulta justificado en términos de coste. Además, las dimensiones de la tolva no son excesivamente grandes ni altas, lo que implica que la chapa rolada seleccionada posee la capacidad suficiente para soportar los esfuerzos generados por la agitación. En este sentido, se descarta la utilización de espesores menores, como 1mm o 0,8mm, en virtud de que no garantizarían la integridad estructural requerida para el adecuado funcionamiento de la tolva de pre mezcla.

La estructura de la tolva consta de dos componentes principales: un cuerpo cilíndrico y un fondo toriconico. Ambos cuerpos son confeccionados mediante el rolado de chapa de acero inoxidable, lo que asegura su robustez y uniformidad en la forma. Estos elementos son unidos a través de soldadura tipo TIG, una técnica que asegura uniones resistentes y duraderas en entornos industriales, con posterior pulido a espejo. Las dimensiones de la tolva se determinan con base en dos factores cruciales: el volumen máximo de pre mezcla requerido y la altura del vórtice generado durante el proceso de mezcla. En este caso, se establece un volumen seguro de 160 litros, asegurando capacidad suficiente para las necesidades industriales.

El diseño también incluye en el fondo, una columna soldada, la cual juega un rol fundamental, ya que alberga el sistema de mezcla. Este sistema, que opera en su interior, optimiza la homogeneidad de la mezcla. La disposición descentrada permite un

flujo eficiente de los ingredientes hacia la zona de mezcla, potenciando la efectividad del proceso.

Todo el equipo estará soportado por 4 patas de extensión regulable soldadas al exterior del cuerpo, distribuidas uniformemente en su periferia exterior, optando por esta configuración principalmente por cuestiones de robustez antes las vibraciones y movimientos producto de la agitación en su interior.

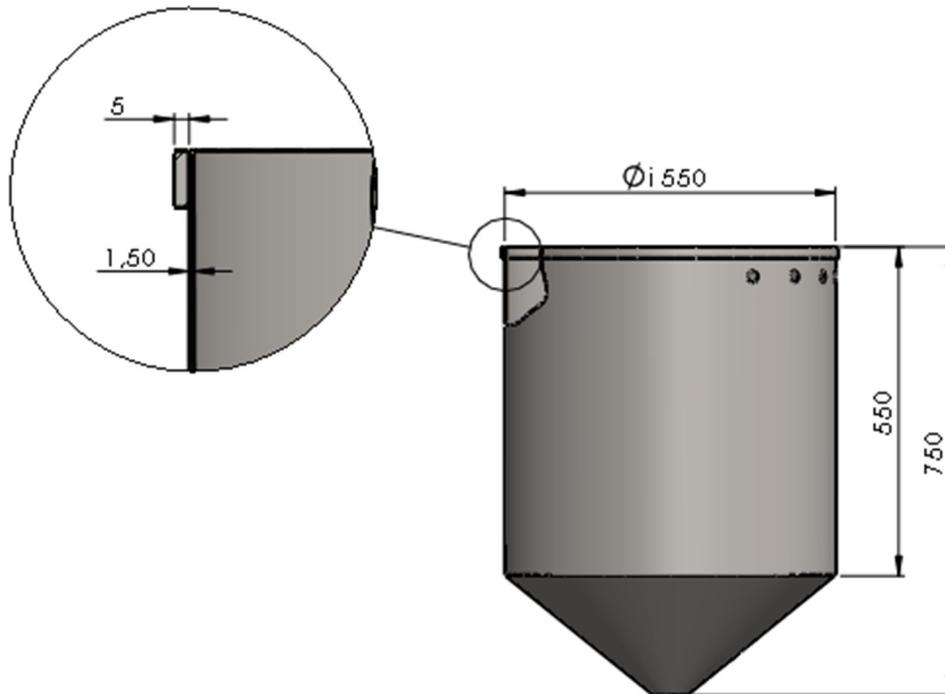


Ilustración 46. Cotas tolva pre mezcla

VOLUMENES TOLVA PREMEZCLA	
CUERPO CILINDRICO	130 LITROS
FONDO CONICO	15 LITROS
VOLUMEN TOTAL	145 LITROS
VOLUMEN UTIL	110 LITROS

Tabla 11. Volumenes tolva pre mezcla

4.8 AGITADOR INTEGRADO Y HOMOGENEIZACIÓN TOLVA PRE MEZCLA

La inclusión de un sistema de agitación en la parte inferior de la tolva es esencial para lograr la homogeneización adecuada de la mezcla en agua mientras se dosifican los ingredientes. La agitación continua garantiza que los componentes se dispersen uniformemente en la solución acuosa, evitando la gelatinización y asegurando una

mezcla consistente y de alta calidad. Esta característica es particularmente relevante para el funguicida y otros ingredientes sensibles que requieren una distribución uniforme para lograr los resultados deseados.

La disponibilidad de hélices mezcladoras industriales en el mercado es amplia y extensa, ya que se ofrecen múltiples configuraciones de palas y geometrías para cada caso de utilización, según se requiera. En este caso de agitación las viscosidades de los componentes a mezclar son similares y miscibles entre sí, ausencia de sólidos en suspensión, lenta velocidad de mezcla, viscosidad relativamente baja y volumen de agitado pequeño se seleccionará un agitador de 3 álabes inclinados a 55° respecto de su eje de rotación y para su selección se tuvieron en cuenta consideraciones relacionadas con la calidad del mezclado, el consumo de potencia. El flujo logrado dentro de la tolva por este tipo de agitadores es de tipo totalmente axial y se logra un esfuerzo de corte medio con respecto a otros agitadores, desencadenando un bajo consumo de potencia.

El sistema se instalará en la parte inferior de la tolva de pre mezcla por razones de mejor integración al equipo, mantenimiento y limpieza, con respecto a la instalación por la parte superior del equipo.

Se instalará paralelo al eje de revolución de la tolva, pero desviado de su centro ya que de esta manera el espacio formado entre la hélice y las paredes del depósito será asimétrico; y, como resultado, disminuirá la formación del flujo rotacional característico del efecto vórtice. Al utilizar esta posición de montaje para evitar el efecto vórtex, se requiere generar mayor fuerza radial con el fin llegar al fluido que se encuentra en la zona más alejada, situación que haremos caso omiso ya que el diámetro del recipiente es pequeño, por lo tanto, dicho efecto será prácticamente despreciable, evitando la instalación de deflectores o baffles en su interior.

El tren motriz de la hélice será un conjunto motor eléctrico 4 polos trifásico reductor tipo sinfín y corona. Esta configuración es la ideal para este caso ya que relacionando con un reductor de velocidad la velocidad de salida del eje del motor logramos exactamente la velocidad buscada en la hélice que son aproximadamente 200 rpm. Se presentarán casos en que la velocidad de agitación deberá ser menor, para esto se instalará un variador electrónico de velocidad, y de esta manera adaptar la velocidad final de la hélice según necesidad, que además ofrece la posibilidad de tener arranques progresivos o suaves hasta llegar a la velocidad ideal de agitación.

4.8.1 Selección de hélice de agitación

El agitador debe ser capaz de generar la suficiente fuerza de cizallamiento y turbulencia para asegurar una mezcla homogénea y una dosificación precisa de los fluidos involucrados en el proceso. En este contexto, es esencial evaluar el tipo de pala que mejor se adapte a las necesidades del proceso. Existen hélices con diferentes configuraciones de palas, entre las cuales se encuentran las de 2, 3 y 4 palas, cada una con sus particularidades y ventajas. Las hélices de tres palas presentan ventajas notables en comparación con las de mayor número de palas o con las turbinas de agitación. Su

diseño permite un equilibrio óptimo entre eficiencia y consumo de energía, lo cual es esencial en procesos de mezcla y dosificación que no requieren una alta agitación. Además, las hélices de tres palas generan menos turbulencia y cizallamiento que las de mayor número de palas, lo que las hace ideales para aplicaciones donde se busca evitar la formación de espuma o la agitación excesiva de los fluidos.

En contraste, las turbinas de agitación, aunque son eficaces en la generación de una alta agitación y mezcla intensiva, pueden resultar excesivas para procesos más delicados, como el que se plantea en este caso. Su alto consumo de energía y la posibilidad de generar un exceso de cizallamiento pueden no ser óptimos para este tipo de aplicación.

Por lo tanto, en este escenario específico, la selección de una hélice de tres palas se muestra como la opción más adecuada. Su diseño equilibrado y su capacidad para proporcionar una mezcla uniforme y una dosificación precisa, sin comprometer la estabilidad del proceso, la convierten en la elección idónea para este tipo de aplicación.



Ilustración 47. Hélice de agitación tolla pre mezcla

En cuanto al dimensionamiento de la hélice, debemos tener en cuenta una serie de correlaciones sugeridas por biografía especializada en procesos de mezcla ya agitación.

- $\frac{D_a}{D_t} = 0,3 \text{ a } 0,5$
- $\frac{w}{D_a} = \frac{1}{5}$
- $\frac{l}{D_a} = \frac{1}{4}$

Siendo,

Da: Diámetro de agitador

Dt: Diámetro de tanque

W: Ancho de hélice

L: Largo de hélice

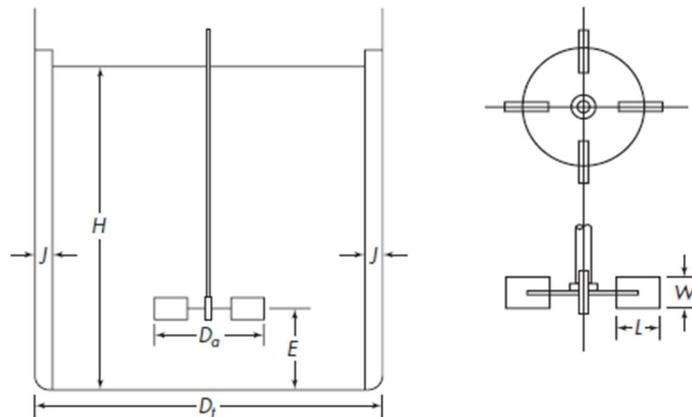


Ilustración 48. Cotas recomendadas helices de agitacion

Fijando un valor de D_a/D_t de 0,45 **obtenemos un diámetro de hélice D_a de 240mm**

Fijando un valor W/D_a de 0,14, **obtenemos un ancho de hélice de 34mm.**

Fijando un valor L/D_a de 0,22, **obtenemos un largo de hélice de 55mm.**

4.8.2 Calculo de potencia del agitador

El cálculo de la potencia requerida para un agitador de mezcla implica una serie de criterios y consideraciones técnicas que deben ser minuciosamente evaluados. En primer lugar, se deben analizar las propiedades físicas y químicas de los fluidos a mezclar, como la viscosidad, densidad y reología, ya que estas características influyen directamente en la resistencia al movimiento y la transferencia de energía. Además, la geometría del recipiente y la configuración del agitador son factores determinantes en la eficiencia del proceso, ya que afectan la distribución del flujo y la formación de zonas de baja velocidad. En este caso específico el proceso de agitación cumplirá la función de simplemente agitar la mezcla de materias primas exclusivamente liquidas mientras se está dosificando cada una de las materias primas, sin otras mayores pretensiones.

Utilizando el concepto de correlación de potencia para determinar la energía para poner en movimiento la hélice será posible calcular la potencia del motor. Dicho número de potencia será aportado por el fabricante, el cual se encuentra tabulado para cada tipo de hélice, conociendo únicamente el número de Reynolds. característico del fluido.

$$N_p = \frac{P}{D_a^5 \rho N^3} \rightarrow P = N_p \rho N^3 D_a^5$$

Siendo,

N_p : Numero de potencia

P: Potencia a suministrar a impulsor (W)

ρ : Densidad del fluido (Kg/m³)

N: número de revoluciones de agitador (rev/s)

D_a: Diámetro agitador (m)

Se presenta la dificultad de fijar un valor de densidad y viscosidad ya que la mezcla a agitar está compuesta por distintas proporciones de materias primas con distintas proporciones de agua, por lo tanto, las propiedades físicas resultantes suelen ser muy variables. Se fijará un valor de densidad y viscosidad para el cual nos encontremos cubiertos en todos los casos, ya sea de mezcla específica para estas materias primas, como futuras preparaciones. Se utilizará un valor de densidad de 1440 kg/m³ y de viscosidad de 1,5 Pas

Se fijará además un numero de revoluciones de 200 rpm (3,3 rps) para su funcionamiento, pero será necesario dimensionar el sistema motriz con el rpm máximo impuestas por diseño. La bibliografía especializada sobre agitación “Procesos de transporte y operaciones unitarias” sugiere como velocidad de agitación máxima para este tipo, en 1750 rpm, algo que es extremadamente alto para nuestro caso ya que no es necesario para evitar el efecto de gelificacion mediante agitación a estas velocidades.

$$N_{re} = \frac{D_a^2 \rho N}{\mu} \approx 152 \text{ (Fluido NO TURBULENTO)}$$

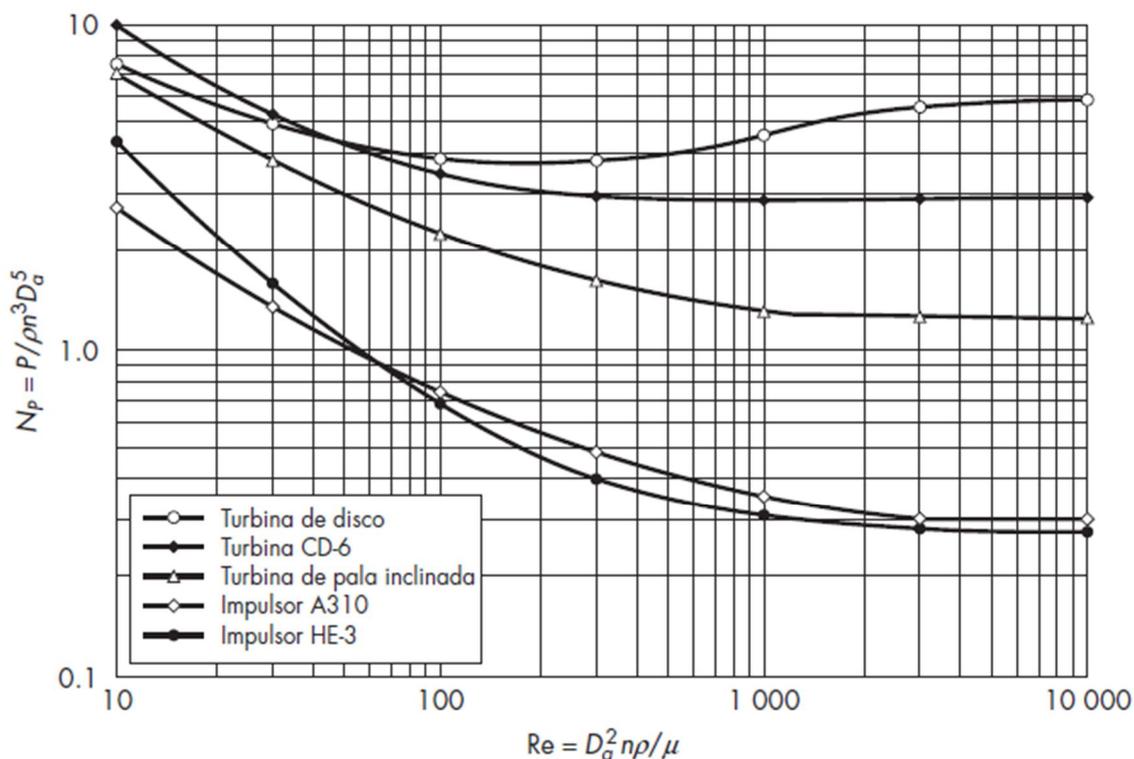


Ilustración 49. Grafico nuemro de potencia de helice agitacion tolva pre mezcla

Según ensayos del fabricante (Curva impulsor HE-3) y con las características propias de nuestro fluido, determinamos un numero de potencia de 0,4.

Reemplazando,

$$P = 16 W = \mathbf{0,022 HP}$$

Se puede observar el bajo valor de potencia necesario para satisfacer la necesidad de agitación, algo sumamente lógico debido a las condiciones del recipiente y sobre todo a la baja velocidad de agitación y el pequeño diámetro del impulsor.

4.8.3 Selección de motor y reductor de velocidad

Debido a la baja potencia resultante para lograr el proceso de agitación dentro de la tolva, se utilizará un motor trifásico 4 polos de 0,25HP carcasa 63B14 de 1450 rpm a 50Hz. En cuanto a la seguridad, podemos descartar la utilización de uno de propiedades antiexplosivas.

Para el reductor, utilizaremos uno del tipo sin fin y corona tipo WMI.

4.8.4 Selección de relación de transmisión

$$RPM_{ENTRADA} \cdot i = RPM_{SALIDA}$$

$$\frac{200}{1450} \approx 0,13$$

Se seleccionará un reductor sin fin y corona de eje hueco cuerpo 40, relación 1/7,5.

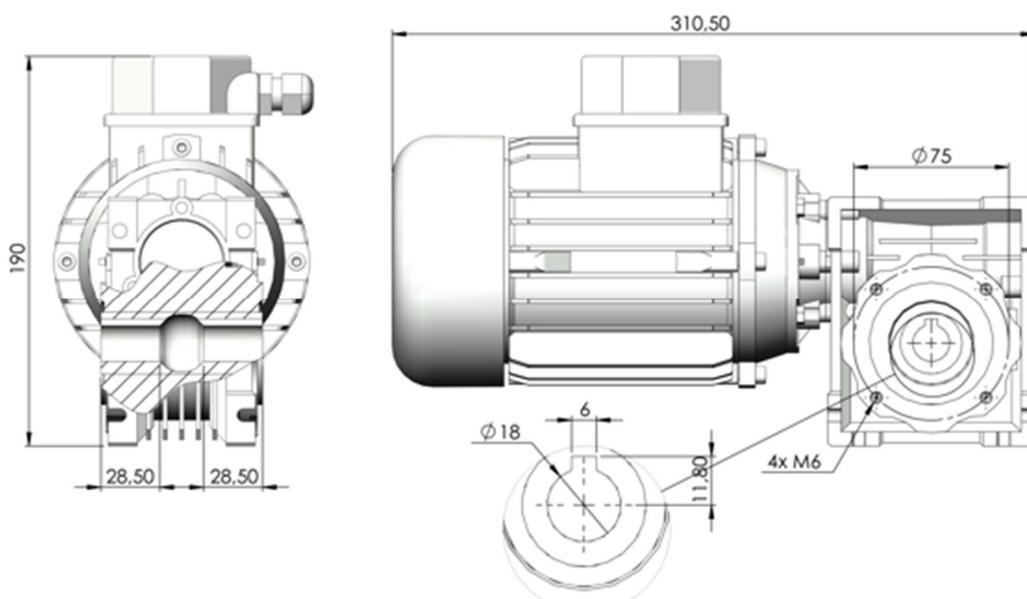


Ilustración 50. Reductor sin fin y corona tolva pre mezcla

4.8.5 Verificación del eje de agitador

Dado que parte del eje se encontrará en contacto directo con el fluido a agitar se optará por realizarlo en acero inoxidable AISI 304. Se realizará el cálculo con el fin de verificar la sección mínima del eje, el cual será la sección que será la encargada de transmitir potencia al agitador. Contará con chaveteros, por lo cual es necesario tener en cuenta el fenómeno de concentración de tensiones en dicha zona. Se tomará como valido calcular la tensión cortante admisible como:

$$\tau_{fl} = 0,5\sigma_{fl}$$

$$\tau_{adm} = 0,8\tau_{fl}$$

Según la bibliografía diseño de elementos de máquinas podemos obtener:

$$\sigma_{fl} = 2460 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto,

$$\tau_{adm} = 984 \text{ kg/cm}^2$$

Teniendo en cuenta el chavetero como un concentrador de tensiones:

$$\tau_e = \tau_o k_e$$

$$\tau_o = \frac{16M_t}{\pi d^3}$$

$$k_e = 1 + q(k_t - 1)$$

Siendo,

Ke: coeficiente efectivo de concentración de tensiones

Kt: factor teorico

Para arboles ranurados o con agujeros, se puede asumir un factor teorico de 2.

Al tratarse un material dúctil sometido a esfuerzos con impacto o fatiga: $0,5 < q < 1$

$$q = 0,75$$

$$k_e = 1,75$$

Momento torsor:

$$M_t = \frac{71620 \cdot N}{n}$$

$$M_t = \frac{71620.0,25}{200} = 89,5 \text{ kg.cm}$$

$$\tau_o = \frac{16M_t}{\pi d^3} = \frac{16.89,5}{\pi.1,8^2} = 140,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_e = 481,4 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{adm}$$

Podemos concluir que el eje macizo de diámetro 18 mm verifica.



Ilustración 51. Eje de helice tolva de pre mezcla

Su plano de fabricación correspondiente en el ANEXO IX

4.8.6 Columna de montaje sistema de agitación

El conjunto motor-reductor de velocidad se encontrará montado en una columna que deberá ser soldada a la tolva, la cual alojará la brida de fijación de reductor, los rodamientos y sellos necesarios para el correcto desempeño del agitador.

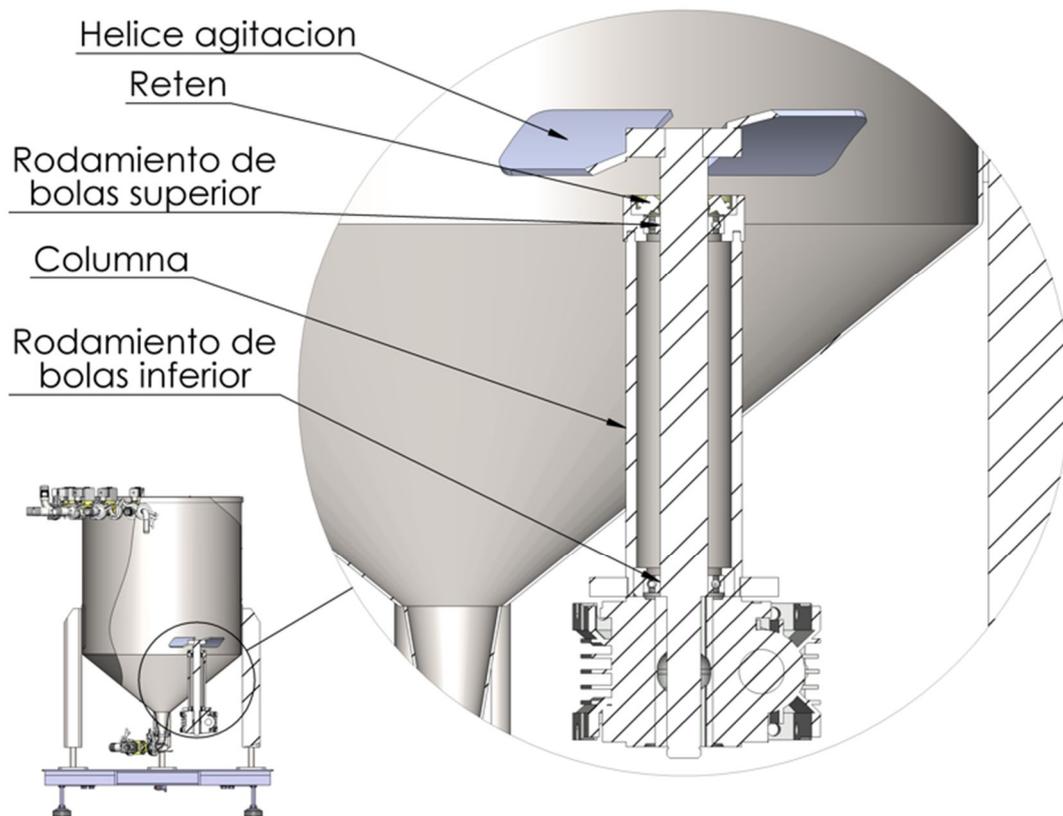


Ilustración 52. Detalle columna helice agitacion tolva de pre mezcla

Se construirá utilizando varios pasos de fabricación tales como soldadura y mecanizado en torno paralelo ya que está compuesta por varias piezas, todas de acero AISI 304.

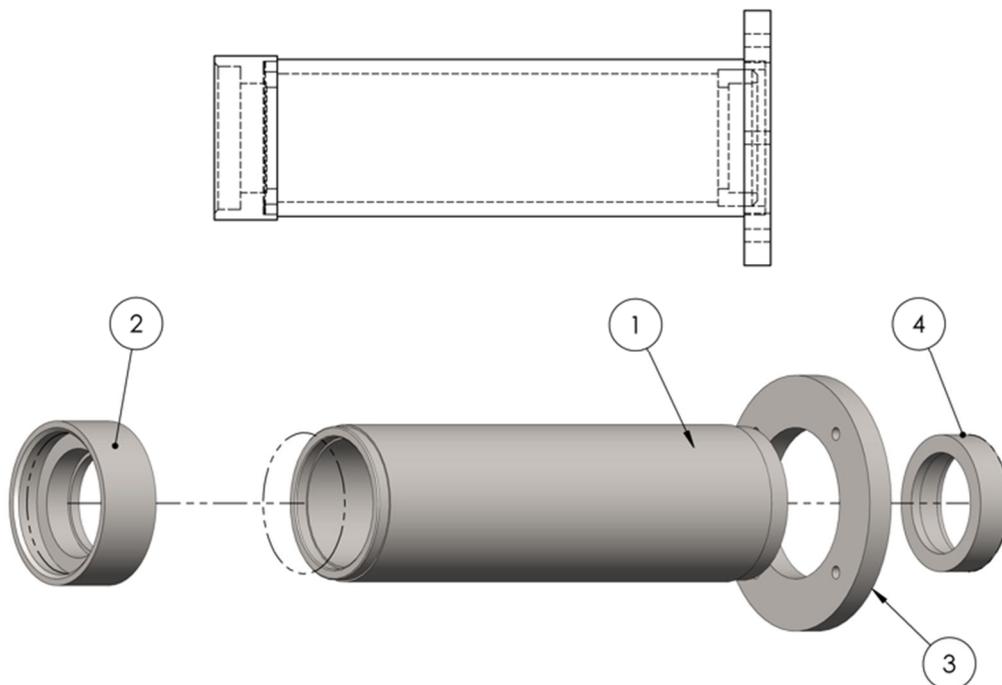


Ilustración 53. Despiece columna agitacion

La pieza (1) es la columna principal y será la que exteriormente esta soldada al fondo cónico de la tolva y por la parte trasera alojará la brida de fijación del reductor (3). En su interior, previo mecanizado de alojamiento en torno paralelo, se soldarán mediante soldadura TIG, dos piezas (2)(3), las cuales serán donde se alojen retenes y rodamientos.

Las piezas número (2) y (3) serán soldadas con un mecanizado previo, quedando terminadas en un paso final cuando se encuentre todo el conjunto soldado, logrando de esta manera la concentricidad optima entre ambas piezas.

El material utilizado para la pieza (1) por una cuestión de economía y por contar con el espesor de pared necesario será un tubo Schedule 80 S de diámetro nominal 2".

Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro exterior (mm)	Espesor de pared y peso por metro	
		SCHEDULE 80 S	
		mm	kg/m
2"	60,33	5,54	7,60

Tabla 12. Datos tubo schedule columna de agitacion

La pieza (2) se deberá realizar a partir de un disco de espesor 5/8" (15,8mm) previo corte con chorro de agua, facilitando de esta manera las operaciones de mecanizado, realizando solo la perforación de los agujeros por arranque de viruta. No se realiza directamente con el método de corte con agua ya que se recomienda que los agujeros tengan como mínimo el diámetro del espesor del material a cortar. Las cuatro perforaciones deberán ser de diámetro 6 milímetros distribuidas simétricamente en un diámetro de 75 milímetros

Las piezas (3) deberán fabricarse a partir de barras macizas de diámetro 2 ½" (63,5 milímetros). Se considera que la inserción de estas piezas en el conjunto le otorgar mayor robustez en las zonas de mayor esfuerzo, como son las zonas de apoyo del eje de hélice, como la fijación de reductor.

Las razones principales de realizar este conjunto de la manera propuesta, es para lograr una robustez general del conjunto y poder permitir todos los accesorios ya sea reductor/motor y rodamientos y retenes de forma armónica y con los espesores necesarios para cada caso.

4.8.7 Procedimiento de fabricación de columna

1. Realización de alojamientos interior a tubo Schedule.
2. Mecanizado restante de brida de acople reductor.
3. Mecanizado previo a bujes porta rodamientos/retenes.
4. Soldadura de bujes porta rodamientos en ambos extremos
5. Frenteado de cordones de soldadura y realización de alojamiento exterior para brida

6. Cilindrado interior de bujes porta rodamientos/retenes
7. Frentado de brida de acople de reductor.

El procedimiento de fabricación completo se encontrará en el ANEXO VIII.

4.8.8 Selección de retenes

La selección adecuada de retenes es esencial para garantizar un funcionamiento eficiente y confiable de la columna para la tolva de agitación. Estos componentes desempeñan un papel crítico en el sellado del producto contenido en el interior de la tolva, evitando fugas no deseadas y, a su vez, asegurando que no haya contacto entre el eje y los rodamientos circundantes.

4.8.9 Necesidad de utilizar retenes

Los retenes son elementos esenciales en aplicaciones donde se requiere la contención de líquidos o gases bajo presión o vacío. En el contexto de una tolva de agitación, su función principal es garantizar la estanqueidad, tanto estática como dinámica. Esto significa que deben prevenir la fuga de fluidos cuando el sistema está en reposo (estanqueidad estática) y cuando el eje se encuentra en movimiento rotativo (estanqueidad dinámica).

4.8.10 Estanqueidad Estática y Dinámica

La estanqueidad estática se refiere a la capacidad del retén para prevenir fugas cuando no hay movimiento del eje. En este caso, el retén debe proporcionar un sello hermético para evitar que el producto contenido en la tolva se escape. Por otro lado, la estanqueidad dinámica es crucial cuando el eje está en rotación. El retén debe adaptarse a los movimientos oscilatorios del eje sin comprometer la integridad del sellado.

4.8.11 Parámetros fundamentales para selección de reten

La selección del retén adecuado implica considerar varios factores clave:

1. **Material del Retén:** Debe ser compatible con el tipo de fluido o gas que se espera contener. Materiales comunes incluyen elastómeros como el nitrilo, vitón o silicona, cada uno con propiedades específicas de resistencia química y térmica.
2. **Perfil y Diseño del Retén:** Se debe elegir un diseño que se adapte a la geometría de la columna y el eje, asegurando un ajuste preciso y una distribución uniforme de la carga.
3. **Temperatura y Presión de Operación:** Los retenes deben ser capaces de soportar las condiciones ambientales y de operación sin deformarse ni comprometer su rendimiento.
4. **Compatibilidad con Lubricantes:** Se debe asegurar que el retén sea compatible con los lubricantes utilizados en el sistema, evitando cualquier reacción adversa que pueda afectar la durabilidad del retén.
5. **Disponibilidad en el Mercado:** Es crucial seleccionar un retén que sea fácilmente accesible en el mercado para facilitar la reposición y mantenimiento del sistema.

Existen en el mercado todo tipo de soluciones de sellado para satisfacer esta necesidad, pero básicamente los que se pueden mencionar son dos grandes grupos, los de labio simple y los de doble labio.

En primer lugar, es importante destacar que el retén de doble labio ofrece un mejor desempeño de sellado en comparación con su contraparte de labio simple. Esta característica es esencial para prevenir fugas y mantener la integridad del sistema. En aplicaciones donde la hermeticidad es crucial, como en la que nos encontramos, la elección de un retén de doble labio proporciona una capa adicional de seguridad y fiabilidad. Es cierto que el retén de doble labio implica un mayor rozamiento en comparación con el de labio simple, lo que se traduce en un incremento en la potencia consumida. Sin embargo, en este caso, la potencia instalada en el proceso es significativamente superior a la requerida, lo que significa que el aumento en el consumo de potencia debido al retén de doble labio no supone un impedimento para el funcionamiento adecuado del sistema. Esta consideración, combinada con la importancia crítica del sellado efectivo, respalda la elección del retén de doble labio.

Asimismo, es fundamental destacar que la durabilidad y el buen desempeño del sellado son de suma importancia para minimizar los requerimientos de mantenimiento. Un retén de doble labio, al ofrecer un sellado más efectivo, contribuye a prolongar la vida útil del sistema y a reducir la frecuencia y costo de los trabajos de mantenimiento.

Estamos ante un caso donde el retén no está sometido a presión externa, salvo a la presión hidrostática del fluido, que no alcanza los 0,1 bar, ni tampoco a condiciones de falta de lubricación, ya que al estar sumergido en el fluido hará las veces de disipador de calor, de llegados a generarse, ni mucho menos temperaturas bajas o elevadas.

Contemplados todos estos factores, y teniendo en cuenta todas estas condiciones de selección se utilizará un retén de doble labio con expansor de acero inoxidable, perfil Lx de un solo resorte de material Viton, debido a la agresividad química de algunas materias primas.



Ilustración 54. Perfil reten columna de tolva pre mezcla

Diámetro interior (mm)	Diámetro exterior (mm)	Altura (mm)	Nº reten
25	55	10	9380

Tabla 13. Datos reten columna tolva pre mezcla

Realizando una comprobación, respecto a la velocidad de giro con respecto al material utilizado, debemos consultar los datos aportados por los fabricantes:

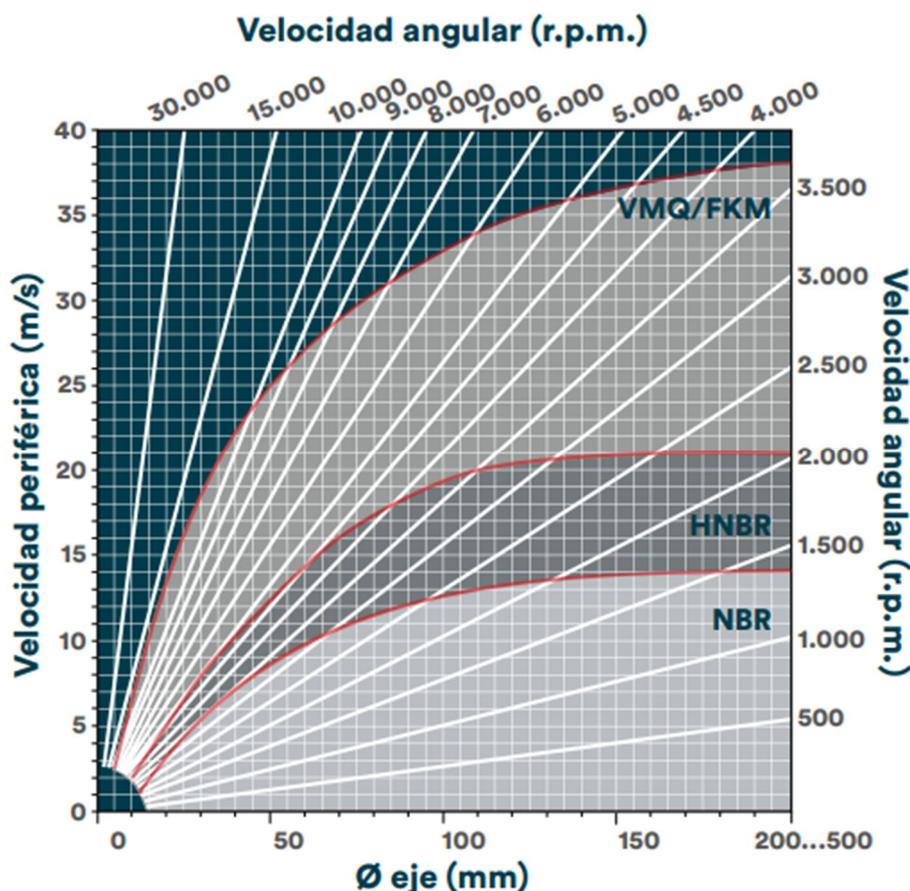


Ilustración 55. Grafico seleccion de reten

Podemos afirmar que nos encontramos dentro de un marco de operación lógico para el reten seleccionado, sin tener en cuenta el material que recomienda el fabricante ya que en nuestro caso tenemos un medio de trabajo especial.

4.9 SELECCION DE RODAMIENTOS

4.9.1 Hipótesis de carga sobre la hélice

Llegado a este punto es importante determinar el rodamiento adecuado para la aplicación específica. Antes de comenzar con el proceso de selección es importante determinar la carga a la cual estará sometida el rodamiento, dato clave para su selección. Al tratarse de una hélice de 4 palas en rotación, resulta complejo determinar exactamente las fuerzas actuantes sobre la misma, pero lo que si sabemos es que

experimentara fuerzas de flexión debido al arrastre del fluido y fuerzas axiales debido al empuje producido por la geometría de la hélice. Para este caso y por tratarse de un caso de agitación sencilla con poco relativo poco fluido interviniente y baja velocidad de rotación realizaremos una suposición de las cargas actuantes sobre la hélice.

Se impondrá como hipótesis de carga sobre la hélice a la porción de peso de fluido sobre el ancho de la hélice y 25mm por encima y por debajo, por lo tanto, se deberá determinar el peso del disco de fluido y esa será su carga sobre el eje. Como el ángulo de ataque de la hélice es de aproximadamente 45° podemos deducir que las resultantes radiales y axiales tienen la misma magnitud.

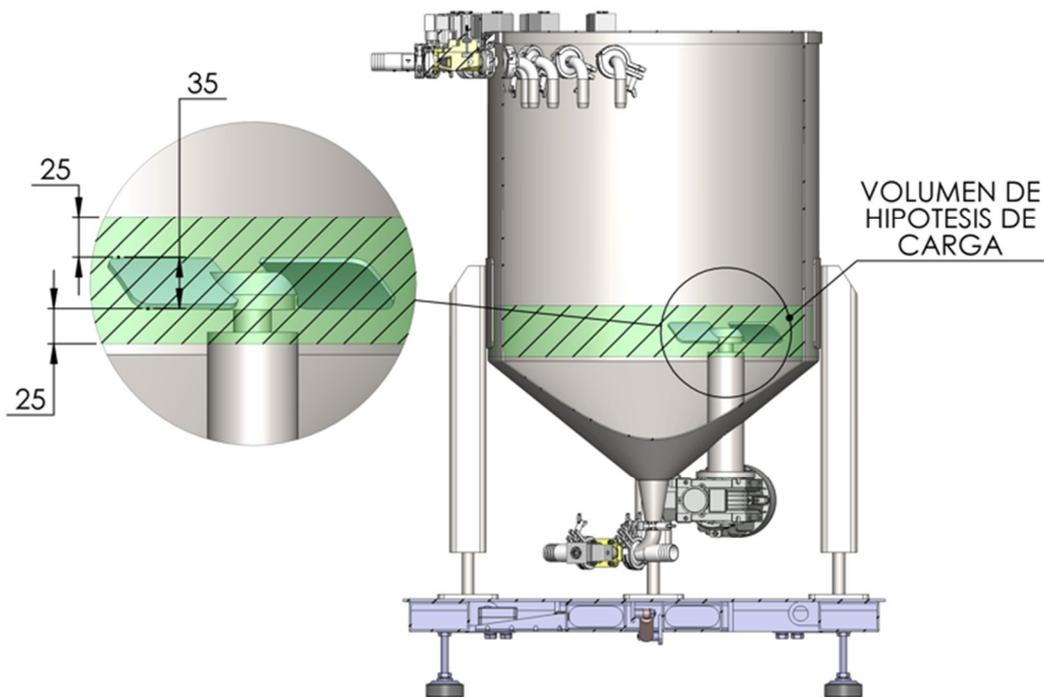


Ilustración 56. Hipotesis de carga helice tolva pre mezcla

El volumen de carga hipotético estará formado por un disco de 550 milímetros de diámetro y 85 milímetros de alto y con la densidad de cálculo utilizada para los cálculos de agitación, siendo la carga:

$$V_D = \frac{\pi \cdot 55^2}{4} \cdot 8,5 \approx 19956 \text{ cm}^3 = 0,0199 \text{ m}^3$$

$$m = \rho V_D = 1440 \cdot 0,0199 = 28,56 \text{ kg}$$

$$P = mg = 28,56 \cdot 9,8 \approx \mathbf{250,5 \text{ kgf}}$$

Resultando,

$$F_x = F \cos(45) = \mathbf{177,1 \text{ kgf}} = F_y = F$$

4.9.2 Condiciones de funcionamiento

Se dispondrá de dos rodamientos, uno en la parte superior por debajo del retén y otro en la parte inferior, próximo al acople del reductor. Debido a la situación de carga combinada radial y axial en un solo sentido se optará por la utilización de rodamientos rígidos de una hilera de bolas, ya que son los óptimos para cubrir nuestra necesidad. Es fundamental destacar que los rodamientos estarán sometidos únicamente a esfuerzos radiales ya que, por el diseño del eje, este apoyara sobre el reductor y no en los rodamientos, permitiendo de esta manera solo esfuerzos radiales.

Se propone la utilización de 2 rodamientos **61905** en la parte superior de la columna y uno en la parte inferior.

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	-
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	61805
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	61905
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,060	* 16005
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,080	* 6005

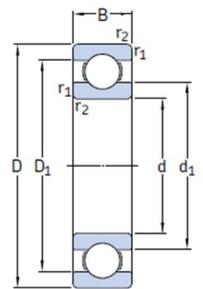


Ilustración 57. Datos rodamiento columna de agitacion

4.9.3 Esfuerzos sobre los rodamientos

Se estudiará el eje como una viga para poder resolver las reacciones de los apoyos. La fuerza resultante F será provocada por la hipótesis de carga del volumen del disco, y los puntos A y B serán los apoyos de los rodamientos.

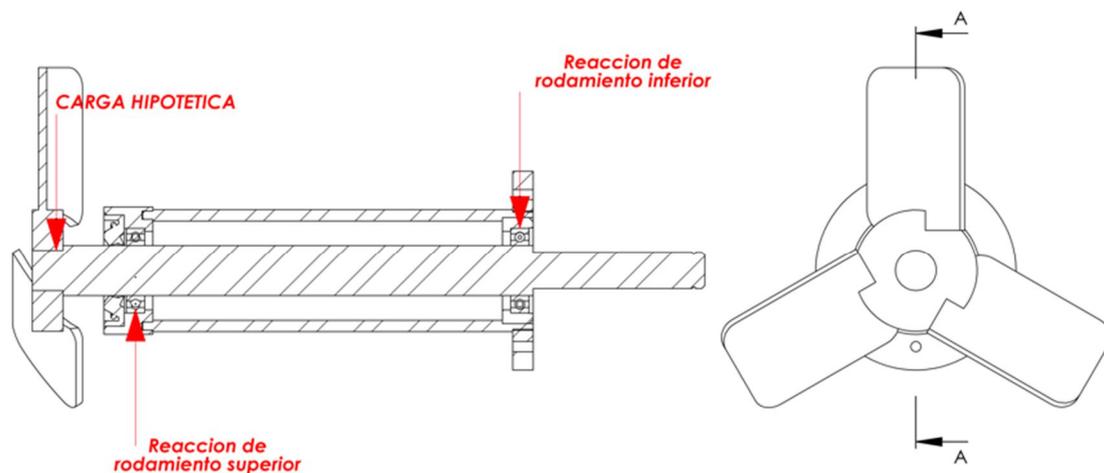


Ilustración 58. Estado de carga sobre rodamientos columna de agitacion

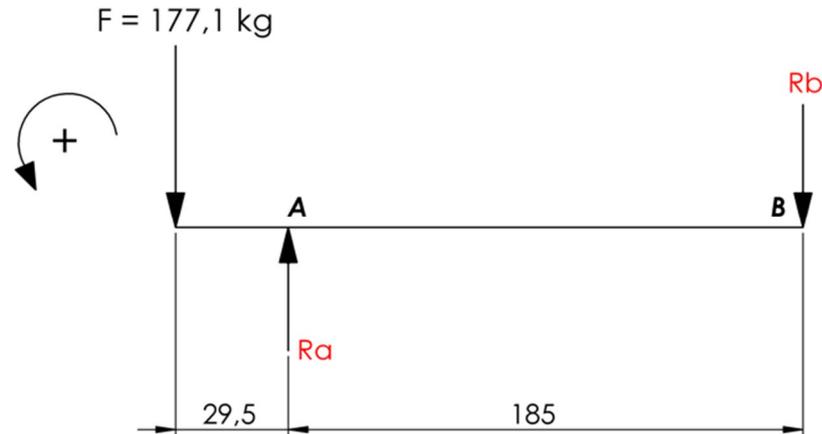


Ilustración 59. Reacciones sobre rodamientos columna de agitacion pre mezcla

Operando en kgf y centímetros:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow -F + Ra - Rb = 0 \rightarrow Ra = F + Rb$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow F \cdot 29,5 - Rb \cdot 185 = 0 \rightarrow Rb = 28,2 \text{ kgf}$$

$$Ra = 205,3 \text{ kgf}$$

Una vez encontradas las reacciones en los apoyos en los rodamientos estamos en condiciones de realizar la verificación de vida útil del rodamiento. Se estudiará el rodamiento superior bajo la carga Ra.

Como están sometidos a operaciones de trabajo típicas; por lo tanto, el modo de falla probable es la fatiga por contacto de rodadura. Según el manual especializado SKF la selección del tamaño en estos casos típicos se basa en la vida nominal.

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60 \cdot n}\right) \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

Siendo,

n: rpm

C: capacidad de carga básica dinámica (KN)

P: Carga dinámica del rodamiento (Como no hay carga axial, la carga dinámica equivalente del rodamiento, P, en cada rodamiento es igual a la carga radial dividida por dos) (KN)

p: exponente de tipo de rodamiento (p=3 para rodamiento de bolas)

SKF recomienda valores orientativos de vida nominal requeridos para diferentes clases de máquinas:

Clase de máquinas	Vida nominal Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico	300 ... 3 000
Máquinas usadas intermitentemente o por cortos períodos: herramientas eléctricas portátiles, aparatos elevadores en talleres, máquinas y equipos para la construcción	3 000 ... 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente: ascensores (elevadores), grúas para mercancías embaladas o eslingas de tambores, etc.	8 000 ... 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre totalmente utilizadas: transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos de uso industrial, machacadoras rotativas	10 000 ... 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: máquinas herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria de ingeniería, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos para imprentas, separadores y centrifugas	20 000 ... 30 000
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 ... 50 000
Máquinas para la industria de energía eólica, esto incluye el eje principal, la orientación, los engranajes, los rodamientos del generador	30 000 ... 100 000
Maquinaria para el abastecimiento de agua, homos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para transatlánticos	60 000 ... 100 000
Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes de transatlánticos	> 100 000

Ilustración 60. Vida nominal de rodamientos

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60.200} \right) \left(\frac{7,02}{1} \right)^3 \approx 28829 \text{ horas}$$

Podemos concluir que el rodamiento seleccionado verifica a los esfuerzos sometidos.

4.9.4 Integración sistema de pasaje en tolva de pre mezcla

La colocación de la tolva sobre una plataforma de pasaje está justificada por su función crítica en el control de precisión del proceso. La balanza de pasaje supervisará electrónicamente la cantidad de componente ingresado a la tolva y controlará las bombas de ingreso de productos y el cierre de las válvulas solenoides una vez que se alcance la cantidad requerida. Esta integración garantiza una dosificación exacta y automatizada, evitando excesos o deficiencias en la preparación de la mezcla y mejorando la consistencia del producto final.

En cuanto a alternativas sobre la forma de pesaje, son amplias, y para este caso puntual están referidas a celdas de carga de pie, ganchos de pesaje o la plataforma de pesaje. La elección de utilizar una plataforma de pesaje en lugar de celdas

independientes en las patas de la tolva se basa en una serie de consideraciones técnicas y operativas. Esta elección se justifica por diversos factores que contribuyen a la eficiencia y simplicidad del sistema.

La plataforma de pesaje ofrece ventajas significativas en términos de funcionamiento y calibración. Su diseño integrado facilita la instalación y puesta en marcha, reduciendo la complejidad de configuración respecto a celdas independientes. Asimismo, garantiza una mayor repetitividad en las mediciones al minimizar posibles desalineaciones y variaciones entre las celdas. En lo que respecta al mantenimiento, la plataforma se destaca por su practicidad y fiabilidad. Al tratarse de un equipo prácticamente estándar, su mantenimiento es más sencillo y menos propenso a requerir intervenciones frecuentes o especializadas. Además, la plataforma de pesaje ofrece una mayor versatilidad en términos de reubicación dentro de la planta en caso de modificaciones en el lay out, resulta más fácil y rápido trasladar y ajustar una única plataforma que gestionar celdas individuales en cada pata de la tolva.

Es importante tener en cuenta que, si bien la plataforma de pesaje presenta estas ventajas, es importante abordar el posible inconveniente de acumulación de suciedad bajo la misma. Esta cuestión se puede mitigar mediante un diseño que proporcione un mayor despeje del piso, permitiendo realizar operaciones de limpieza adecuadas y efectivas.

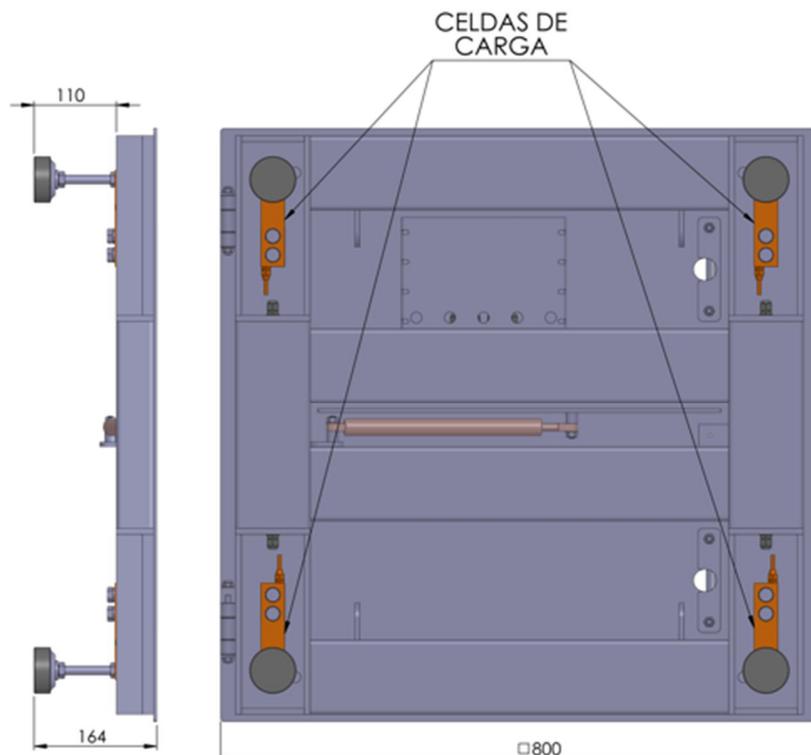


Ilustración 61. Plataforma de pesaje

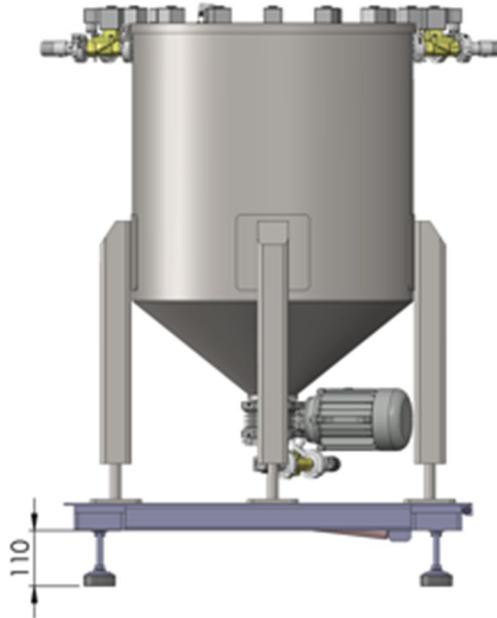


Ilustración 62. Despeje del suelo plataforma de pesaje

4.9.5 Dimensionamiento de plataforma de pesaje tolva de pre mezcla

La selección de las celdas de carga para el pesaje de la tolva de pre mezcla es un proceso crucial que requiere considerar diversos factores para asegurar una medición precisa y confiable. A continuación, se detallan los puntos clave a tener en cuenta en este proceso:

- **Peso Muerto:** Se debe calcular el peso muerto del tanque de dispersión en su estado más común de operación, incluyendo el peso del material y cualquier equipo adicional. Este valor es esencial para determinar la capacidad de carga requerida de las celdas.
- **Cantidad de Apoyos:** Es fundamental evaluar el número y disposición de los puntos de apoyo del tanque. Esto influirá en la distribución de carga y en la elección del tipo de celda de carga.
- **Material Constructivo:** Considerar el material del tanque y su capacidad para soportar y transmitir la carga a las celdas. Es crucial seleccionar celdas que sean compatibles con el material del tanque.
- **Ambiente:** Evaluar el entorno en el que estarán ubicadas las celdas de carga. Factores como la exposición a la humedad, productos químicos corrosivos o condiciones extremas de temperatura deben ser tenidos en cuenta.
- **Resolución de Celda:** La resolución de la celda de carga determina la mínima variación de carga que puede ser detectada. Para aplicaciones de precisión como esta, se requiere una alta resolución para obtener mediciones exactas.
- **Peso Total:** Considerar el peso máximo esperado del tanque cargado para seleccionar celdas que tengan una capacidad de carga adecuada.

- Vibraciones: Evaluar si existen vibraciones o movimientos que puedan afectar la precisión de la medición. En caso afirmativo, se deben elegir celdas de carga diseñadas para resistir estas condiciones.
- Factor de Sobredimensionamiento: Es recomendable incluir un factor de sobredimensionamiento para asegurar que las celdas de carga operen dentro de su rango óptimo y con margen de seguridad. Básicamente el objetivo de este factor es aumentar la capacidad de la celda entre un 25%, llegando en algunos casos extremos hasta valores de 120%.

Dentro su catálogo, SIPEL no ofrece nada estándar, pero existe la posibilidad de realizar una plataforma a medida con 4 celdas de viga de 60 kg de capacidad nominal y 0,02 gr de resolución.

Datos del proceso para la selección de celdas de carga	
Peso muerto	110 kg
Peso bruto (P _B)	90kg
Area de pesaje necesaria	650 x 650 mm
Material constructivo	Acero inoxidable AISI 304

Tabla 14. Datos seleccion plataforma de pesaje

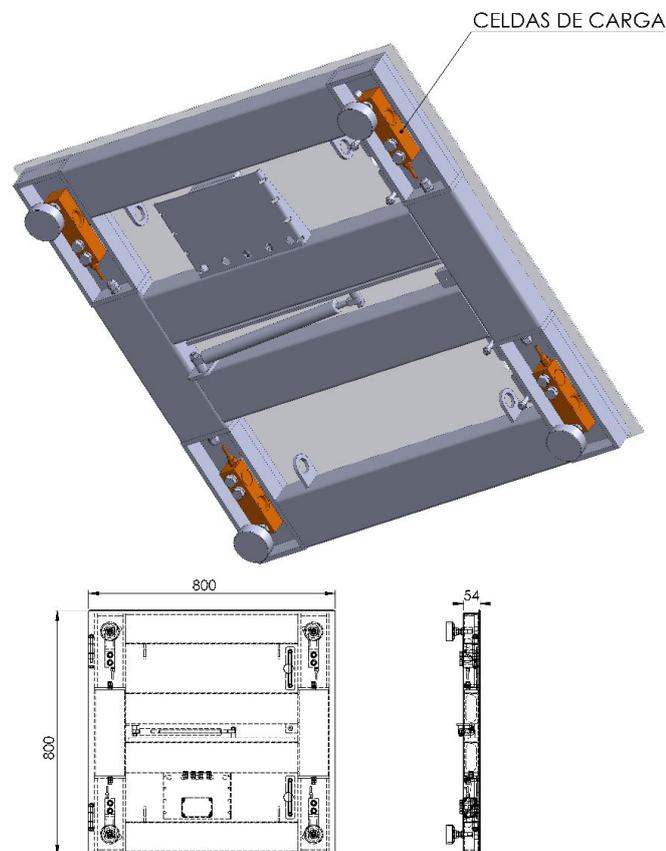


Ilustración 63. Cotas plataforma de pesaje

5 CAPITULO V – SECTOR DE ENVASADO

El sector preparación final de pintura látex y envasado se ubicará estratégicamente lindante al sector de preparación de pedidos y almacén final. Se cuenta con una línea recta de envasado y colocación de tapas, semi automática, por lo tanto, se requiere la presencia de por lo menos un operario monitoreando y ayudando en el proceso. El equipo envasador será alimentado directamente con una bomba a engranaje instalado en la envasadora, aspirando la pintura directamente del tanque de dispersión principal previo paso por un filtro de malla. Por cuestiones de aprovechamiento de espacio, se requerirá el diseño de una plataforma elevada donde montar 2 tanques de dispersión de 2500L útiles cada uno, junto con un dispersor pivotante.

5.1 PLATAFORMA DE TRABAJO ELEVADA

Se requiere el diseño de una plataforma metálica elevada que servirá como soporte para los dos tanques de dispersión de pintura y un dispersor de alta velocidad. Además, esta plataforma será utilizada para la manipular e incorporar de manera manual los polvos por parte de los operarios, lo que implica la presencia de personal en el área de trabajo. La elección de elevar la plataforma tiene como objetivo aprovechar eficientemente el espacio en el sector de producción colocando la línea de envasado por debajo de la misma.

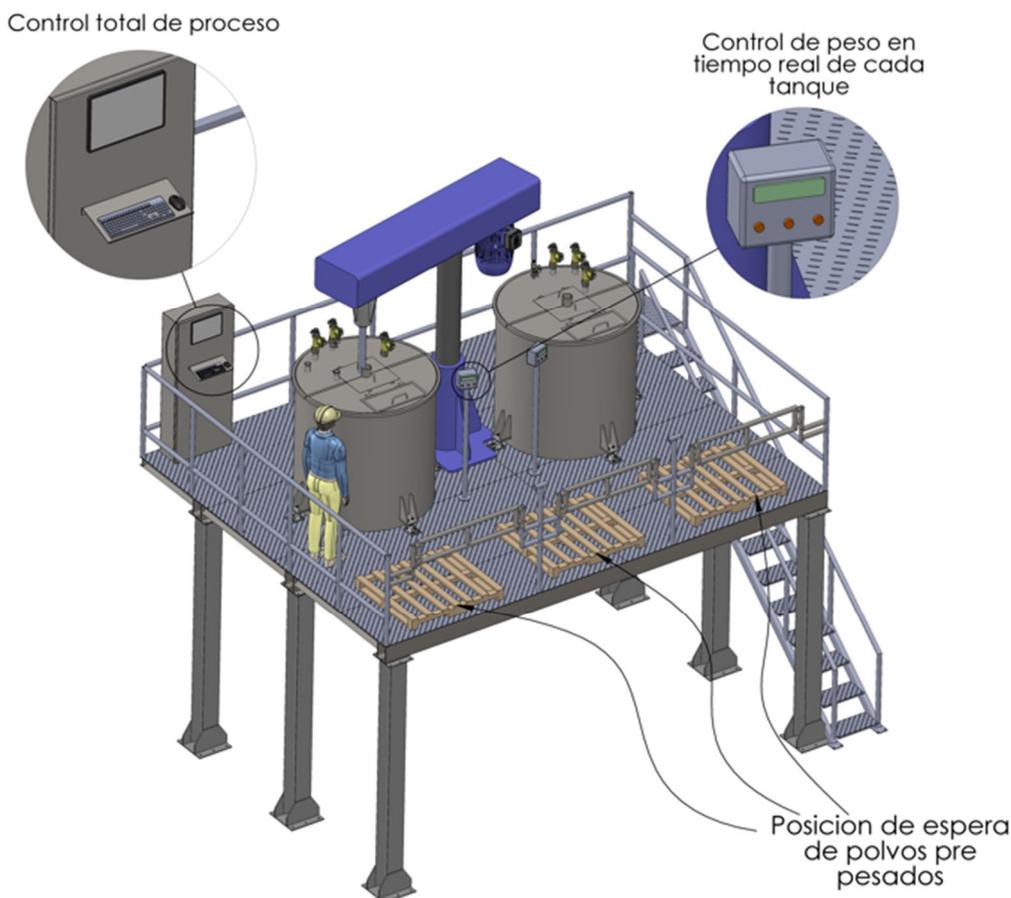


Ilustración 64. Plataforma elevada

En cuanto a la ubicación, se encuentra por encima del nivel del suelo, y esta decisión se fundamenta en la necesidad de mantener el fondo de los tanques a una altura de como mínimo 1,3 metros. Además, se ha establecido que la distancia entre los apoyos de la plataforma debe ser de al menos 1,4 metros. Esta medida es crucial, ya que la línea de envasado se situará entre los apoyos de la plataforma, permitiendo la circulación fluida de personal a lo largo de la línea de envasado. En términos de dimensiones, se ha definido una distancia de 1,4 metros entre las columnas de la plataforma. En lo que respecta a la altura, se ha calculado meticulosamente para asegurar que los tanques estén posicionados a una altura específica que permita su conexión a las bombas. Es de vital importancia considerar que la altura de la plataforma debe ser compatible con la capacidad de un elevador de carga, que será utilizado para posicionar pallets con los polvos pre pesados sobre la plataforma. Esta capacidad de elevación segura ronda aproximadamente los 3 metros.

Sobre la plataforma se fijarán mediante pequeños puntos de soldadura chapas estampadas antideslizante tipo semilla melón de 1200 x 3000, B.W.G 12 (2,5mm).

El propósito principal de esta plataforma elevada es facilitar el proceso de dispersión de pintura y la incorporación de polvos, al tiempo que se maximiza la utilización del espacio disponible en el área de producción. Este diseño cumple con los requisitos de seguridad y ergonomía necesarios para garantizar un entorno de trabajo eficiente y seguro para los operarios.

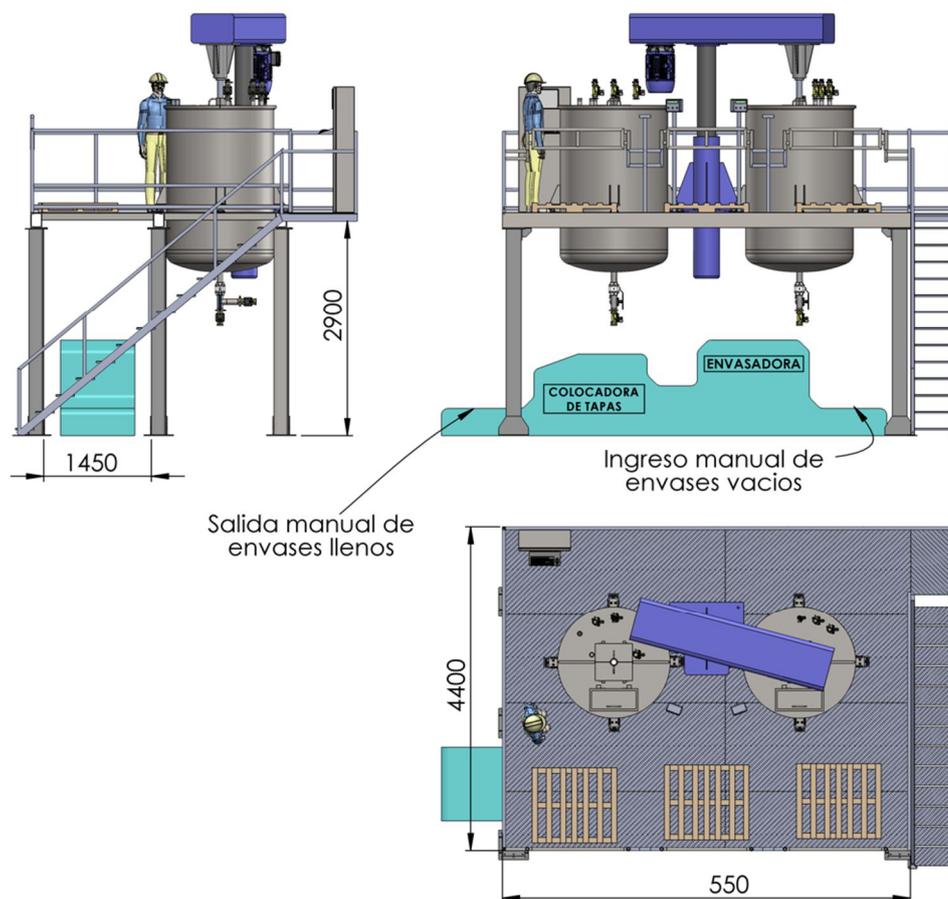


Ilustración 65. Cotas preliminares plataforma elevada

5.1.1 Diseño plataforma elevada

La estructura se erigirá mediante perfiles de acero soldados, distribuidos estratégicamente para garantizar la resistencia requerida en zonas sometidas a cargas puntuales y distribuidas. La seguridad de los operarios es una premisa ineludible, razón por la cual se instalarán barandas laterales que cumplen no solo con normativas de seguridad estándar, sino que también otorgan un soporte adicional a los operarios. Estos profesionales estarán a cargo de tareas críticas, como la inspección del producto, el mantenimiento y la supervisión en tiempo real del proceso de mezcla y carga de polvos en los tanques.

En lo concerniente al diseño, se ha optado por un coeficiente de seguridad de 3 en el dimensionamiento de la plataforma. Esta decisión es un reflejo del compromiso con la integridad de los operarios durante toda la operación. La rigidez estructural se constituye como pilar fundamental, ya que la plataforma estará sometida tanto a cargas estáticas como a pequeñas cargas dinámicas, provenientes de la agitación de los líquidos. Un punto crítico a considerar es la condición de trabajo de las celdas en los tanques. La precisión en la medición de los pesos de ingreso por parte de las celdas de carga es esencial y depende en gran medida de la rigidez estructural de la plataforma. Un fallo en este aspecto podría traducirse en mediciones inexactas y, por ende, afectar la calidad del producto final.

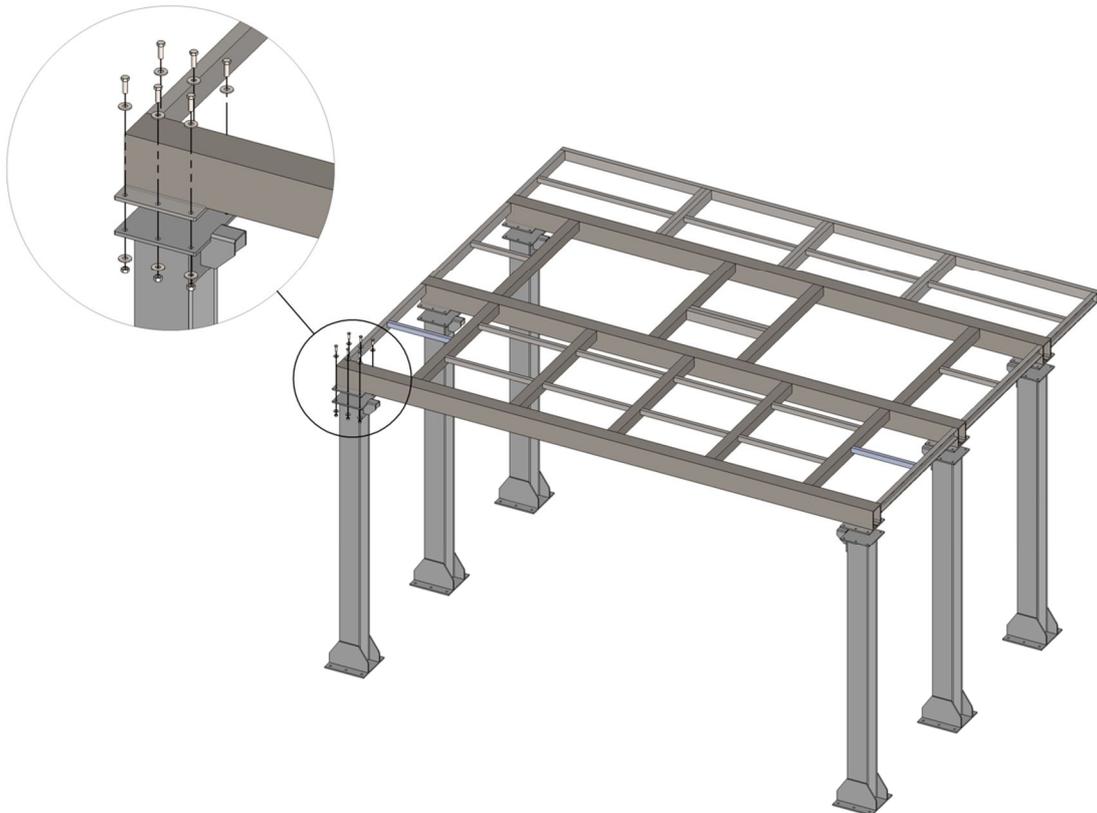


Ilustración 66. Estructura plataforma elevada

La estrategia de diseño que se utilizará será que la estructura sea desmontable, por lo tanto, tendremos la plataforma plana, por un lado, y mediante uniones atornilladas se le añadirán las columnas o parantes de soporte verticales. Luego de unir las mediante tornillos y tuercas se soldará una cara de la escuadra de refuerzo que ya se encuentra vinculada a la columna de la estructura, vinculando el conjunto de manera definitiva

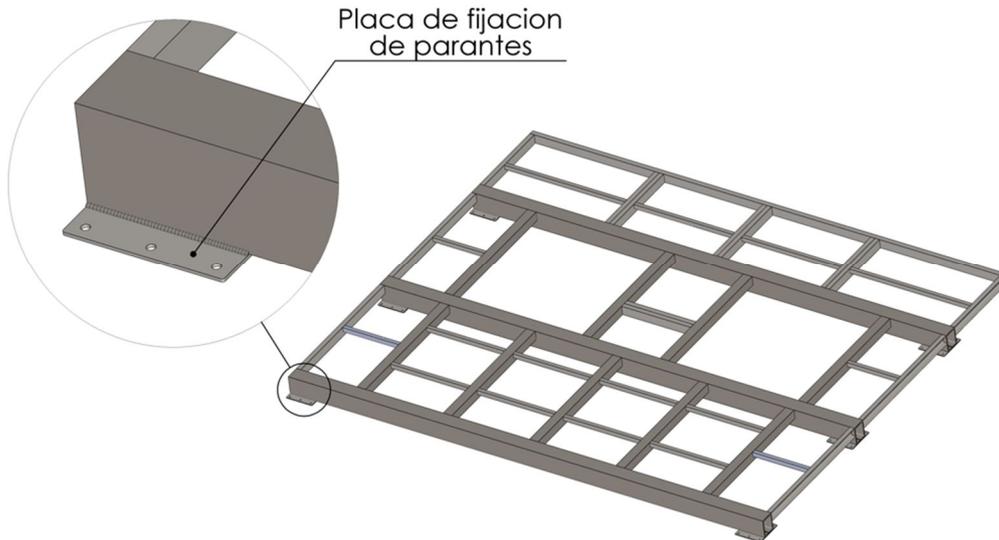


Ilustración 67. Marco superior plataforma elevada

Para la construcción de la plataforma se utilizarán distintos perfiles estructurales, cada uno seleccionado y colocado de manera determinada para cumplir una función específica, según los esfuerzos y cargas de la zona de posicionamiento.

La plataforma se fabricará principalmente de perfiles compuestos por 2 PNU 200 soldados de manera enfrentada, maximizando el momento de inercia resistente, y logrando tener un perfil cerrado, lo cual beneficiará cuestiones de limpieza y por lo tanto durabilidad del mismo. Para unir entre si estos perfiles compuestos, también se utilizaran perfiles PNU 100.

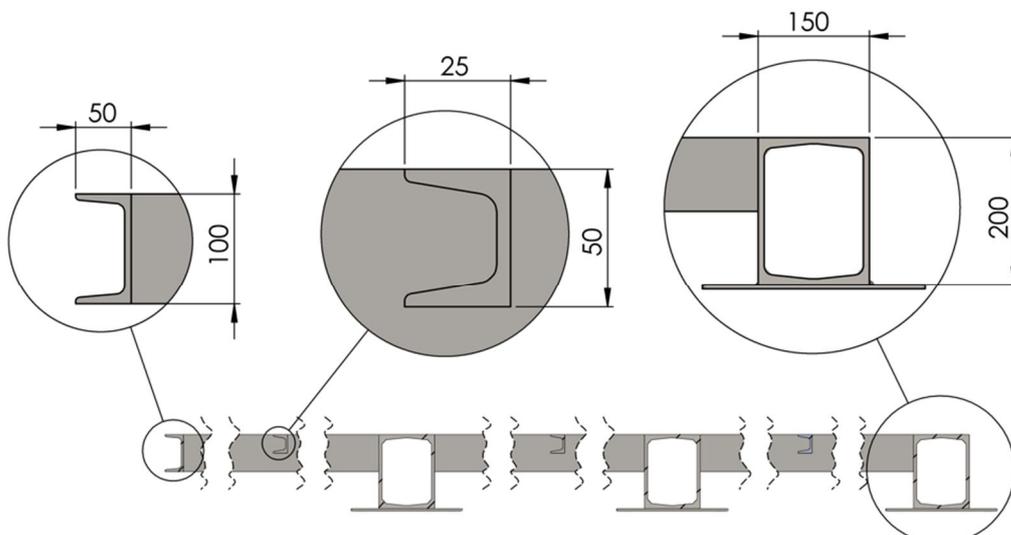


Ilustración 68. Detalle marco superior plataforma elevada

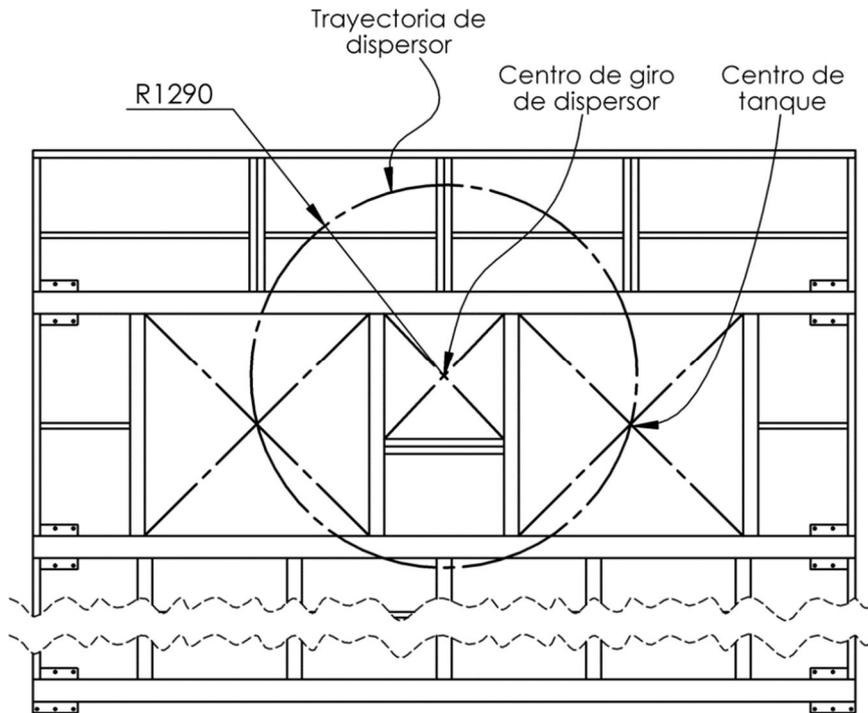


Ilustración 69. Ubicación de tanques de dispersion en plataforma elevada

En cuanto al diseño específico de los apoyos de los tanques y de la dispersora se distribuirán los perfiles de manera de generar cuadrados, permitiendo apoyar en cada uno de sus lados una porción tanque, y en cuanto a la dispersora apoyando completamente. La posición relativa de estas posiciones estará determinada por la distancia entre centros del pivot y eje de cuchilla de la dispersora, permitiendo que cuando esta gire los centros de los tanques coincidan con los centros de los tanques. Esta distancia ya está pre establecida ya que la dispersora es un equipo estándar y cuenta con esta cota fija.

En cuanto a las columnas se utilizarán perfiles estructurales tipo T con pletinas soldadas en sus extremos para vincular mediante tornillos, tanto al piso como a la estructura.

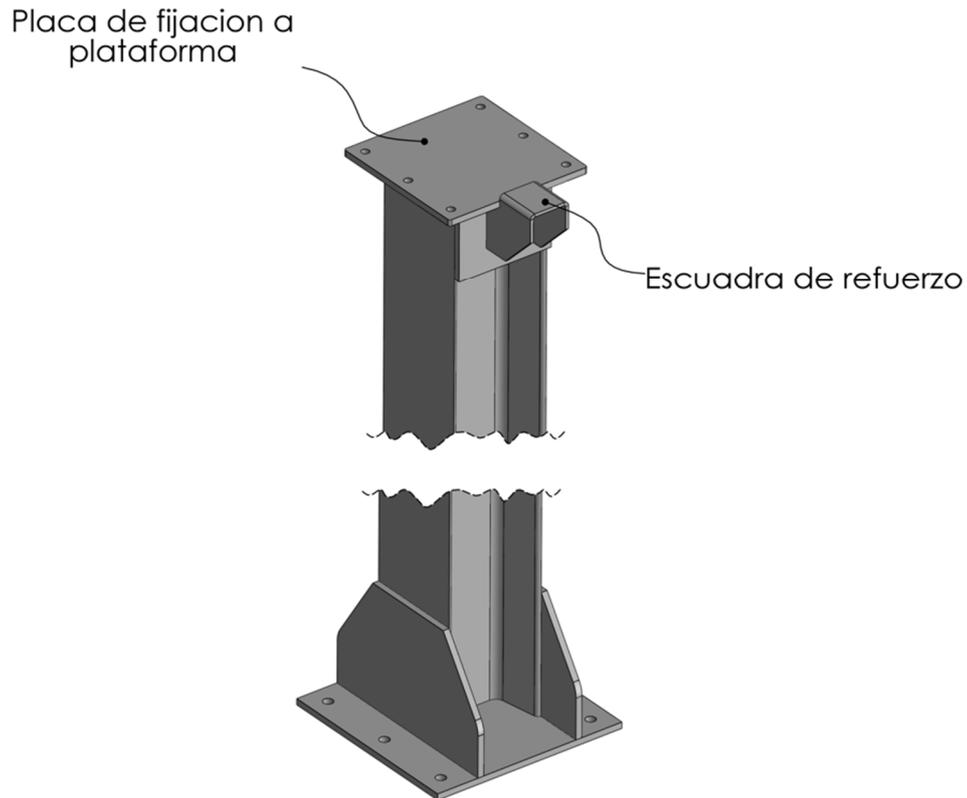


Ilustración 70. Columna soporte plataforma elevada

En el ANEXO XI se encuentran los planos de soldadura.

5.1.2 Hipótesis de carga sobre plataforma

Debido a su complejidad de estudiar el comportamiento estático bajo carga de la estructura, se optará por la teoría de superposición de efectos, estudiando cada componente estructural como uno aislado, afectado por las cargas correspondientes. Nos apoyaremos en la herramienta de cálculo Solidworks Simulation.

Es fundamental definir e identificar las cargas principales actuantes y aplicarlas en las posiciones adecuadas, además de definir un coeficiente de seguridad. Seleccionaremos un valor de 3 por la importancia de la estructura.

CARGA	PESO (Kgf)
TANQUE DE DISPERSION N°1	3700
TANQUE DE DISPERSION N°1	3700
DISPERSORA ALTA VELOCIDAD	1900
PALLET COMPLETOS	3x 1000

Tabla 15. Cargas sobre plataforma elevada

5.1.3 Verificación larguero principal

Estará compuesto por dos PNU 200 enfrentados entre sí, soldados en toda su longitud. Su función principal será la de soportar parte de los tanques y el dispersor de alta velocidad.

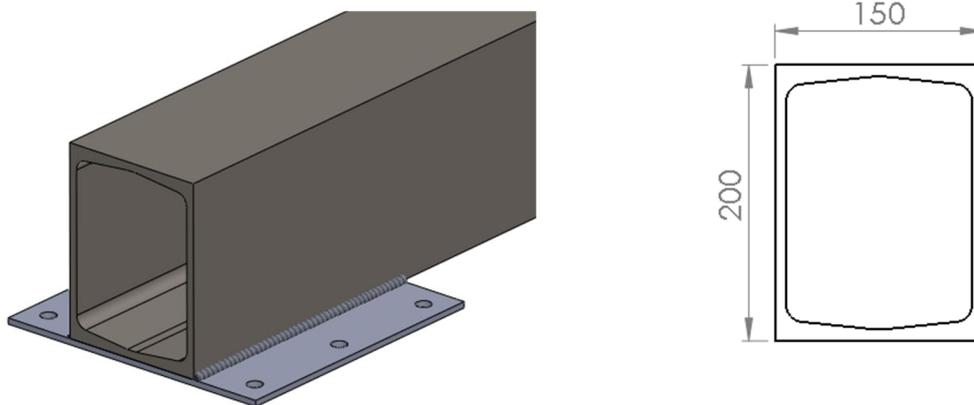


Ilustración 71. Detalle constructiva viga principal plataforma

Se calculará como viga empotrada en ambos extremos y se aplicaran cargas puntuales en las posiciones de apoyo de las celdas de carga de los tanques y el apoyo del dispersor. Cada una de las cargas estará apoyada en 4 puntos, por lo tanto, a cada perfil se le aplicará una cuarta parte del total. Se tendrá en cuenta la influencia del peso propio de la viga.

Resultando,

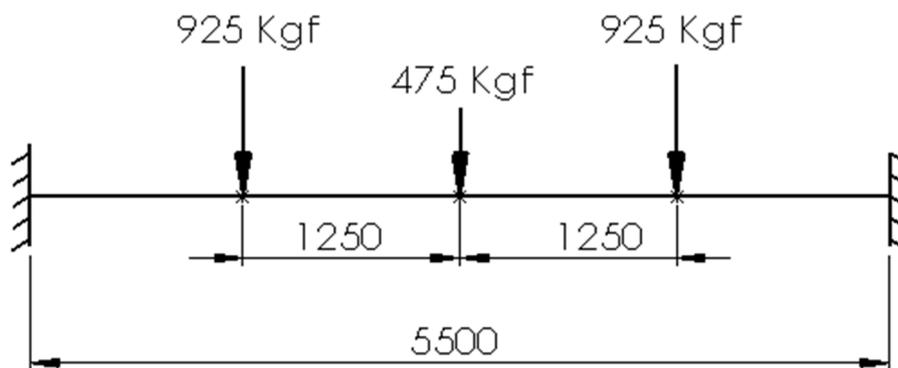


Ilustración 72. Estado de carga viga principal plataforma elevada

TIPO DE PERFIL	2 PNU 200 ENFRENTADOS
MOMENTO DE INERCIA	3820 cm ⁴
AREA	64,4 cm ²
TENSION ADMISIBLE	1200 Kg/cm ²

Tabla 16. Datos viga principal plataforma elevada

5.1.4 Calculo de tensiones

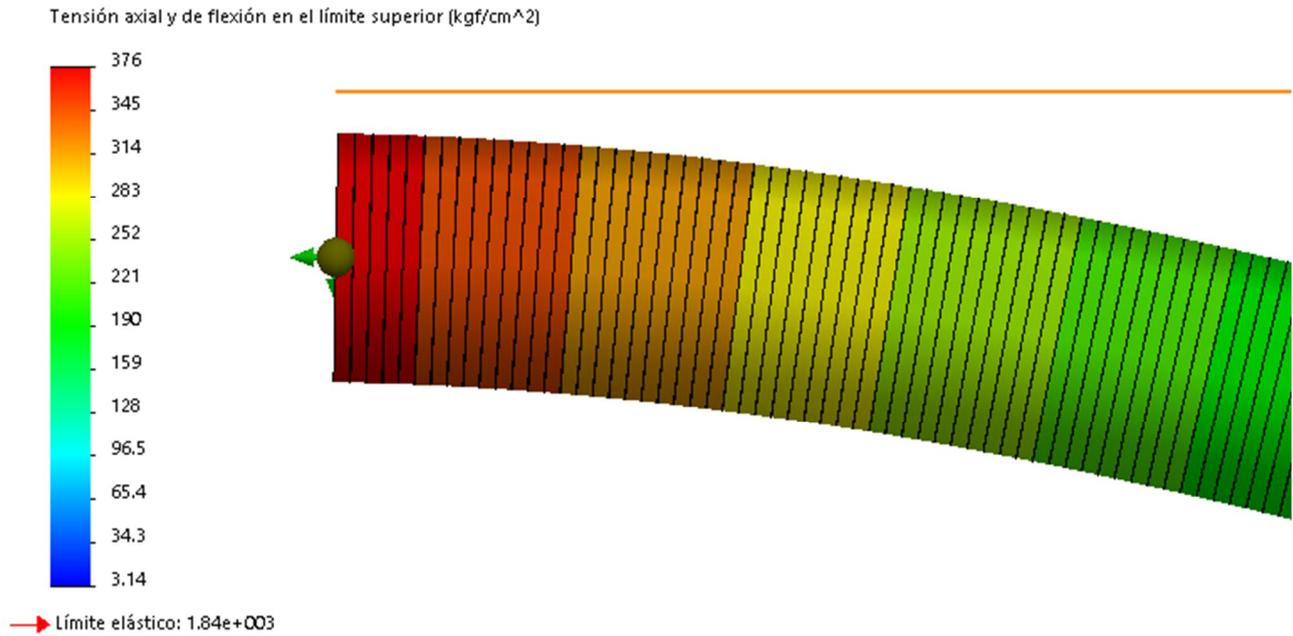


Ilustración 73. Estado tensional viga principal plataforma elevada

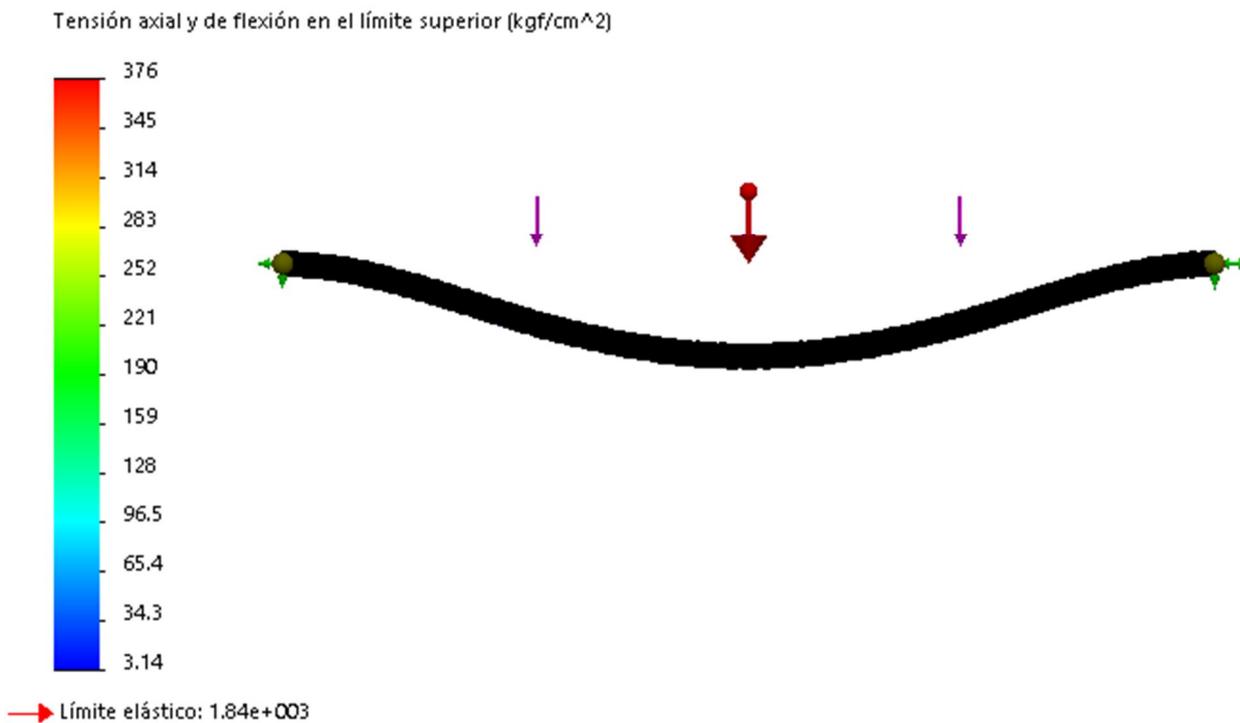


Ilustración 74. Deformada viga principal plataforma elevada

Como resultado se obtuvieron tensiones máximas de tracción de 376 kg/cm^2 en las zonas cercanas al empotramiento, las cuales son ampliamente inferiores a las tensiones admisibles del material.

5.1.5 Cálculo de desplazamientos:

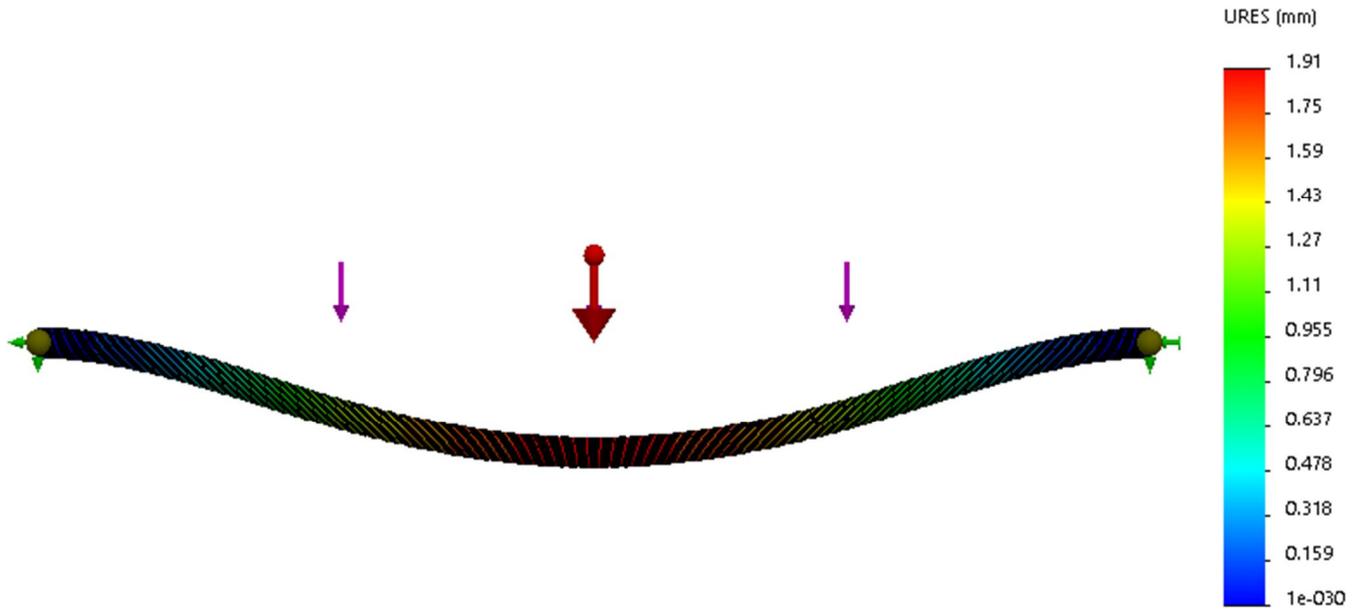


Ilustración 75. Desplazamiento viga principal plataforma elevada

Se obtuvieron desplazamientos máximos de 1,9mm en la zona central de la viga. Los cuales se consideran lógicos.

5.1.6 Factor de seguridad:

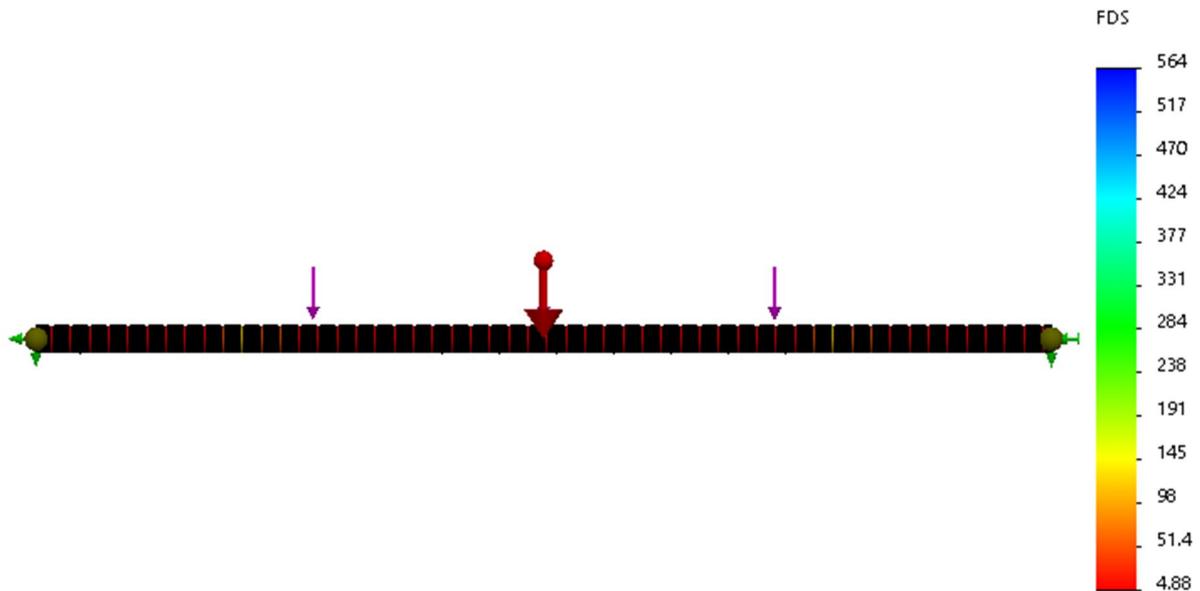


Ilustración 76. Factor de seguridad viga principal plataforma elevada

El factor de seguridad mínimo calculado es de 4,8

5.1.7 Viga transversal apoyo de tanque-dispersor

Estará compuesto por dos PNU 100 enfrentados entre sí, soldados en toda su longitud. Su función principal será la de soportar parte de los tanques y parte del dispersor de alta velocidad.

Se calculará como viga empotrada en ambos extremos y se aplicaran cargas puntuales en las posiciones de apoyo de las celdas de carga de los tanques y el apoyo del dispersor. Se tendrá en cuenta la influencia del peso propio de la viga.

Resultando,

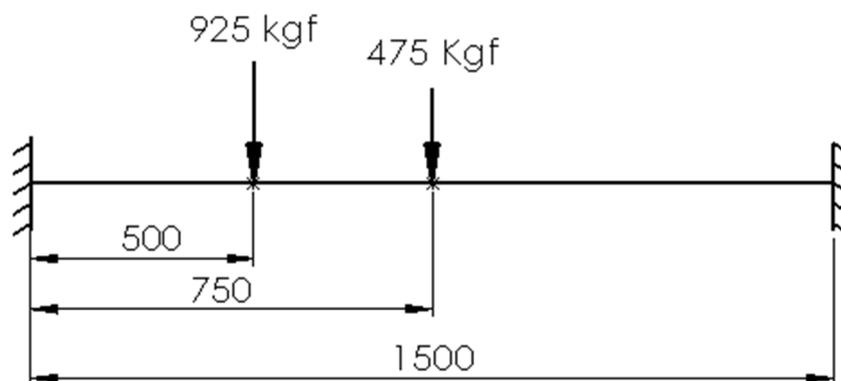


Ilustración 77. Estado de carga viga transversal apoyo tanque-dispersor

TIPO DE PERFIL	2 PNU 100 ENFRENTADOS
MOMENTO DE INERCIA	412 cm ⁴
AREA	27 cm ²
TENSION ADMISIBLE	1200 Kg/cm ²

Tabla 17. Datos perfil transversal tanque-dispersor

5.1.8 Calculo de tensiones

Para el mallado de la viga se utilizan una cantidad de 601 nodos y 300 elementos. Los resultados serán mostrados con una escala de deformación de 430

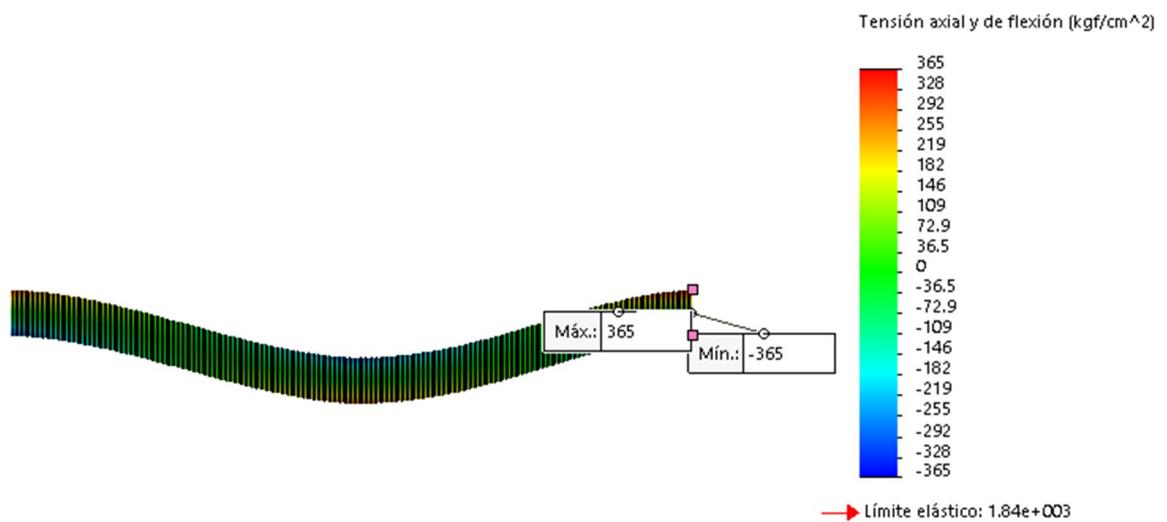


Ilustración 78. Estado tensional viga transversal tanque-dispersor

Como resultado se obtuvieron tensiones máximas de tracción y compresión de 365 kg/cm² en las zonas cercanas al empotramiento, las cuales son ampliamente inferiores a las tensiones admisibles del material.

5.1.9 Calculo de desplazamientos

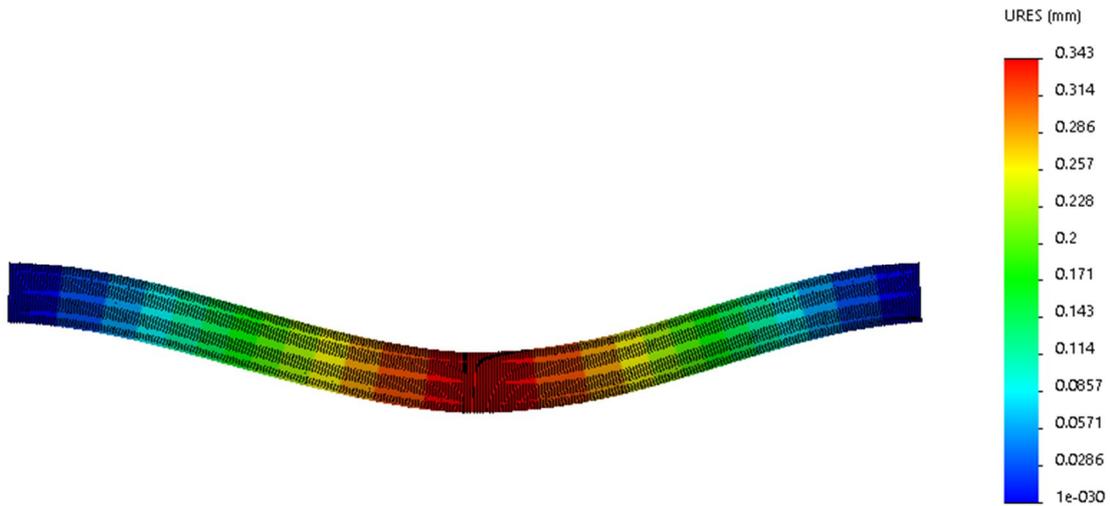


Ilustración 79. Desplazamiento de viga transversal tanque-transversal

Se obtuvieron desplazamientos máximos de 0,3mm en la zona central de la viga. Los cuales se consideran ampliamente seguros.

5.1.10 Verificación a pandeo de columnas

Se verificarán las columnas de apoyo de la plataforma por esfuerzo de pandeo, utilizando las ecuaciones de Euler. Se deben identificar el caso del pandeo de la columna y las cargas actuantes.

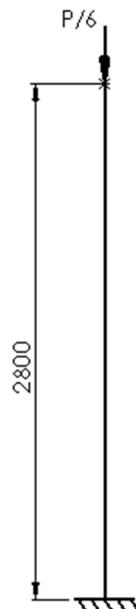


Ilustración 80. Estado de carga columnas plataforma elevada

DATOS DE LA SECCION	
PERFIL	PNI 200
i_{min} (cm)	1,87
F (cm ²)	33,4
I_{min} (cm ⁴)	117
E (kg/cm ²)	2,1x10E6
α	2
δ_P (kg/cm ²)	1900

Tabla 18. Datos de seccion

CARGA	PESO (kgf)
PLATAFORMA ELEVADA	1450
TANQUES LLENOS	7400
DISPERSORA ALTA VELOCIDAD	1900
PALLET	3000
CARGAS TRANSITORIAS	600
TOTAL	14350

CARGA POR COLUMNA (kgf)	2391,7
-------------------------	--------

Tabla 19. Cargas de la columna

Verificando EULER,

$$\lambda \geq \lambda_0$$

Siendo,

$$\lambda = \frac{l_e}{i_{min}} = \frac{l\alpha}{i_{min}} = \frac{280.2}{1,87} \approx 299,5$$

$$\lambda_0 = \pi \sqrt{\frac{E}{\delta_P}} \approx 104,4$$

Por tanto, verifica la condición de EULER.

Calcular la carga critica de pandeo P_k y comparándola con la carga real, verificaremos el perfil.

$$P_k = \frac{\pi^2 EI_{min}}{l_e^2} = 7732,6 \text{ kgf}$$

Siendo $P_k \geq P_c$ se comprueba que el perfil seleccionado es el correcto

5.1.11 Verificación por impacto sobre plataforma de trabajo

El análisis de resistencia ante un posible impacto sobre una plataforma de trabajo elevada, causado por un montacargas, constituye un aspecto crítico en el diseño estructural. Al tratarse de una situación compleja se considerarán algunas simplificaciones para poder realizar las verificaciones numéricas. La situación se estudiará desde el punto de vista de que la carga es dinámica, por lo tanto contará con una velocidad y una masa determinada. En cuanto al choque, lo consideraremos de baja velocidad. Utilizaremos el método de carga equivalente para verificar la estructura, por lo tanto, debemos definir todas las condiciones para poder realizar los cálculos.

Se considera un escenario donde la velocidad máxima de circulación en recintos cerrados es de 10 km/h, y se toma la mitad de esta velocidad, es decir, 5 km/h, para evaluar la capacidad de la estructura ante un impacto accidental. La carga de impacto se establece en 3000 kg, considerando el peso del montacargas, el operador y una carga adicional. Esta carga se concentra en la parte superior de la columna, la zona probable de impacto durante la transferencia de carga desde el montacargas a la plataforma de trabajo elevada. La masa total de la plataforma sin líquidos en sus tanques, que actúa como masa de impacto resistente, se estima en aproximadamente 10 toneladas. Este valor engloba la estructura y componentes de la plataforma que podrían absorber y disipar la energía generada por el impacto. En cuanto al momento de inercia resistente, se considera que el impacto lo resistirán las 3 columnas ya que el vínculo entre ellas es rígido. Es fundamental destacar que la velocidad de impacto y la carga seleccionadas son factores críticos para simular un escenario realista y, al mismo tiempo, garantizar la seguridad y eficacia de la plataforma en condiciones operativas normales. Además, el enfoque en la parte superior de la columna se justifica por la probabilidad de impacto durante la manipulación de cargas.

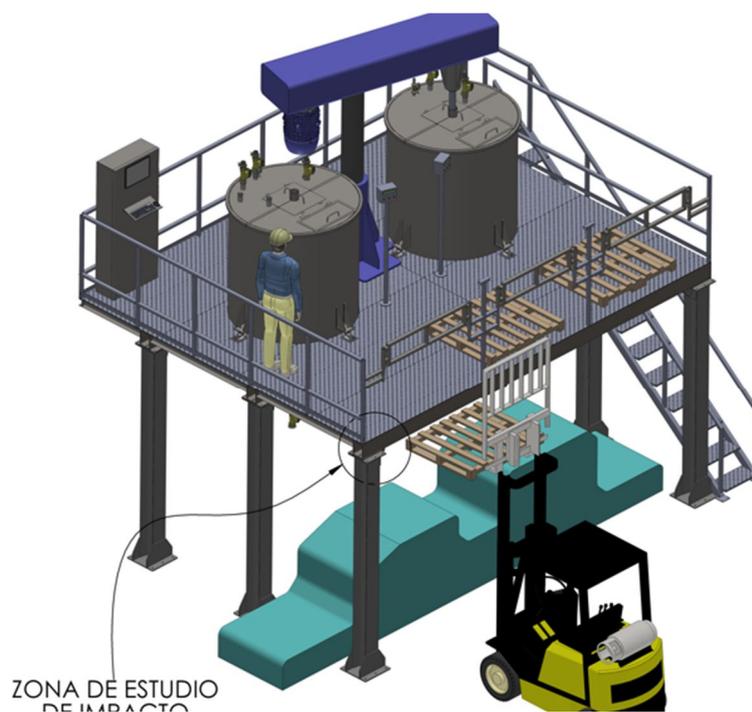


Ilustración 81. Zona de estudio de impacto

DATOS PARA VERIFICACION	
Inercia resistente (I)	3x 2140 = 6420 cm ⁴
Modulo resistente (W _x)	3x 214 = 642 cm ³
Velocidad impacto (v)	5 km/h = 138,8 cm/s
Modulo resistencia (E)	2x10E6 kg/cm ²
Longitud de columna (l)	284 cm ²
Masa golpeada (Q _o)	11000 kg
Masa que golpea (Q)	3000 kg

Tabla 20. Datos verificacion de impacto de plataforma

Por lo tanto, la carga dinámica equivalente será:

$$P_{eq} = QK_d$$

Siendo,

K_d: Coeficiente de impacto

Q: masa del cuerpo que golpea

Sera necesario calcular en primer lugar el factor "k" llamada factor de energía residual.

$$k = \frac{1}{1 + \frac{K_m Q_o}{Q}}$$

Siendo,

K_m: Coeficiente de reducción de masa (CASO IMPACTO SOBRE VIGA EN VOLADIZO)

Q_o: Masa del cuerpo golpeado

Según el caso estudiado el valor k_m resulta:

$$k_m = 0,235 \text{ (CASO VIGA EMPOTRADA EN VOLADIZO)}$$

$$\delta_{st} = \frac{Ql^3}{3EI} = \frac{3000 \cdot 284^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 6240}$$

$$= 1,78 \text{ cm (Desplazamiento en el punto de impacto)}$$

Por lo tanto,

$$k = \frac{1}{1 + \frac{K_m Q_o}{Q}} = \frac{1}{1 + \frac{0,235 \cdot 10000}{1000}} = 0,56$$

$$k_d = \sqrt{\frac{v^2}{g \delta_{st}}} k = \sqrt{\frac{55,5^2}{980 \cdot 1,78}} 0,298 = 0,725$$

$$P_{eq} = 1000 \cdot 0,725 = 2176 \text{ kg}$$

Como se trata de viga empotrada en voladizo la tensión debido a la flexión a la que se encuentra sometida por el impacto será:

$$\sigma = \frac{M_f \max}{W_x} = \frac{P_{eq} \cdot l}{W_x} = \frac{2176 \cdot 284}{642} = 962 \text{ kg/cm}^2$$

Se deberá tener en cuenta que el valor calculado es suponiendo una viga virtual con las propiedades mecánicas de las 3 vigas trabajando juntas, por lo tanto, la carga por viga será:

$$\sigma_{por \ viga} = \frac{\sigma}{3} = 320 \text{ kg/cm}^2$$

Teniendo en cuenta las tensiones totales sobre cada columna, debemos contemplar las tensiones de compresión sumadas a las del posible impacto, las cuales resulta:

$$\sigma_{TOTAL} = \sigma_{IMPACTO} + \sigma_{COMPRESION} = \frac{10000}{33,4 \text{ cm}^2} + 320 = 369,9 \text{ kg/cm}^2$$

Se comprueba de esta manera que la estructura se encuentra correctamente dimensionada ya que las tensiones a las que se encuentran sometidas son menores a las tensiones admisibles propuestas en el apartado 5.1.1

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{fluencia}}{3} = \frac{2100 \text{ kg/cm}^2}{3} = 700 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq 369,9 \text{ kg/cm}^2$$

5.2 TANQUE DE DISPERSION

La selección adecuada de las dimensiones y geometría del tanque adquiere un papel central, pues incide directamente en la dinámica del fluido y en la formación de fenómenos hidrodinámicos que pueden comprometer tanto la calidad de la dispersión como la integridad del proceso.

El enfoque adoptado para el diseño de los tanques se basa en la elección de una forma cilindro-toroidal, que combina un cilindro con fondo semiesférico. Esta elección es

guiada por la intención de mitigar problemas de acumulación de pintura en esquinas y ángulos, lo que podría afectar la eficiencia del proceso y generar desechos. Sin embargo, la determinación de las dimensiones exactas de estos tanques es un proceso complejo que requiere un análisis profundo de los fenómenos que ocurren en su interior.

En particular, para evitar derrames y asegurar una operación segura y eficiente, se establece como premisa fundamental que el diámetro interior del tanque sea igual a la altura del líquido contenido en él. Esta consideración está vinculada a la formación de vórtices durante la agitación del líquido, los cuales pueden dar lugar a la pérdida de contenido por sobreborde. La altura de estos vórtices se convierte así en un parámetro crítico a definir.

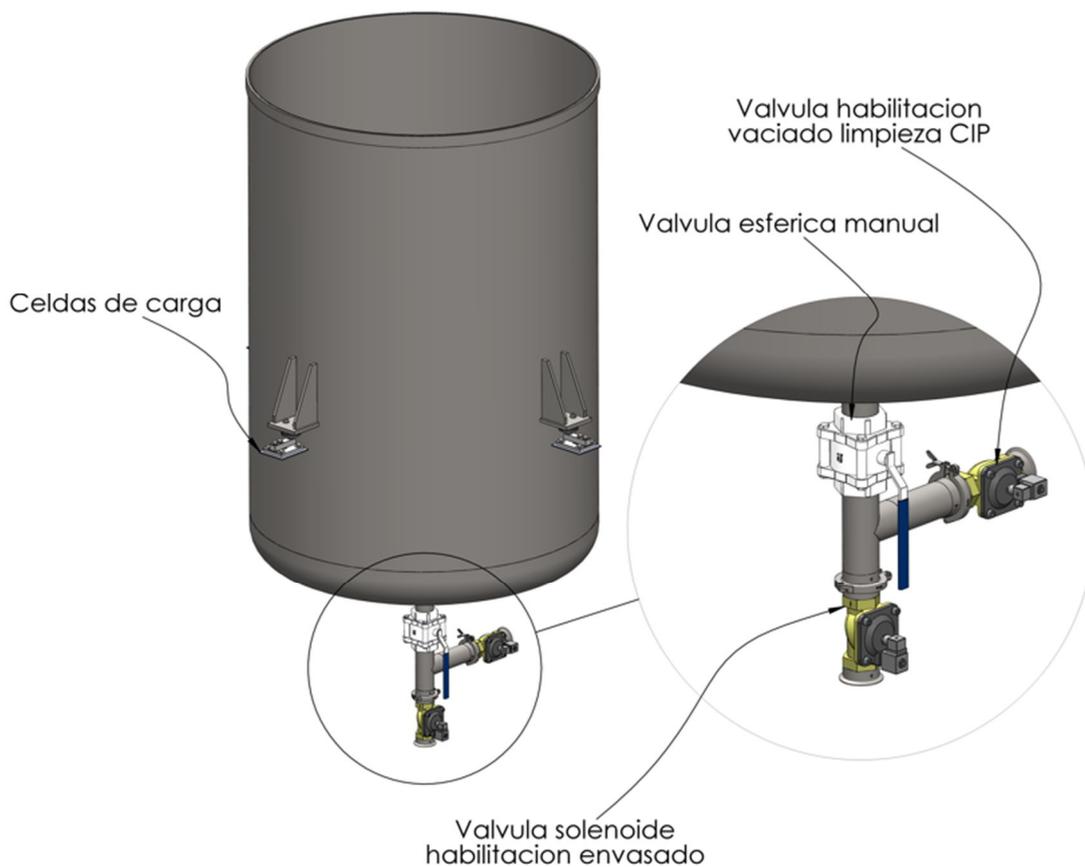


Ilustración 82. Tanque dispersor

5.3 SISTEMA DE LIMPIEZA CIP

El proceso de mezcla de materias primas para la fabricación de pinturas látex es una etapa crítica que requiere una limpieza efectiva de los tanques de dispersión para garantizar la calidad del producto final. La utilización del sistema CIP (Clean-in-Place) se fundamenta en una serie de ventajas significativas que aceleran el proceso de limpieza.

En primer lugar, la implementación del CIP se traduce en una notable reducción de tiempos y la reducción significativa de procesos manuales. Esto implica una optimización del tiempo de producción, liberando recursos humanos para tareas de mayor valor agregado y minimizando la posibilidad de errores asociados a la limpieza manual. La

automatización integral del control de la limpieza asegura una consistencia y eficiencia inigualables en cada ciclo. En el centro de este proceso se encuentran las bochas de limpieza rotativas, las cuales desempeñan un papel crucial al emplear el fenómeno del arranque de presión de fluido para desprendimiento de la suciedad adherida a las paredes del tanque. Este fenómeno se basa en la aplicación de una presión controlada a través de las bochas, generando un flujo turbulento que agita y desaloja de manera efectiva las impurezas, garantizando así una limpieza exhaustiva. Para la impulsión del agua de limpieza, se recurre a una bomba centrífuga.

Es importante destacar que el fluido de limpieza será agua a temperatura ambiente, ya que no hay necesidad de utilizar otro fluido de limpieza, ni temperatura. El agua utilizada no es simplemente agua potable, sino que proviene de procesos de limpieza previa de tanques, debidamente tratada. Este enfoque es esencial para minimizar el desperdicio de recursos y promover una práctica sustentable, al aprovechar al máximo el agua previamente utilizada en el proceso industrial.

La automatización, combinada con la eficacia de los componentes utilizados, no solo agiliza las operaciones, sino que también reduce la huella ambiental al reutilizar recursos de manera inteligente. Este enfoque promete no solo mejorar la calidad del producto final, sino también impulsar la competitividad y la responsabilidad ambiental en el proceso productivo.

5.3.1 Secuencia de limpieza CIP de tanques dispersores

El sistema de limpieza CIP (Cleaning in Place) que se propone para los tanques de dispersión representa un paso significativo en la optimización y eficiencia del proceso.

Dependiendo del tanque que requiera limpieza, se procederá a activar la válvula correspondiente. Simultáneamente, se pone en marcha la bomba encargada de suministrar agua al tanque, la cual se mantendrá en funcionamiento hasta alcanzar un volumen predefinido dentro del mismo. Esta operación es controlada mediante las celdas de carga instaladas en el tanque, garantizando un llenado preciso y uniforme. Una vez completada la fase de llenado, se procede a encender el dispersor de alta velocidad. Esta acción no solo implica la dispersión efectiva de los componentes, sino que también genera una agitación interna que resulta fundamental para la limpieza de la cuchilla dispersora y del tanque en su totalidad. Transcurrido un período de tiempo específico, se inicia el proceso de vaciado del tanque, el cual se lleva a cabo mediante una bomba dedicada con el propósito de evacuar el agua y los residuos generados durante el ciclo de limpieza.

A continuación, se procede a realizar un enjuague del tanque. Para ello, se procede a volver a llenarlo con agua previamente tratada y utilizada en limpiezas anteriores, hasta alcanzar un nivel predeterminado. Una vez más, se activa el dispersor y se deja transcurrir un tiempo específico para asegurar una limpieza completa y efectiva. Una vez culminada esta fase, el tanque se encuentra listo para su próximo uso. Es importante destacar que la aprobación final de la limpieza será otorgada por el o los operarios encargados de supervisar el proceso. En caso de ser necesario, se procederá a una

limpieza de intervención manual para asegurar la calidad y la integridad del proceso de limpieza. Este procedimiento garantiza una limpieza exhaustiva y eficiente de los tanques de dispersión, permitiendo un retorno a la operación normal en condiciones óptimas y garantizando la calidad del producto fabricado.

5.3.2 Selección de bocha de limpieza

Se utilizará una bocha de limpieza rotativa de 2" de acero inoxidable con conexión clamp. En cuanto a las posibilidades y formato de bochas de limpieza son extensas, pero las principales que nos podemos encontrar en el mercado son las fijas, rotativas y las de formato rotojet, siendo las rotativas una solución intermedia logrando una limpieza más segura con respecto a la fija, por su naturaleza de girar mientras se está limpiando, y menor consumo de agua con respecto a las rotojet.



Ilustración 83. Bocha de limpieza CIP

Para la selección de la bocha nos basaremos en el valor de radio de limpieza recomendado por el fabricante según su diámetro nominal, en este caso la bocha de 2" nos brinda de manera segura un radio de limpieza de 1,5 metros el cual es el óptimo para las dimensiones de nuestro tanque.

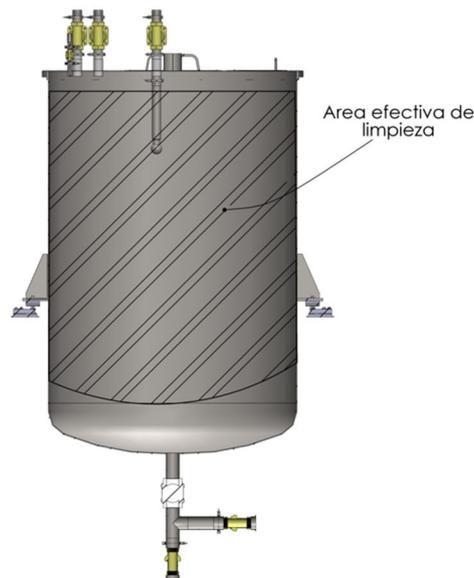


Ilustración 84. Area efectiva de limpieza interior de tanque

5.3.3 Conducción de agua a tanque dispersores

Se utilizará cañerías rígidas de acero galvanizado, la mejor alternativa al acero inoxidable y de más bajo costo. El taque de depósito de agua lista para su uso en el proceso se encuentra fuera de la nave, teniendo un recorrido total de cañerías de aproximadamente 25 metros hasta llegar a los tanques. Teniendo partes que estarán a intemperie. Por esta razón de longitud y por la exposición climáticas nos decantamos por las cañerías de acero galvanizadas, la cual nos brindan una conducción de relativo bajo mantenimiento, sin tener que caer en tuberías plásticas.

5.4 **DISEÑO Y VERIFICACION TANQUES DE DISPERSIÓN**

Sera construido completamente de acero inoxidable AISI 304 con chapa rolada y soldada de espesor 4,76mm. Su cuerpo será cilíndrico y el fondo seleccionado será del tipo toriesferico.

Como condición principal de diseño, debe perder albergar con seguridad una capacidad útil de 2500L.

5.4.1 Selección de cotas de construcción

Utilizando las relaciones sugeridas por la bibliografía “Operaciones unitarias en ingeniería química” de McCabe, determinaremos las medidas del tanque dispersor. Fijaremos un diámetro de 1450

$$\frac{H}{D_t} \approx 1$$

Respetando la relación, obtenemos que necesitamos una altura de aproximadamente 1520 mm de altura para poder decepcionar 2500L de producto.

Para poder realizar la operación de dispersión de alta velocidad sin posibilidad de derrame por el vórtice generado en su interior, se optará por realizar el tanque un 50% más alto, quedando una altura total de aproximadamente 2280mm.

5.4.2 Selección de fondo tanque de dispersión

El uso de un fondo torisférico en un tanque de dispersión de alta velocidad para el proceso de fabricación de pintura se justifica por varias razones fundamentales que abordan aspectos críticos de la operación y eficiencia del equipo.

En primer lugar, la facilidad de construcción y soldadura es un factor determinante. Los fondos torisféricos, caracterizados por su forma semiesférica con una superficie curva suave, presentan una geometría que facilita su manufactura y montaje. La ausencia de esquinas afiladas y transiciones abruptas reduce la complejidad en el proceso de soldadura, minimizando posibles defectos y optimizando el tiempo de producción.

Además, la resistencia mecánica de un fondo torisférico es excepcional. Su diseño curvo distribuye de manera uniforme las cargas y tensiones generadas durante la operación, lo que resulta en una mayor capacidad para soportar presiones internas y externas. Esto se traduce en una mayor durabilidad y vida útil del tanque, reduciendo así los costos de

mantenimiento y posibles reemplazos. En términos de limpieza, el fondo torisférico presenta una ventaja significativa. Su superficie lisa y continua minimiza la acumulación de residuos y facilita la eliminación de posibles depósitos o sedimentos, garantizando un proceso de limpieza más eficaz y rápido. Esto es esencial en la fabricación de pintura, donde la limpieza adecuada del equipo es crucial para mantener la calidad del producto final.

La generación de vórtices es otro aspecto a considerar. Los fondos torisféricos están diseñados para minimizar la formación de vórtices indeseados durante la agitación o mezcla de fluidos en el tanque. Esta característica es esencial en procesos de dispersión de alta velocidad, ya que la formación de vórtices puede interferir con la homogeneidad y calidad del producto.

Se utilizará un fondo construido por la empresa STOCCO.

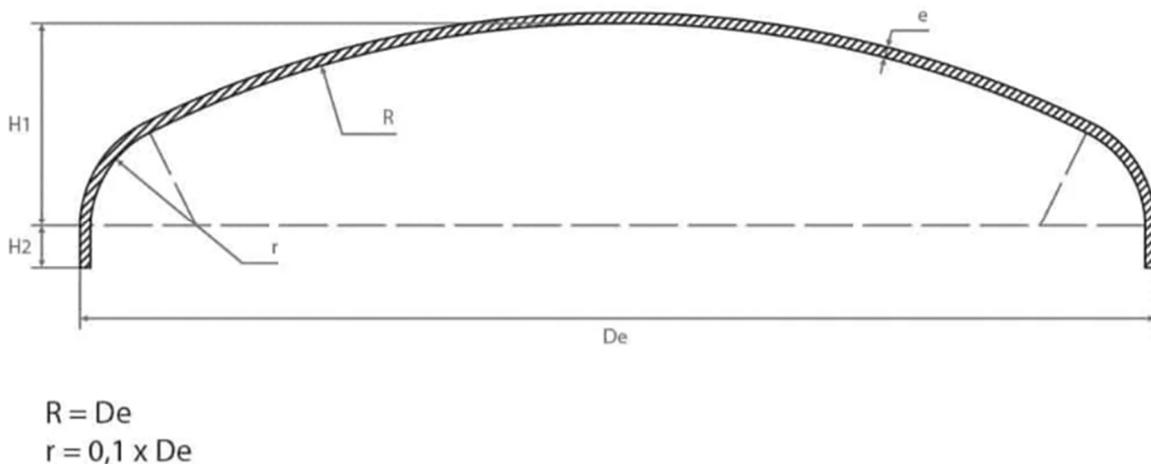


Ilustración 85. Fondo tanque de dispersion

5.4.3 Verificación estructural

Para realizar su verificación estructural, utilizaremos la teoría de membranas por su relativo bajo espesor.

Estudiando el caso de un tanque cargado con liquido sometido a presión atmosférica, llegamos a la conclusión que las tensiones máximas tanto en dirección al meridiano como al paralelo, son de igual magnitud y se manifiestan en un punto más bajo del tanque sobre el casquete toriesferico.

Desarrollando las ecuaciones para este caso puntual, teniendo en cuenta el tipo de fondo obtenemos,

$$\sigma_{max} = \sigma_{meridional} = \sigma_{paralelo} = \frac{\gamma(h + f)R}{2e}$$

Siendo,

X: Peso específico fluido

h: Altura de fluido dentro del tanque

f: altura del fondo

R: radio del tanque

e: espesor del tanque

Suponiendo un tanque lleno en su totalidad y reemplazando,

$$\sigma_{max} = \frac{\gamma(h + f)R}{2e} = \frac{1300 \cdot 9,8(2,28)0,725}{2 \cdot 4,76 \cdot 10^{-3}} = 2,21 \cdot 10^6 \text{ kg/m}^2 = 221 \text{ kg/cm}^2$$

Se verifica que las tensiones a las cual se encontrara sometida el tanque son inferiores a las tensiones admisibles del material seleccionado.

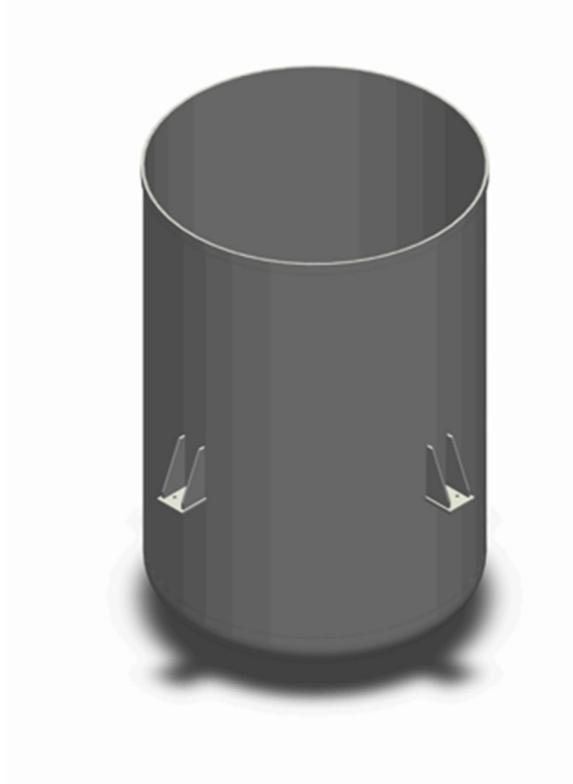


Ilustración 86. Verificacion tanque de dispersion

5.4.4 Condiciones básicas de construcción

Se requiere que todos los puntos de unión mediante soldadura, tanto en el cuerpo como en el fondo, se ejecuten de manera que los cordones resultantes sean perfectamente verticales, horizontales y paralelos.

Juntas horizontales del cuerpo

Las uniones verticales deben asegurar una penetración total y una fusión completa. Esto se logrará mediante el uso de soldadura doble, garantizando así una calidad uniforme del metal depositado tanto en el interior como en el exterior de las partes soldadas, conforme a las especificaciones del procedimiento de soldadura.

Es importante destacar que las juntas verticales no deben estar alineadas en una línea recta, pero sí deben ser paralelas entre sí y mantener una distancia mínima equivalente a 5 veces el espesor de la placa. Esto asegura una distribución adecuada de la carga y una óptima resistencia estructural del tanque.

Juntas horizontales

Las uniones horizontales deben asegurar una penetración total y una fusión completa en todos los casos, a excepción de la unión entre el ángulo de coronamiento y el cuerpo. En este punto, se permite la unión mediante doble soldadura a traslape, siempre y cuando se cumplan rigurosamente las especificaciones del procedimiento de soldadura.

5.5 SELECCIÓN DE CELDAS DE CARGA PARA TANQUES DE DISPERSIÓN

En el mercado, existen varios tipos de celdas de carga diseñadas para diferentes aplicaciones. Para el pesaje de tanques, las opciones incluyen celdas tipo viga, tipo S, tipo anillo, entre otras. En este caso particular, se ha optado por celdas de carga tipo viga debido a su capacidad para soportar cargas pesadas y su versatilidad en aplicaciones industriales.

Es importante destacar que la selección de los sistemas de pesaje se llevó a cabo en colaboración con la empresa argentina SIPEL, reconocida por su experiencia y conocimiento en sistemas de pesaje. SIPEL brindó asesoramiento técnico integral, ofreciendo soluciones tanto para las celdas de carga como para los periféricos necesarios para los controles de peso. Esto es de vital importancia, ya que muchas acciones críticas, como la habilitación de bombas y el cierre de válvulas de dosificado, serán ejecutadas directamente por las celdas de carga. Esta integración garantiza un control preciso y eficiente del proceso de fabricación de pintura látex.

5.5.1 Dimensionamiento de celda carga tanques de dispersión

Para seleccionar correctamente una celda de carga para propósitos de pesaje industrial es lógico calcular la capacidad nominal de la misma de la siguiente manera:

$$C_n = \frac{k \cdot P_b}{N}$$

Datos del proceso para la selección de celdas de carga	
Peso muerto	530 kg
Peso bruto (P _B)	3780kg
Cantidad de apoyos (N)	4
Factor de sobredimensionamiento (k)	1,5
Material constructivo	Acero inoxidable AISI 304

Tabla 21. Datos seleccion celdas de carga tanques de dispersion

$$C_n = \frac{k \cdot P_b}{N} = \frac{1,5 \cdot 3780}{4} = 1417,5 \text{ kg}$$

El producto seleccionado será las celdas de carga tipo viga, específicamente la línea VASS2000, con una capacidad de carga nominal de 2000kg.



La resolución de una celda de carga está determinada por la capacidad de la celda para detectar y medir cambios muy pequeños en la carga aplicada. Se expresa en términos de la mínima variación de carga que puede ser percibida y cuantificada de manera precisa. En términos técnicos, la resolución de una celda de carga está influenciada por factores como la sensibilidad del sensor de deformación utilizado en la celda, la calidad de los materiales y componentes internos, así como la precisión y calibración de los circuitos electrónicos que procesan la señal.

En nuestro caso es posible obtener una resolución de 1,5kg, la cual es una resolución aprobada por los laboratoristas encargados de certificar el proceso.

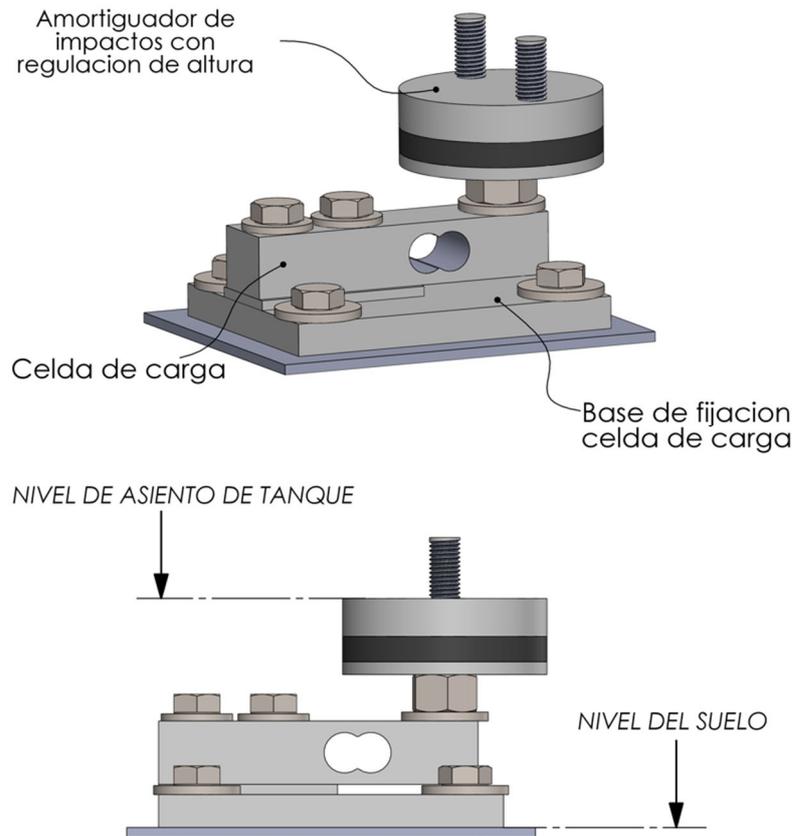


Ilustración 87. Detalles constructivos celdas de carga

Para poder integrar el sistema de pesaje, se le soldaran perimetralmente 4 pequeñas estructuras distribuidas uniformemente tipo escuadra, la cual permitirá apoyarse completamente en la celda de carga.

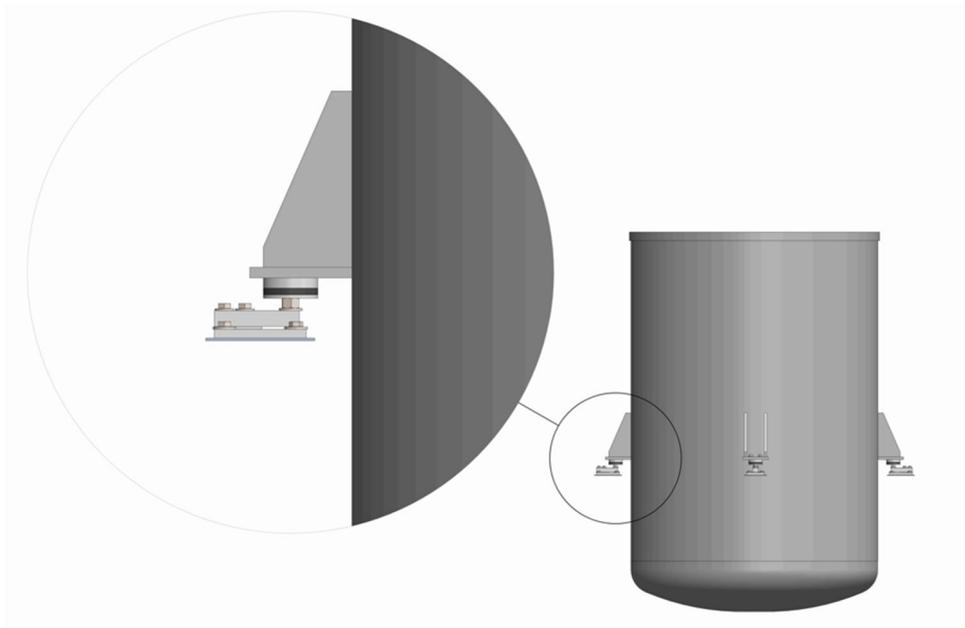


Ilustración 88. Instalacion celdas de carga en tanques

5.6 DISEÑO DE TAPA DE ACCESO SUPERIOR TANQUES DE DISPERSIÓN

Como accesorio del tanque se deberá fabricar una tapa con bisagras para permitir el ingreso de la cuchilla del dispersor por el centro de la misma, el ingreso de fluido, montaje de bocha cip y para permitir el ingreso de los polvos pre pesados de manera manual. Se construirá íntegramente de acero inoxidable AISI 304 de espesor 1,5mm.

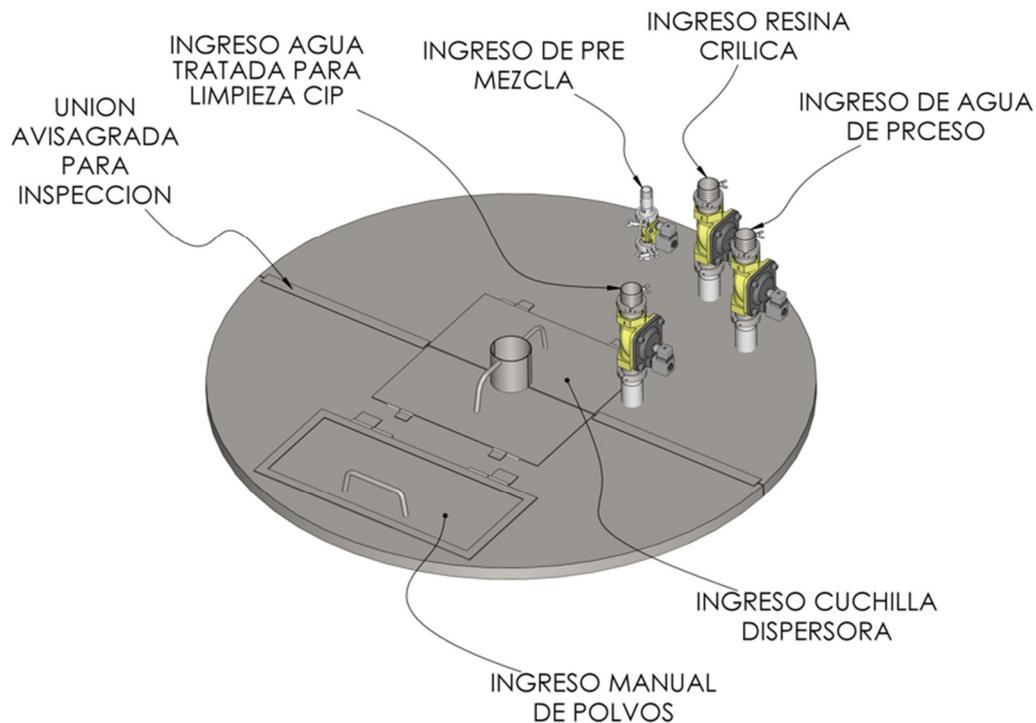


Ilustración 89. Diseño tapa tanques de dispersion

5.7 SELECCIÓN DE CUCHILLA DISPERSORA

La eficacia del proceso de dispersión en la fabricación de pintura látex es un elemento crítico para asegurar la homogeneidad y calidad del producto final. En este contexto, la selección de la herramienta de dispersión adecuada reviste una importancia significativa. La cuchilla de dispersión desempeña un papel central en este proceso, siendo un componente esencial para la obtención de una dispersión uniforme de los componentes de la pintura. Su diseño y características físicas son determinantes para la eficiencia y calidad del proceso de dispersión.



Ilustración 90. Corrientes interiores en dispersion

La cuchilla tipo Cowles se destaca como una opción óptima para esta aplicación específica. Físicamente, consta de un disco circular montado en un eje vertical, cuyo diseño está meticulosamente concebido para optimizar la agitación y dispersión de los materiales. El dentado del disco es un aspecto crucial de su diseño. Este puede presentar bordes dentados o ranuras que potencian la acción de corte y dispersión. Esta configuración proporciona una mayor eficiencia en la ruptura de aglomerados y la distribución uniforme de los componentes en la pintura látex. Reconocida en la industria por su versatilidad y eficacia, ha demostrado ser particularmente idónea para procesos de dispersión en la fabricación de pinturas látex. Su capacidad para alcanzar altas velocidades de rotación, combinada con su geometría de diseño, permite una agitación intensiva que garantiza una dispersión completa y homogénea de los componentes.



Ilustración 91. Cuchilla cowles

5.7.1 Ubicación de la cuchilla y selección de diámetro

La selección apropiada de la ubicación y el diámetro de la cuchilla de dispersión tipo Cowles dentro del tanque de dispersión es un factor crucial para asegurar un proceso eficiente y efectivo. Para este propósito, nos basamos en relaciones proporcionales entre el diámetro del tanque y el diámetro de la cuchilla, así como en limitaciones de velocidad periférica establecidas en el rango de 18 a 25 metros por segundo en el disco Cowles.

En este contexto, nos apoyamos en referencias especializadas como los trabajos de Geankopolis sobre procesos de transporte y operaciones unitarias, así como en las investigaciones de Mcbee en el ámbito de operaciones unitarias en ingeniería química. Estas fuentes proporcionan fundamentos teóricos y empíricos que respaldan nuestras decisiones de diseño. La ubicación estratégica del eje del dispersor fuera del centro del tanque se justifica en la necesidad de mitigar la formación de vórtices indeseables durante el proceso de dispersión. Esta disposición desplaza el flujo centrífugo generado por la cuchilla hacia zonas menos propensas a la generación de turbulencias perjudiciales. Este enfoque no solo mejora la eficiencia del proceso, sino que también minimiza el consumo excesivo de potencia del motor al reducir la resistencia al flujo y la turbulencia en el sistema.

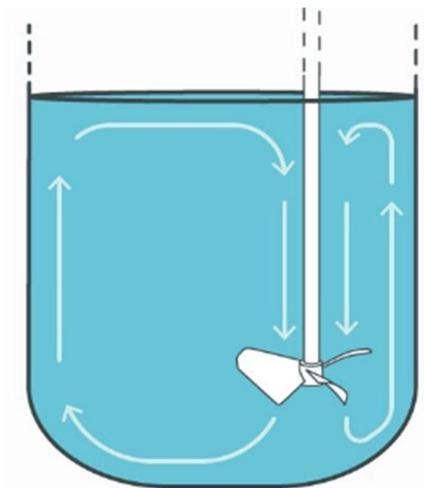


Ilustración 92. Instalacion eje de dispersor

En cuanto al diámetro de la cuchilla, se establece una relación proporcional con el diámetro del tanque para evitar la generación de vórtices no deseados. Esta relación se determina considerando las características hidrodinámicas del sistema y se fundamenta en la optimización de la distribución del flujo y la energía en el tanque.

Las proporciones disco-recipiente sugeridas por las distintas bibliografías son:

$$\frac{D_a}{D_t} = 0,3 \text{ a } 0,5$$

$$E = 0,4 a 1 D_a$$

Siendo,

D_a : Diámetro de agitador

D_t : Diámetro de tanque

E : Distancia de cuchilla al fondo del tanque

Como nuestro recipiente de diámetro interior de 1450mm, la cuchilla deberá tener entonces un **diámetro a aproximado de 500mm** y su posición de trabajo será a 350mm del fondo del tanque.

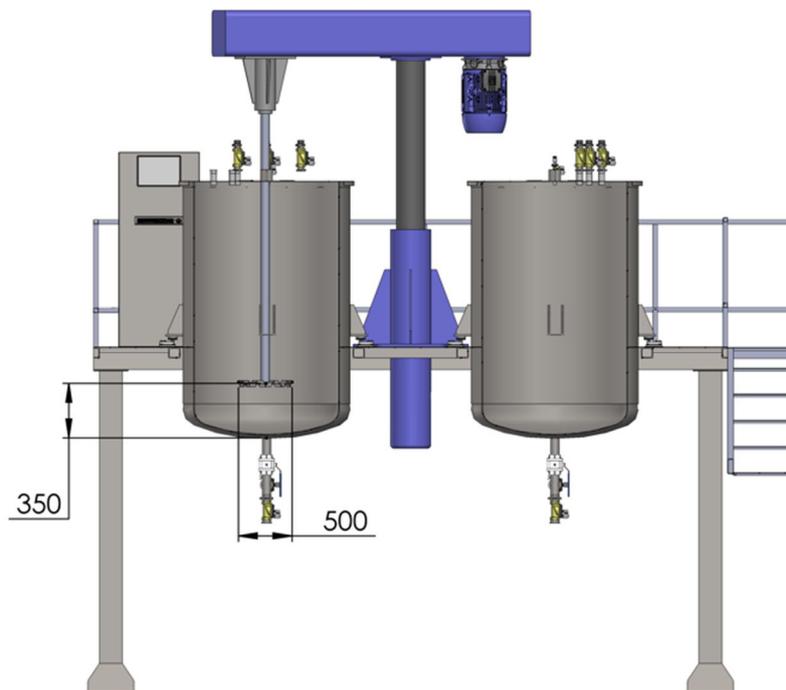


Ilustración 93. Cotas de funcionamiento de cuchilla

5.8 CALCULO Y SELECCIÓN DE BOMBAS SECTOR ENVASADO

Sera de vital importancia seleccionar, calcular y verificar correctamente las bombas utilizadas para la alimentación de agua de proceso, alimentación de agua tratada para limpieza CIP y para la descarga de agua de limpieza.

Las impulsiones de agua hacia el sector de envaso se realizarán desde un tanque en el exterior del recinto de producción, contando con un tanque de almacenamiento diario de agua potable para el agua de proceso y una planta de recuperación y tratamiento para el agua utilizada en la limpieza, por lo tanto, las distancias de impulsión a cubrir con cañerías serán las más extensas.

Para la bomba de vaciado de agua de limpieza ocurre lo contrario se encontrará lindante al sector de envasado, pero estando por fuera del recinto, y su impulsión deberá conducir a la planta de tratamiento de agua.

Se utilizará cañería de acero galvanizado de diámetro nominal de 2" para todas las impulsiones. Es importante tener en cuenta el tipo de fluido que se utilizará en el proceso CIP y se trata de agua proveniente de limpiezas anteriores y previamente tratada en una planta de procesamiento, interna de la empresa. Esta planta se encarga de separar el agua de las materias sólidas y otros componentes no deseados, asegurando que el fluido de limpieza esté en condiciones óptimas para su uso.

5.8.1 Bomba impulsora de agua a tanques principales

Se utilizará una bomba centrífuga de rodete cerrado de una etapa, marca Czerweny, modelo Zeta II de 1 HP de potencia (745,7 W), ya que agua de preparación es potable y será suministrada desde un tanque de reserva. Se propone la utilización de cañerías de acero galvanizado de diámetro nominal 2".

El cálculo y la selección de la bomba se realizará de la misma manera que en el inciso **4.5.1. VER ANEXO III**

5.8.2 Eficiencia de bomba impulsión de agua a tanque principal

Al igual que en el cálculo anterior se propone una eficiencia de bomba de 0,7 y eficiencia eléctrica de 0,8.

$$P_c = \frac{J_{REAL} \cdot \delta \cdot Q \cdot g}{\eta_b} = 465,9 (W)$$

$$E_m = \frac{P_c}{P_r \cdot \eta_b} 100 = \frac{465,9}{745,7 \cdot 0,8} 100 = 78\%$$

Como se observa la bomba satisface correctamente la necesidad de impulsión, permitiendo utilizarla con mayores caudales, si surge la necesidad de disminuir los tiempos de bombeo hacia el tanque principal.

5.8.3 Bomba limpieza CIP tanques de dispersión

Se utilizará una bomba centrífuga de rodete cerrado de una etapa, marca Czerweny modelo EB 65-40-200 de 7,5 HP (5592,75 W).

Una vez que se ha garantizado la calidad del agua tratada, se procede a calcular la capacidad de la bomba centrífuga necesaria para llevar a cabo el proceso de limpieza CIP de manera eficiente, teniendo en cuenta que se utilizará una única bomba para los dos tanques, y que el flujo será dirigido por válvulas solenoides. Esto implica considerar varios parámetros, como el tanque más alejado del lugar de instalación de la bomba, caudal requerido para una limpieza efectiva, presión necesaria para garantizar una

distribución uniforme del fluido en los tanques de dispersión y la distancia vertical y horizontal que la bomba debe superar para alcanzar su objetivo. La condición principal de cálculo es contar con un caudal de 38 m³/h y una presión de 2 bar, condiciones de trabajos ideales de la bocha de limpieza.

El cálculo y la selección de la bomba se realizará de la misma manera que en el inciso **4.5.1. VER ANEXO VI**

5.8.4 Eficiencia de bomba impulsión de agua para limpieza CIP

Se propone una eficiencia de bomba de 0,7 y eficiencia eléctrica de 0,8.

$$P_c = \frac{J_{REAL} \cdot \delta \cdot Q \cdot g}{\eta_b} = 3780 (W)$$

$$E_m = \frac{P_c}{P_r \eta_b} 100 = \frac{3780}{5592,75 \cdot 0,8} 100 = \mathbf{84\%}$$

Podemos concluir que la bomba seleccionada cumple con la condición de operación de la bocha de lavado ya que la presión disponible serán 22mca y 600 litros por minuto valor cercano a los 2 bares de presión.

5.8.5 Bomba vaciado limpieza CIP

Utilizaremos una bomba centrífuga de rodete cerrado de una etapa para realizar el vaciado de los tanques y dirigir el fluido de limpieza a la planta de tratamiento interno. Se propone un vaciado completo en 7 minutos de los aproximadamente 2000 litros de agua, lo que resulta en un valor de caudal de 285,7 litros por minuto. Se seleccionará la bomba marca Czerweny, modelo EB 50-32-124-4 de 1 HP (745,7 W).

El cálculo y la selección de la bomba se realizará de la misma manera que en el inciso **4.5.1. VER ANEXO VII**

5.8.6 Eficiencia de bomba impulsión de agua vaciado tanque dispersor limpieza CIP

Se propone una eficiencia de bomba de 0,7 y eficiencia eléctrica de 0,8.

$$P_c = \frac{J_{REAL} \cdot \delta \cdot Q \cdot g}{\eta_b} = 533,12 (W)$$

$$E_m = \frac{P_c}{P_r \eta_b} 100 = \frac{533,12}{745,7 \cdot 0,8} 100 = \mathbf{89\%}$$

Podemos concluir que la bomba seleccionada cumple con la condición de operación.

5.9 DISPERSORA DE ALTA VELOCIDAD

La selección de los equipos de dispersión representa un desafío considerable debido a la naturaleza variable de los productos a dispersar. Las diferencias en viscosidad, densidades, y propiedades tixotrópicas añaden una capa de complejidad significativa al proceso. Esta variabilidad implica que la elección del dispersor debe ser minuciosa y adaptable a las cambiantes propiedades de la mezcla. La capacidad pivotante de 90° del dispersor juega un papel esencial en este contexto, ya que está diseñada específicamente para atender dos. Una vez que la operación en un tanque concluye, el dispersor se retira del interior del mismo, se gira 90 grados y se coloca en el otro tanque. Este diseño proporciona una flexibilidad operativa que optimiza la eficiencia del proceso. La capacidad de elevación hidráulica también es un componente crucial. Facilita la extracción del tanque, garantizando una transición sin contratiempos entre las fases del proceso de mezcla.

En cuanto a la potencia necesaria, su determinación es el aspecto más complejo de la selección, ya que está intrínsecamente ligada a las propiedades físicas del fluido, los componentes a dispersar, la geometría del tanque, tipo de vórtice generado como consecuencia y cuchilla dispersora a utilizar. Factores como la tensión de corte del fluido y la cantidad de carga sólida presente en la pintura son determinantes en este sentido. Si bien es posible encontrar relaciones numéricas y empíricas en cuanto a propiedades físicas del fluido, velocidad de dispersión y geometría, no existe la seguridad total que seleccionando la potencia de esta manera sea la correcta. Como dato de utilización para acercarse al valor de potencia en el campo de los recubrimientos, tanto sea pinturas y tintas se debe contar con 1 HP de potencia por cada 10 galones de pintura o cada 37,85 litros, por lo tanto, para nuestro batch de 2500 litros necesitaríamos alrededor de **66 HP**.

La colaboración con la empresa argentina MyV mixing, especializada en agitación, es fundamental, ya que su experiencia aporta un invaluable apoyo en la identificación de los requerimientos de potencia específicos para cada aplicación.

Por lo tanto, se solicitará la fabricación de un dispersor con las siguientes características:

Potencia eléctrica instalada	44Kw (73HP)
Accionamiento de mástil dispersor	Hidráulico
Posibilidad de giro de mástil	SI (90°)
Altura de máxima de alzada de mástil	2 metros
Entre centro eje-pivot	1,29 metros
Preparación de eje	Instalación cuchilla cowles

Tabla 22. Especificaciones dispersor.

5.10 PIPING SECTOR ENVASADO

Una vez atravesado el muro divisorio entre los dos sectores, será necesario comunicar los fluidos provenientes de sector de mezcla con los tanques principales. A su vez debemos alimentar con agua lista para proceso y agua proveniente de la planta de tratamiento para realizar la limpieza CIP.

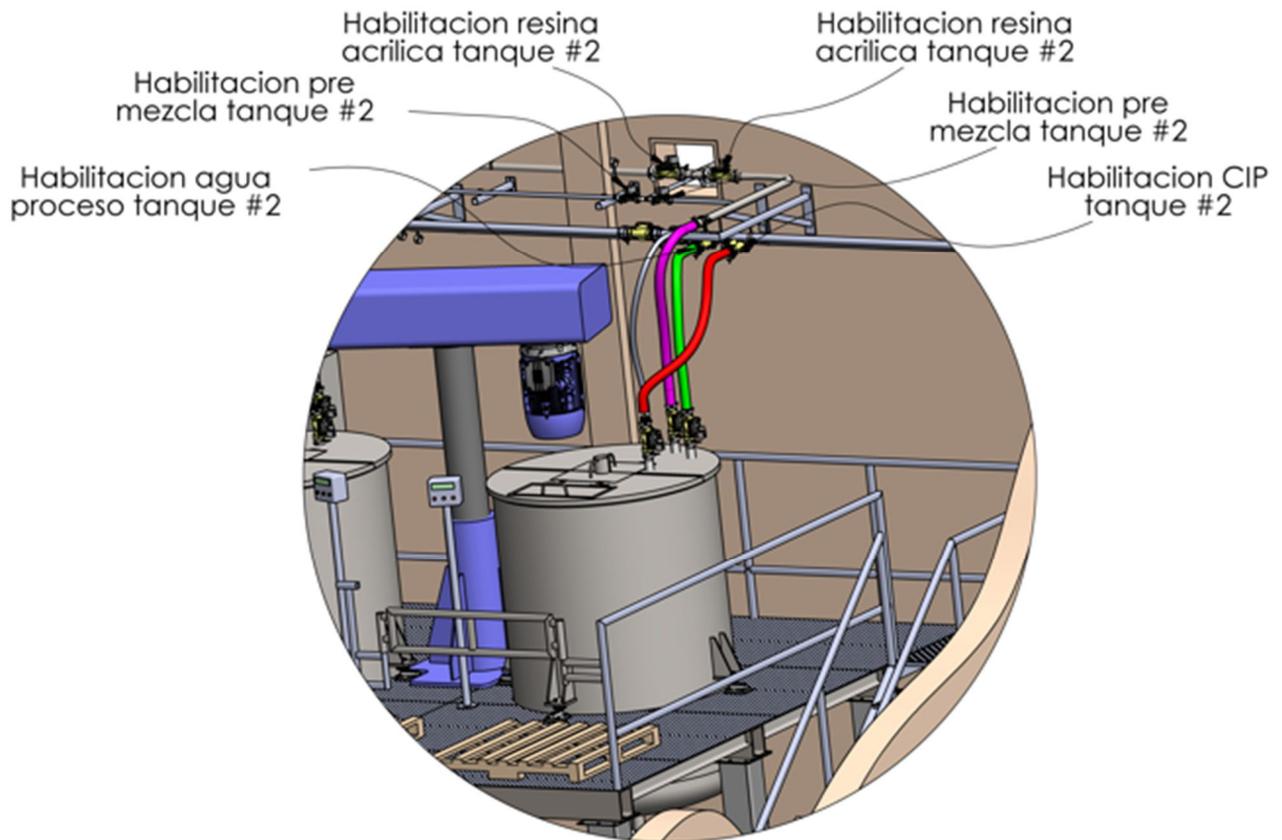


Ilustración 94. Válvulas habilitaciones de fluido

Para realizar las habilitaciones correspondientes a cada tanque se utilizarán las válvulas solenoides que se encontrarán conectadas a las cañerías. En el caso de las de acero inoxidable, estarán vinculadas mediante uniones clamp, y en caso de las de acero galvanizado mediante unión roscada. Ambas uniones permiten un fácil desacople, y en todos los trazados está contemplado el escenario de posible deshabilitación de un ramal mientras se está operando el tanque paralelo no afectado. Para resolver esta situación se deberán colocar, según corresponda, tapones ciegos en las cañerías de acero galvanizado y clamp ciegas en las de acero inoxidable.

De la misma manera que el sector pre mezcla, se utilizaran soportes aéreos de cañerías construidos, con el fin de dejar libre una zona libre alrededor del tanque con un ancho y altura determinada.

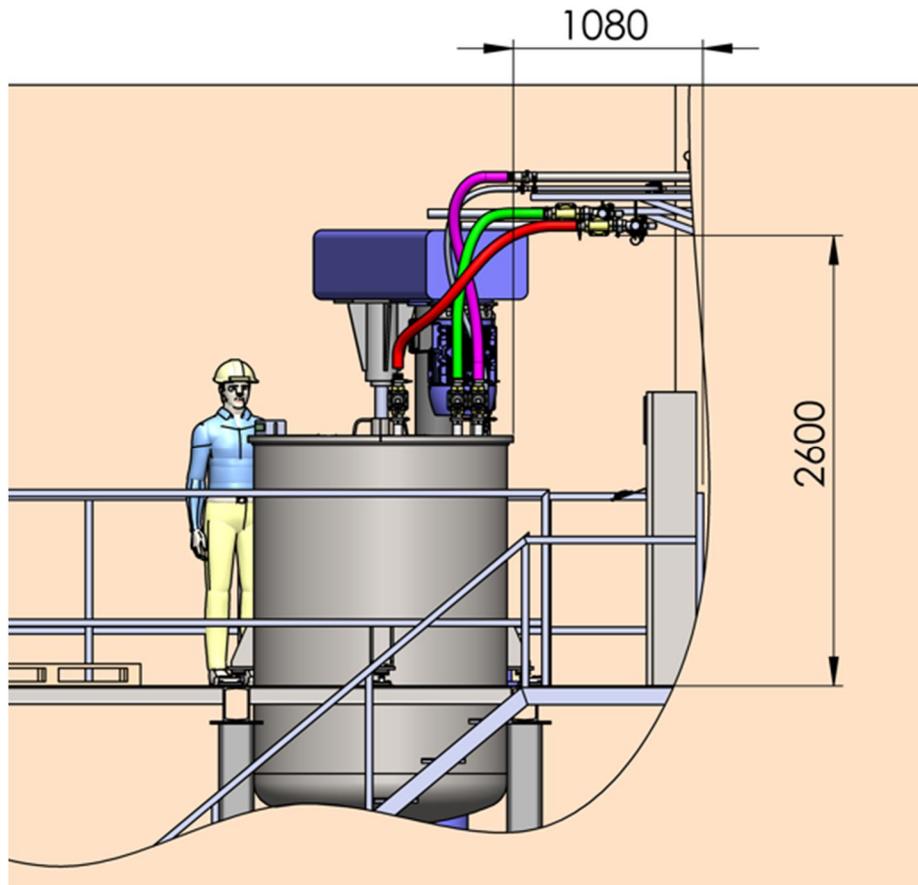


Ilustración 95. Pasillo plataforma elevada

6 CODIFICACION DE PLANOS

La codificación de planos desempeña un papel crucial en la gestión eficiente de proyectos de ingeniería mecánica, proporcionando una estructura sistemática para la identificación y seguimiento de planos de fabricación, soldadura y montaje. En este contexto, se ha optado por la convención x_Yz , donde "x" representa el código numérico único del proyecto, "Y" es una letra que denota el tipo de plano (M para montaje, F para fabricación o S para soldadura), y "Z" constituye el código único de tres dígitos del plano en cuestión.

Esta metodología de codificación se ha diseñado con el objetivo de maximizar la información incorporada en la etiqueta, utilizando un número reducido de caracteres. La inclusión del código numérico del proyecto proporciona una referencia instantánea, permitiendo la vinculación rápida y directa entre el plano y el proyecto global. La letra que sigue, indicando el tipo de plano, facilita la identificación del propósito principal del documento, ya sea para montaje, fabricación o soldadura.

Por ejemplo, consideremos un proyecto con el código numérico 20. En este caso, un plano de montaje estaría codificado como 20_M001, mientras que un plano de fabricación asociado sería 20_F002. De manera similar, un plano de soldadura se

representaría como 20_S003. Esta codificación sistemática no solo permite una identificación clara, sino que también facilita la clasificación y recuperación eficientes de los planos en el contexto del proyecto más amplio.

La adopción de esta convención ofrece ventajas prácticas al minimizar la posibilidad de errores y confusiones durante el proceso de gestión de planos. La combinación de elementos numéricos y alfabéticos proporciona un sistema compacto y de fácil interpretación para los profesionales involucrados en diversas etapas del proyecto de ingeniería mecánica.

7 ESQUEMAS DE PINTURAS

La implementación de esquemas de pintura en estructuras metálicas es esencial para asegurar una protección anticorrosiva y la durabilidad. Estos esquemas se dividen en dos partes codificadas: preparación de superficie y recubrimiento con metodología de aplicación.

En la preparación de superficie, la codificación identifica claramente las etapas de limpieza y eliminación de contaminantes, garantizando una base adecuada para el recubrimiento.

En cuanto al recubrimiento, la codificación especifica los componentes, como primarios, intermedios y acabados, simplificando su identificación en los planos. La metodología de aplicación, desde la preparación de la mezcla hasta la técnica de aplicación, también se codifica para su inclusión en los planos según sea necesario.

Preparacion de superficie	DESCRIPCION DEL PROCESO
PS01	Limpieza mecanica (Arenado)
	No realizar limpieza mecanica cuando la humedad relativa del ambiente es mayor del 80%
	Aplicación de pintura pasadas las 4 horas de limpieza, como maximo
	Aplicación pelicula extra de pintura en zonas soldadas
PS02	Superficie limpia, libre de polvo, grasa, oxido que pueda comprometer la adherencia de pintura
PS03	Procedimiento de decapado y pasivado quimico

Tabla 23. Preparacion de superficies

ESQUEMA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION	ESPECIF. PARA COMPRA	CANT CAPAS	ESPEJOR DE PELICULA SECA TOTAL (µm)	TIPO DILUYENTE	METODO DE APLICACIÓN	TEMP. MAX. DE APLICACIÓN (°c)
A	FONDO	Pintura MACROPOXY 646 FAST CURE	Pintura MACROPOXY 646 A/B	1 o 2	125	951	Pincel, rodillo, soplete	120
	TERMINACION	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
B	FONDO	Pintura MACROPOXY 646 FAST CURE	Pintura MACROPOXY 646 A/B	1 o 2	125	951	Pincel, rodillo, soplete	90 (Servicio continuo)
	TERMINACION	Según especificacion	SUMATANE 355 HB COMP A/B	1 o 2	40	920	Pincel, rodillo, soplete	
C	FONDO	Pintura MACROPOXY 646 FAST CURE	Pintura MACROPOXY 646 A/B	1 o 2	125	951	Pincel, rodillo, soplete	80 (Servicio continuo)
	TERMINACION	N/A	SHERTANE COMP A/B	1 o 2	40	Diluyente poliuretano	Pincel, rodillo, soplete	

Tabla 24. Esquemas de pintura

La importancia de estos esquemas radica en su capacidad para estandarizar y comunicar de manera eficiente los requisitos técnicos. La codificación en los planos facilita la ejecución precisa y la inspección adecuada, asegurando la conformidad con las especificaciones y la eficacia del sistema de pintura en la estructura metálica.

8 CONCLUSIONES FINALES

Después de llevar a cabo este estudio sobre la automatización del proceso de mezcla de materias primas para la fabricación de pinturas látex, se pueden extraer conclusiones significativas. En primer lugar, es importante destacar que, en el ámbito de la industria de pinturas, la disponibilidad de soluciones estándar para la automatización de este proceso en empresas de fabricación de escala media es limitada. Este vacío en el mercado resalta la relevancia y el potencial impacto de este proyecto en el campo.

Además, el diseño del sistema implementado se distingue por su capacidad de escalabilidad y flexibilidad. Esto significa que la producción puede ser incrementada de manera eficiente y sin mayores complicaciones, lo que brinda a la empresa una ventaja competitiva en un mercado que puede experimentar fluctuaciones en la demanda.

Durante el desarrollo de este proyecto, se pudo adquirir una valiosa experiencia en el manejo de sustancias involucradas en la fabricación de pinturas látex. Este conocimiento se revela como un activo fundamental para cualquier profesional que aspire a destacarse en la industria, al tiempo que contribuye a la seguridad y calidad del proceso de producción.

La implementación de un sistema de trazabilidad de materias primas representa un avance significativo en términos de gestión interna. Esta herramienta no solo permite un seguimiento preciso del consumo de materias primas, sino que también facilita la optimización del inventario y la toma de decisiones en relación con las compras, contribuyendo a una gestión más eficiente y rentable.

Por último, la capacidad de programar y fabricar distintos tipos de pinturas mediante el sistema central representa un salto cualitativo en la versatilidad y adaptabilidad de la línea de producción. Esta funcionalidad brinda a la empresa la posibilidad de diversificar su oferta de productos de manera ágil y eficaz, adaptándose a las necesidades y preferencias del mercado.

Además de los puntos mencionados anteriormente, es importante destacar que la implementación de este sistema de automatización no solo ha optimizado el proceso de mezcla de materias primas, sino que también ha contribuido a la reducción de posibles errores humanos y a la mejora de la consistencia en la calidad del producto final. Esto se traduce en una mayor confiabilidad y satisfacción del cliente, factores esenciales para el éxito y la reputación de la empresa en el mercado.

Asimismo, el sistema de control centralizado permite un monitoreo en tiempo real de los parámetros del proceso, lo que facilita la detección temprana de posibles desviaciones y la toma de medidas correctivas de manera inmediata. Esto no solo garantiza una producción más eficiente, sino que también minimiza el desperdicio de materias primas y recursos, lo que se traduce en un impacto positivo en la sostenibilidad y la rentabilidad del negocio.

En el contexto de la Industria 4.0, la automatización de procesos como el que se ha implementado en este proyecto se alinea con las tendencias y demandas del mercado actual. Esto posiciona a la empresa en una posición ventajosa para aprovechar las oportunidades de crecimiento y expansión en un entorno industrial cada vez más tecnológico y competitivo.

9 TRABAJO A FUTURO

Para llevar a cabo una implementación completa y escalable del proceso de automatización en la mezcla de materias primas para la fabricación de pinturas látex, es crucial considerar varios aspectos adicionales que quedaron pendientes debido a la escala de producción y la complejidad logística.

En primer lugar, se destaca la necesidad de abordar la automatización del ingreso de polvos al tanque de pre-mezcla. Esta etapa representa un paso crítico en el proceso y su automatización no solo incrementaría la eficiencia, sino que también reduciría la posibilidad de errores y aumentaría la consistencia en la calidad del producto final. Para lograrlo, se deberá llevar a cabo un estudio detallado de las distintas alternativas, y es altamente probable que se requiera la implementación de sistemas de transporte neumático. Este cambio implica la necesidad de acondicionar silos para el almacenamiento de materias primas en polvo, lo que a su vez implica la asignación de un mayor espacio en el recinto y una mayor complejidad en la gestión logística. Sin embargo, este paso es fundamental para alcanzar la automatización total del proceso.

Además, se debe considerar la implementación de un sistema de extracción de polvos en zonas puntuales de carga de polvos al tanque de pre-mezcla. Al ingresar los polvos, se genera una nube en suspensión que puede representar un riesgo tanto para la salud de los trabajadores como para la calidad del ambiente de trabajo. Aunque se recomienda siempre el uso de protecciones personales, la implementación de este sistema de extracción adicional mejoraría significativamente la seguridad del proceso.

Por otro lado, es importante resaltar que la implementación de estas mejoras conlleva un incremento en la complejidad operativa y logística. Se requerirá un cuidadoso plan de diseño y distribución de los nuevos elementos, así como la capacitación adecuada del personal para su operación y mantenimiento. También se debe considerar la inversión asociada a la adquisición e instalación de los nuevos equipos y la posible necesidad de adaptaciones en la infraestructura existente.

ANEXOS

9.1

***ANEXO I – RECETA FABRICACION
PINTURA LATEX***

Receta para 1000L pintura latex					2500L		
Producto	Cantidad	Estado	NCORPORACION				
ETAPA I. Solucion de dispersion					Densidad (Kg/m3)	viscosidad dinamica 20° C(Kg/m*s)	
Agua	382	LIQUIDO	AUTOMATICA(TP	764	1000	0,001003	
Bentone EW	3	SOLIDO	MANUAL	6	-	-	
Funguicida	2	LIQUIDO	AUTOMATICA	4	1050	0,00108324	
Dispersante	0,5	LIQUIDO	AUTOMATICA	1	1105	0,001098285	
Dispersante 40%	2,5	LIQUIDO	AUTOMATICA	5	1109	0,0011033	
Dispersante 25%		LIQUIDO	-	-	-	-	
Mc 30000 mpas	3	SOLIDO	MANUAL	6	-	-	
MC 20000 mpas	3	SOLIDO	MANUAL	6	-	-	
Antiespumante	2	LIQUIDO	AUTOMATICA	4	1090	0,00102306	
ETAPA II. Mezcla pigmento - carga							
KRONOS 2190	180	SOLIDO	MANUAL	450			
KRONOS 2043			-	-			
Silicato de aluminio 0,035µm	75	SOLIDO	MANUAL	187,5			
CCN calcita 5µm	235	SOLIDO	MANUAL	587,5			
CCN creta			-	-			
Amoniaco 25%	1	LIQUIDO	MANUAL	2,5			
ETAPA III. Aditivos y ligantes							
Texanol	10	LIQUIDO	AUTOMATICA	25	1111	0,00112336	
Propilenglicol	20	LIQUIDO	AUTOMATICA	50	1036	0,00117351	
Dispersion de resina sintetica	100	LIQUIDO	AUTOMATICA	250	1225	0,00129387	

9.2

***ANEXO II – CALCULO Y SELECCIÓN BOMBA
IMPULSORA PRE MEZCLA A TANQUE PRINCIPAL***

Las pérdidas de carga en la impulsión son:

IMPULSION DESDE PREMEZCLA A TANQUE PRINCIPAL			
ACCESORIO	CANT.	PC unitaria (m)	PC TOTAL
CURVA 90° DN 1"	7	1,07	7,49
VALVULA ESFERICA DN 1" (kv= 58)	2	0,00096	0,00192
VALVULA SOLENOIDE 1"	2	13,4	26,8
CAÑERIA DN 1"	1	10,5	10,5
SUMATORIA PC IMPULSION (m)			44,8
Pérdida de carga equivalente (meq)			53,75

Datos del fluido y sistema:

Diametro manguera (m)	0,0254
Velocidad economica (m/s)	2
Viscosidad dinamica (Kg/m*s)	0,0012
Densidad (kg/m3)	1200
Rugosidad Absoluta	0,0000393
Rugosidad Relativa	0,00154
Diferencia de altura bomba y deposito (m)	4,3
Caudal de impulsión (L/min = m3/h = m3/s)	30 = 1,8 = 0,0005

Se procede a calcular el número de Reynolds para caracterizar el fluido, según:

$$Re = \frac{\rho v \phi}{\mu_{din}}$$

Reemplazando y operando:

$$Re = 5 \times 10^4 \rightarrow (FLUIDO TURBULENTO)$$

Ingresando en el diagrama de Moody se obtiene valor de factor de fricción:

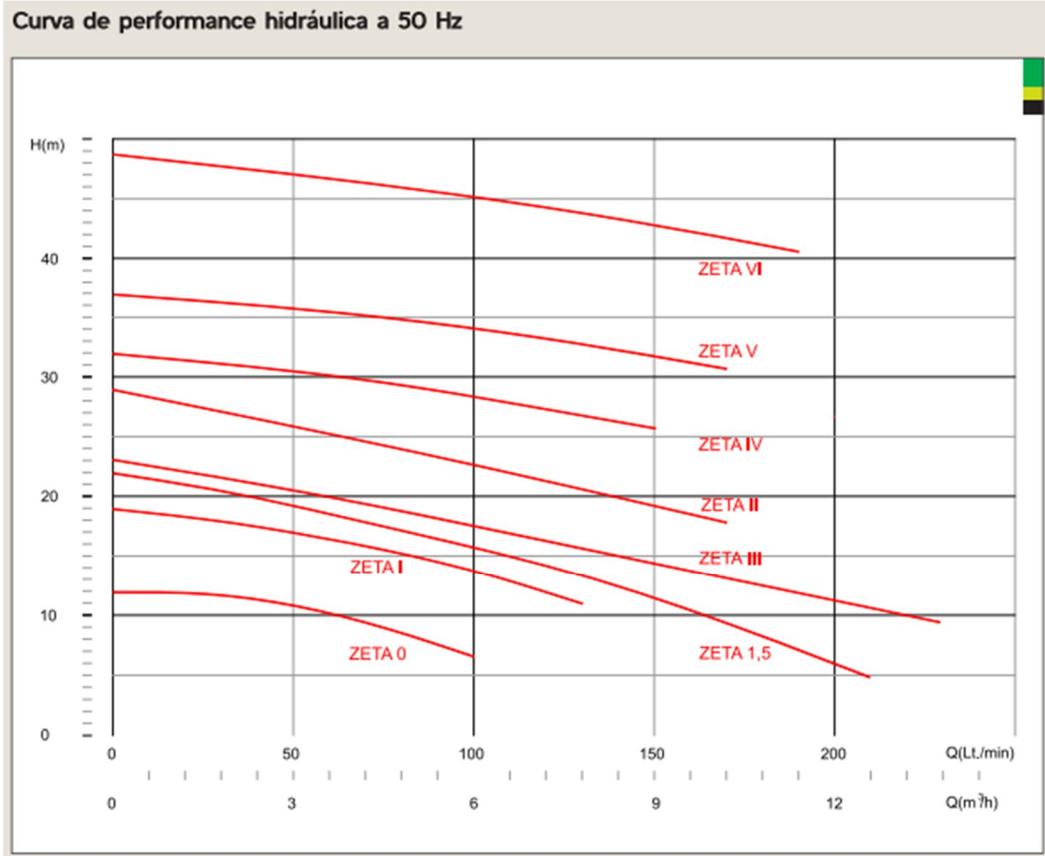
$$f = 0,024$$

Se procederá a calcular las pérdidas de cargas según DARCY-WEISBACH:

$$J_{REAL} = f \frac{L_{eq} v^2}{\phi 2g}$$

Reemplazando y operando:

$$J_{REAL} = 10,36 (m)$$



Según la curva Q-h aportada por el fabricante se puede observar que para el caudal de bombeo propuesto de 30 litros por minuto la bomba nos otorgaría aproximadamente 22 m.

Calculando la altura disponible,

$$J_{disp} = \left(\frac{P_1}{\rho} + Z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\rho} + Z_2 \right)$$

Siendo,

P_1 : Presión impulsión de la bomba

P_2 : Presión de descarga de la bomba

Z_1 : Cota cero de sistema de bombeo

Z_2 : Cota descarga de producto con respecto a Z_1

Remplazando y operando,

$$J_{disp} = (22 + 0) - (0 + 4,3) = 17,7 \text{ m}$$

$$J_{disp} \geq J_{REAL} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Es esencial considerar la eficiencia de la bomba. Este factor crítico se obtiene al evaluar la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada.

9.3

ANEXO III – CALCULO Y SELECCIÓN BOMBA IMPULSORA RESINA ACRÍLICA A TANQUE PRINCIPAL

Las pérdidas de carga del sistema de impulsión son:

TANQUE IBC Nº8 (1000l)			
IMPULSION RESINA ACRILICA A TANQUES PRINCIPALES			
ACCESORIO	CANT.	PC unitaria (m)	PC TOTAL
CURVA 90º	7	1,07	7,49
VALVULA ESFERICA	1	13,4	13,4
VALVULA SOLENOIDE	1	13,4	13,4
VALVULA SOLENOIDE	1	0,00675	0,00675
CAÑERIA	1	10,5	10,5
VALV. ANTI RETORNO	1	5,8	5,8
SUMATORIA PC IMPULSION (mca)			50,60
Pérdida de carga equivalente (mca equivalente)			61,98

Datos del fluido y sistema:

Diametro manguera (m)	0,0508
Velocidad economica (m/s)	2
Viscosidad dinamica (Kg/m*s)	0,001293
Densidad (kg/m ³)	1225
Rugosidad Absoluta	0,0000393
Rugosidad Relativa	0,00077
Diferencia de altura bomba y deposito (m)	4,3
Caudal de impulsión (L/min = m ³ /h = m ³ /s)	50 = 3 = 0,000833

Se

procede a calcular el número de Reynolds para caracterizar el fluido, según:

$$Re = \frac{\rho v \phi}{\mu_{din}}$$

Reemplazando y operando:

$$Re = 8 \times 10^4 \rightarrow (FLUIDO TURBULENTO)$$

Ingresando en el diagrama de Moody se obtiene valor de factor de fricción:

$$f = 0,021$$

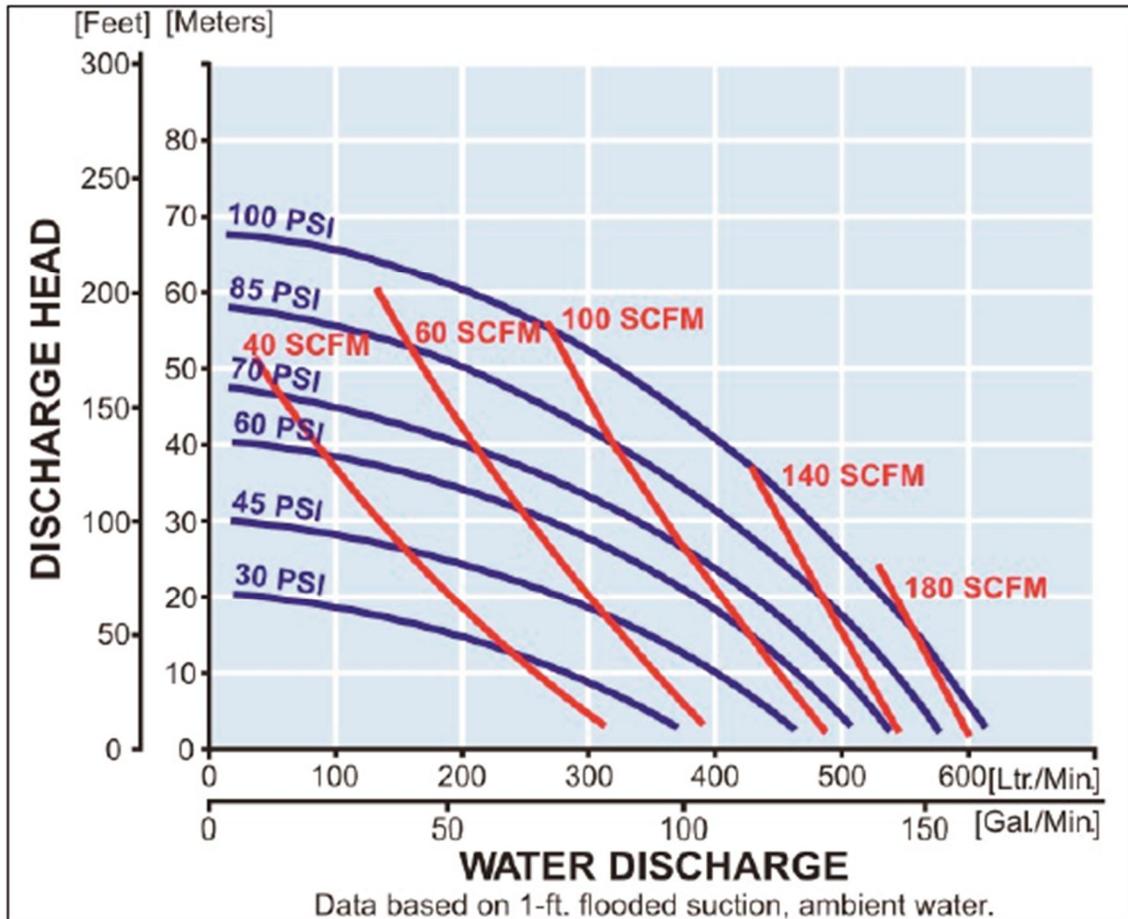
Se procederá a calcular las pérdidas de cargas según DARCY-WEISBACH:

$$J_{REAL} = f \frac{L_{eq} v^2}{\phi 2g}$$

Reemplazando y operando:

$$J_{REAL} = 6,41 (m)$$

Rubber Diaphragm Performance Curve



Según la curva Q-h aportada por el fabricante se puede observar que para el caudal de bombeo propuesto de 50 litros por minuto y alimentada con una presión estable de 5 bar de presión (72,5 psi), la bomba nos otorgaría aproximadamente 47 m.

Calculando la altura disponible,

$$J_{disp} = \left(\frac{P_1}{\rho} + Z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\rho} + Z_2 \right)$$

Reemplazando y operando,

$$J_{disp} = (47 + 0) - (0 + 4,3) = 42,7 m$$

$$J_{disp} \geq J_{REAL} \rightarrow VERIFICA$$

Es importante destacar que, aunque la bomba seleccionada puede estar sobredimensionada en términos de caudal y presión nominal, esta elección se justifica por la naturaleza de la resina acrílica. Uno de los aspectos preponderantes en esta decisión es la alta tendencia de la resina a la formación de sólidos cuando permanece estacionada por periodos prolongados. La bomba de 2" ofrece la capacidad de manejar partículas de hasta 8mm, lo que garantiza la eficacia en el transporte incluso en presencia de aglomeraciones sólidas.

Además, este sobre-dimensionamiento de la bomba brinda un margen de seguridad importante ante posibles fluctuaciones en las condiciones de operación, garantizando así la continuidad y confiabilidad del proceso.

9.4

***ANEXO IV - CALCULO Y SELECCIÓN DE BOMBA
PARA AGUA DE PROCESO EN TANQUE
PRINCIPAL***

Las pérdidas de carga del sistema de impulsión son:

ALIMENTACION DE AGUA A TANQUES PRINCIPALES			
PERDIDA DE CARGA IMPULSION DE BOMBA			
ACCESORIO	CANT.	PC unitaria (m)	PC TOTAL
CURVA 90° DN 2"	6	1,07	6,42
VALVULA ESFERICA (Kv=577)	2	0,000064	0,000128
VALVULA SOLENOIDE	2	3,77	7,54
CAÑERIA	1	30	30
SUMATORIA PC ASPIRACION (m)			43,96

Datos del fluido y sistema:

Diametro cañeria (mm)	0,0508
Velocidad economica (m/s)	2
Viscosidad dinamica (Kg/m*s)	0,001
Densidad (kg/m ³)	1000
Rugosidad Absoluta	0,0001
Rugosidad Relativa	0,001968504
Diferencia de altura bomba y deposito (m)	5
Caudal de impulsión (L/min = m ³ /h = m ³ /s)	77,7 = 4,62 = 0,00128

Se procede a calcular el número de Reynolds para caracterizar el fluido, según:

$$Re = \frac{\rho v \phi}{\mu_{din}}$$

Reemplazando y operando:

$$Re = 1 \times 10^5 \rightarrow (\text{FLUIDO TURBULENTO})$$

Ingresando en el diagrama de Moody se obtiene valor de factor de fricción:

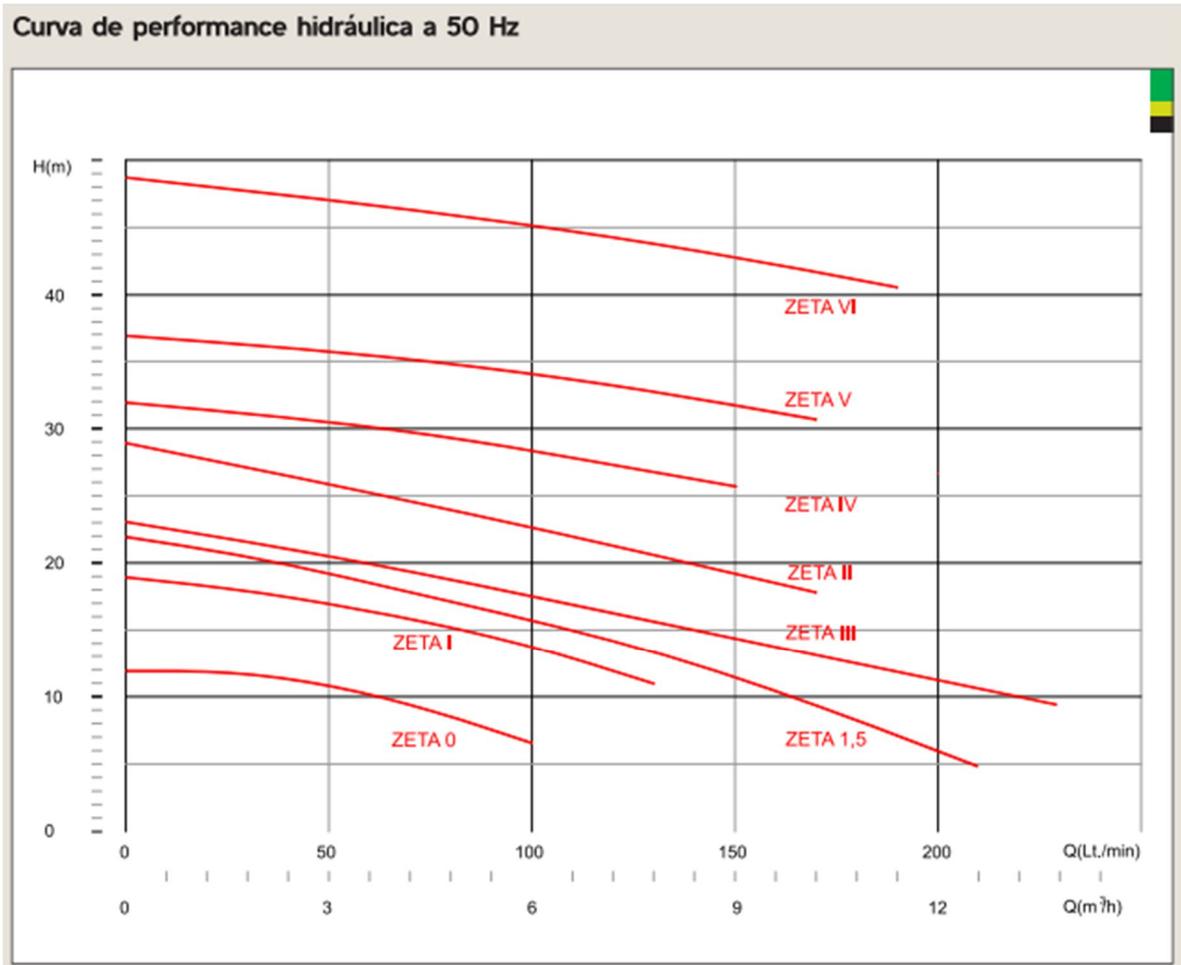
$$f = 0,027$$

Se procederá a calcular las pérdidas de cargas según DARCY-WEISBACH:

$$J_{REAL} = f \frac{L_{eq} v^2}{\phi 2g}$$

Reemplazando y operando:

$$J_{REAL} = 4,8 (m)$$



Según la curva Q-h aportada por el fabricante se puede observar que para el caudal de bombeo propuesto de 50 litros por minuto, la bomba nos otorgaría aproximadamente 26 m.

Calculando la altura disponible,

$$J_{disp} = \left(\frac{P_1}{\rho} + Z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\rho} + Z_2 \right)$$

Reemplazando y operando,

$$J_{disp} = (26 + 0) - (0 + 5) = 21 m$$

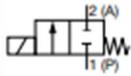
$$J_{disp} \geq J_{REAL} \rightarrow VERIFICA$$

9.5

***ANEXO V – CALCULO DE VALORES K_V DE
VÁLVULAS SOLENOIDES***

Impulsión de materias primas a tolva de pre mezcla

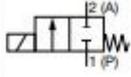
Se utilizará como fluido de cálculo el más denso, en este el texanol, ya que las pérdidas de carga de impulsión son aproximadamente iguales. Se utilizará una válvula de 1".

Circuit function	Port connection	Orifice [mm]	K _v value water [m ³ /h]	Coil power		Pressure range [bar]	Article no.	
				Inrush power [W]	Holding power [W]		24 / AC/DC [V/Hz]	230...240/AC [V/Hz]
Brass body, G internal thread, seal material FKM/FKM								
CF A 2/2-way solenoid valve Direct-acting Normally closed 	G ¼	10.0	1.5	12	0.6	0.2...16	20046906 ☒	-
				20	2		X	20046961 ☒
	G ¾	10.0	1.9	12	0.6	0.2...16	20046907 ☒	-
				20	2		X	20046962 ☒
	G ½	13.0	3.8	12	0.6	0.2...16	20046908 ☒	-
				20	2		X	20046963 ☒
	G ¾	20.0	8.5	12	0.6	0.2...16	20046909 ☒	-
				20	2		X	20046964 ☒
	G 1	25.0	12	12	0.6	0.2...16	20046910 ☒	-
				20	2		X	20046965 ☒
G 1¼	40.0	23	12	0.6	0.2...16	20046911 ☒	-	
			20	2		X	20046966 ☒	

$$h_m = \frac{Q^2}{K_v^2} 1,3 = \frac{0,6^2}{12^2} 1,3 = 0,00325 \text{ mca}_{equivalente}$$

Impulsión pre mezcla a tanque principal

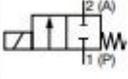
Debido a la incertidumbre de la densidad de la solución a bombear, también se utilizará el factor de seguridad de 1,3. En este caso, la válvula utilizada es 1 ½".

Circuit function	Port connection	Orifice [mm]	K _v value water [m ³ /h]	Coil power		Pressure range [bar]	Article no.	
				Inrush power [W]	Holding power [W]		24 / AC/DC [V/Hz]	230...240/AC [V/Hz]
Brass body, G internal thread, seal material FKM/FKM								
CF A 2/2-way solenoid valve Direct-acting Normally closed 	G ¼	10.0	1.5	12	0.6	0.2...16	20046906 ☒	-
				20	2		X	20046961 ☒
	G ¾	10.0	1.9	12	0.6	0.2...16	20046907 ☒	-
				20	2		X	20046962 ☒
	G ½	13.0	3.8	12	0.6	0.2...16	20046908 ☒	-
				20	2		X	20046963 ☒
	G ¾	20.0	8.5	12	0.6	0.2...16	20046909 ☒	-
				20	2		X	20046964 ☒
	G 1	25.0	12	12	0.6	0.2...16	20046910 ☒	-
				20	2		X	20046965 ☒
G 1¼	40.0	23	12	0.6	0.2...16	20046911 ☒	-	
			20	2		X	20046966 ☒	
G 1½	40.0	30	12	0.6	0.2...16	20046912 ☒	-	
			20	2		X	20046967 ☒	
G 2	50.0	40	12	0.6	0.2...16	20046913 ☒	-	
			20	2		X	20046968 ☒	

$$h_m = \frac{Q^2}{Kv^2} 1,3 = \frac{1,8^2}{30^2} 1,3 = 0,00468 \text{ mca}_{equivalente}$$

Impulsión de resina sintética a tanques de dispersión

Se utilizará válvulas de 2"

Circuit function	Port connection	Orifice	K _v value water	Coil power		Pressure range	Article no.	
				Inrush power	Holding power		24 / AC/DC	230...240/AC
		[mm]	[m ³ /h]	[W]	[W]	[bar]	[V/Hz]	[V/Hz]
Brass body, G internal thread, seal material FKM/FKM								
CF A 2/2-way solenoid valve Direct-acting Normally closed 	G ¼	10.0	1.5	12	0.6	0.2...16	20046906 ☞	-
				20	2		X	20046961 ☞
	G ¾	10.0	1.9	12	0.6	0.2...16	20046907 ☞	-
				20	2		X	20046962 ☞
	G ½	13.0	3.8	12	0.6	0.2...16	20046908 ☞	-
				20	2		X	20046963 ☞
	G ¾	20.0	8.5	12	0.6	0.2...16	20046909 ☞	-
				20	2		X	20046964 ☞
	G 1	25.0	12	12	0.6	0.2...16	20046910 ☞	-
				20	2		X	20046965 ☞
G 1¼	40.0	23	12	0.6	0.2...16	20046911 ☞	-	
			20	2		X	20046966 ☞	
G 1½	40.0	30	12	0.6	0.2...16	20046912 ☞	-	
			20	2		X	20046967 ☞	
	G 2	50.0	40	12	0.6	0.2...16	20046913 ☞	-
				20	2		X	20046968 ☞
	G 2½	50.0	40	12	0.6	0.2...16	20046914 ☞	-
				20	2		X	20046969 ☞

$$h_m = \frac{Q^2}{Kv^2} 1,3 = \frac{3^2}{40^2} 1,3 = 0,007312 \text{ mca}_{equivalente}$$

Impulsión de agua hacia tanques de dispersión

Se utilizarán válvulas 2"

$$h_m = \frac{Q^2}{Kv^2} 1,3 = \frac{77.77^2}{40^2} 1,3 = 3,77 \text{ mca}_{equivalente}$$

9.6

***ANEXO VI – CALCULO BOMBA DE
IMPULSION DE AGUA TRATADA PARA
LIMPIEZA CIP***

Perdida de carga del sistema de bombeo:

ALIMENTACION DE AGUA LIMPIEZA CIP A TANQUES PRINCIPALES			
PERDIDA DE CARGA IMPULSION DE BOMBA			
ACCESORIO	CANT.	PC unitaria (m)	PC TOTAL
CURVA 90° DN 2"	6	1,07	6,42
VALVULA ESFERICA (Kv=577)	2	0,000064	0,000128
VALVULA SOLENOIDE	1	3,77	3,77
CAÑERIA	1	30	30
SUMATORIA PC ASPIRACION (m)			40,19

Datos del fluido y sistema:

Diametro cañeria (mm)	0,0508
Velocidad economica (m/s)	2
Viscosidad dinamica (Kg/m*s)	0,001
Densidad (kg/m ³)	1000
Rugosidad Absoluta (m)	0,00006
Rugosidad Relativa	0,001181102
Diferencia de altura bomba y deposito (m)	5
Caudal de impulsión (L/min = m ³ /h = m ³ /s)	600= 38 = 0.01

Se procede a calcular el número de Reynolds para caracterizar el fluido, según:

$$Re = \frac{\rho v \phi}{\mu_{din}}$$

Reemplazando y operando:

$$Re = 1 \times 10^5 \rightarrow (FLUIDO TURBULENTO)$$

Ingresando en el diagrama de Moody se obtiene valor de factor de fricción:

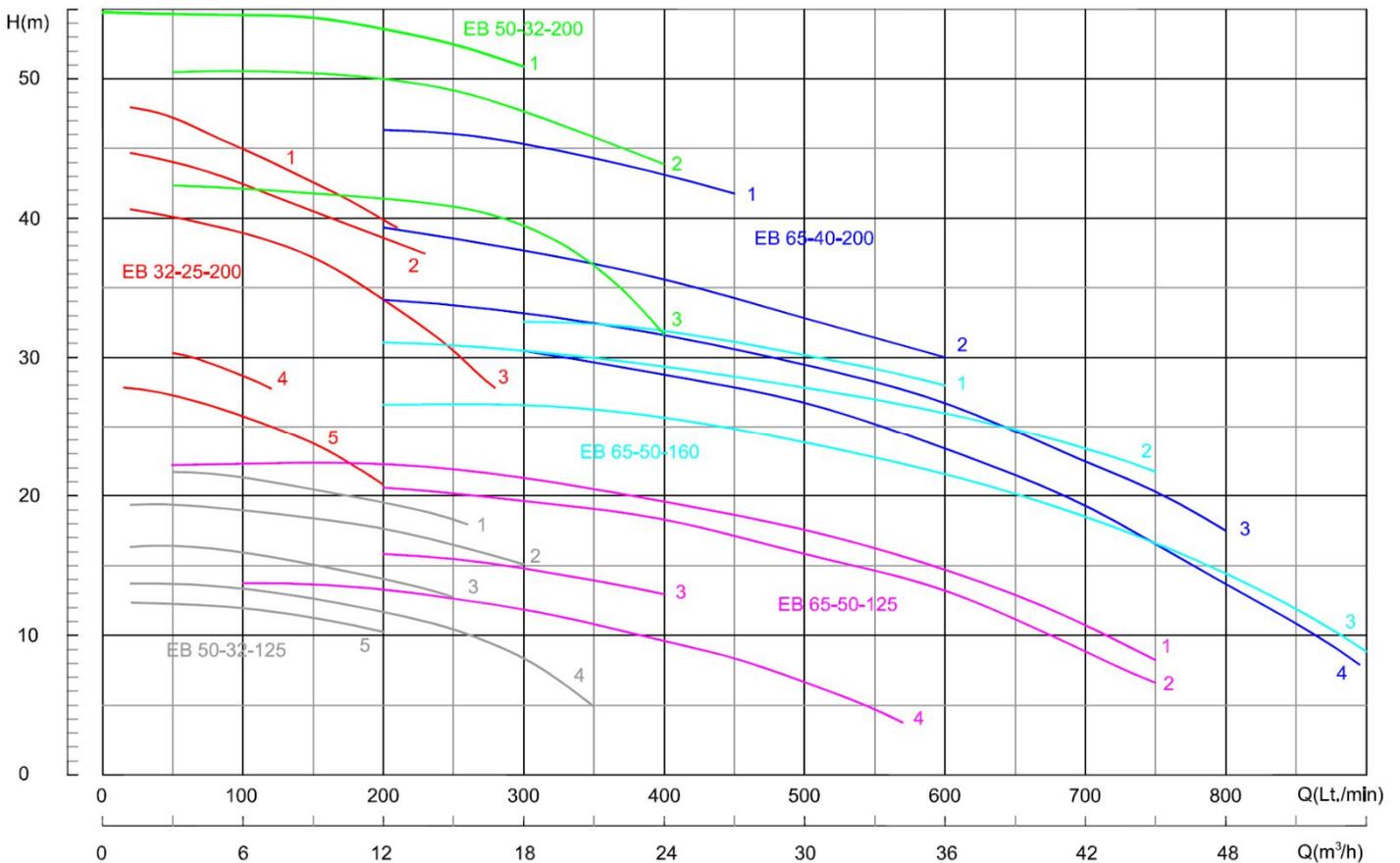
$$f = 0,024$$

Se procederá a calcular las pérdidas de cargas según DARCY-WEISBACH:

$$J_{REAL} = f \frac{L_{eq} v^2}{\phi 2g}$$

Reemplazando y operando:

$$J_{REAL} = 3,9 (m)$$



Según la curva Q-h, específicamente la **EB65-40-200 (3)** aportada por el fabricante se puede observar que para el caudal de bombeo propuesto de 600 litros por minuto, la bomba nos otorgaría aproximadamente 27 m.

Calculando la altura disponible,

$$J_{disp} = \left(\frac{P_1}{\rho} + Z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\rho} + Z_2 \right)$$

Reemplazando y operando,

$$J_{disp} = (27 + 0) - (0 + 5) = 22 m$$

$$J_{disp} \geq J_{REAL} \rightarrow VERIFICA$$

9.7

***ANEXO VII – CALCULO BOMBA
VACIADO AGUA DE LIMPIEZA CIP***

Perdida de carga impulsión de sistema de bombeo:

VACIADO DE AGUA LIMPIEZA CIP A TANQUES PRINCIPALES			
PERDIDA DE CARGA IMPULSION DE BOMBA			
ACCESORIO	CANT.	PC unitaria (m)	PC TOTAL
CURVA 90° DN 2"	6	1,07	6,42
VALVULA ESFERICA (Kv=577)	2	0,000064	0,000128
CAÑERIA	1	34	34
SUMATORIA PC ASPIRACION (m)			40,42

Datos del fluido y sistema:

Diametro cañeria (mm)	0,0508
Velocidad economica (m/s)	2
Viscosidad dinamica (Kg/m*s)	0,001
Densidad (kg/m ³)	1000
Rugosidad Absoluta (m)	0,00006
Rugosidad Relativa	0,001181102
Diferencia de altura bomba y deposito (m)	3,5
Caudal de impulsión (L/min = m ³ /h = m ³ /s)	285,7= 17,14 = 0,00476

Se procede a calcular el número de Reynolds para caracterizar el fluido, según:

$$Re = \frac{\rho v \phi}{\mu_{din}}$$

Reemplazando y operando:

$$Re = 1 \times 10^5 \rightarrow (FLUIDO TURBULENTO)$$

Ingresando en el diagrama de Moody se obtiene valor de factor de fricción:

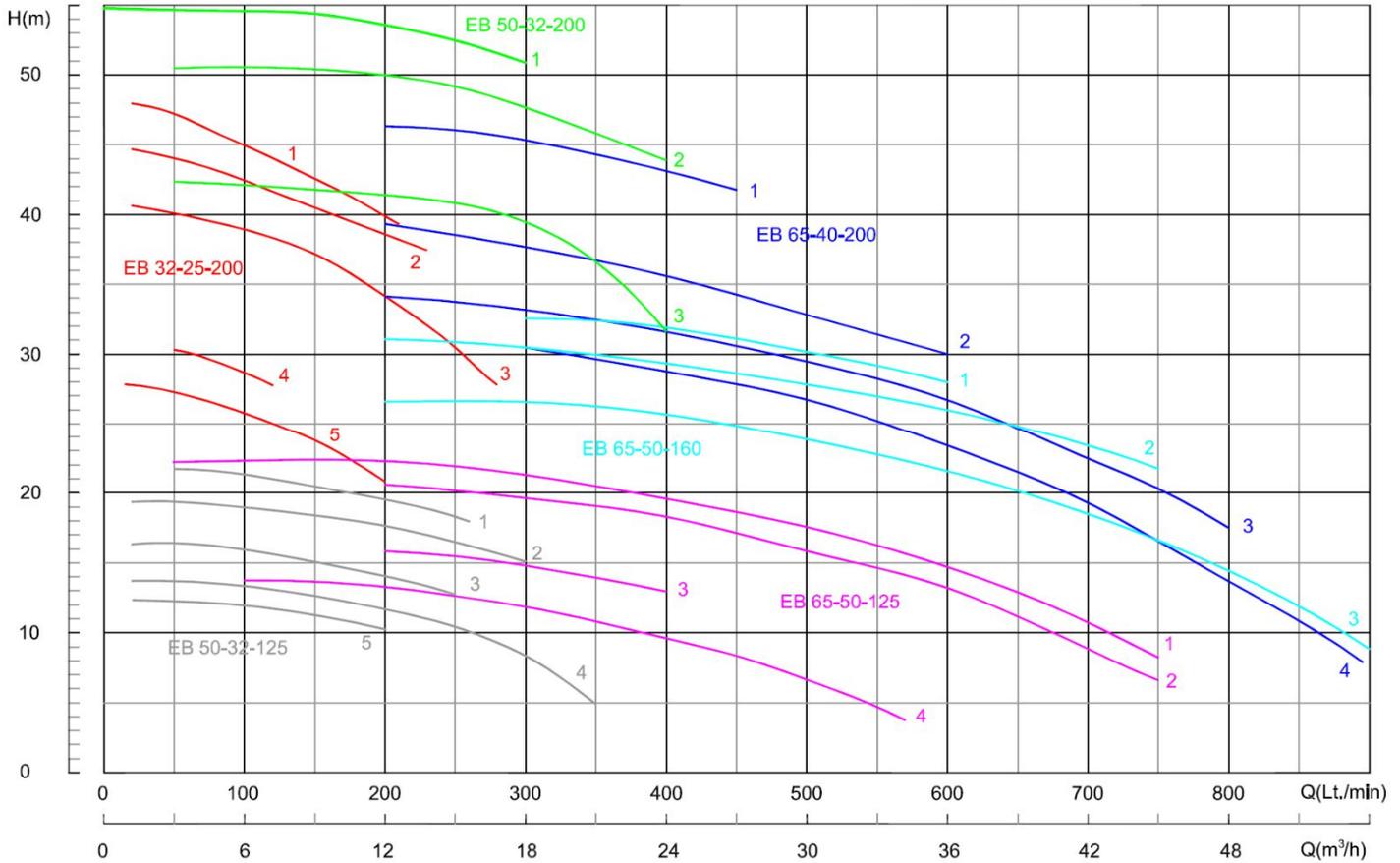
$$f = 0,024$$

Se procederá a calcular las pérdidas de cargas según DARCY-WEISBACH:

$$J_{REAL} = f \frac{L_{eq} v^2}{\phi 2g}$$

Reemplazando y operando:

$$J_{REAL} = 3,9 (m)$$



Según la curva Q-h, específicamente la **EB50-32-125-4** aportada por el fabricante se puede observar que, para el caudal de bombeo propuesto de 285,7 litros por minuto, la bomba nos otorgaría aproximadamente 8 m.

Calculando la altura disponible,

$$J_{disp} = \left(\frac{P_1}{\rho} + Z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\rho} + Z_2 \right)$$

Reemplazando y operando,

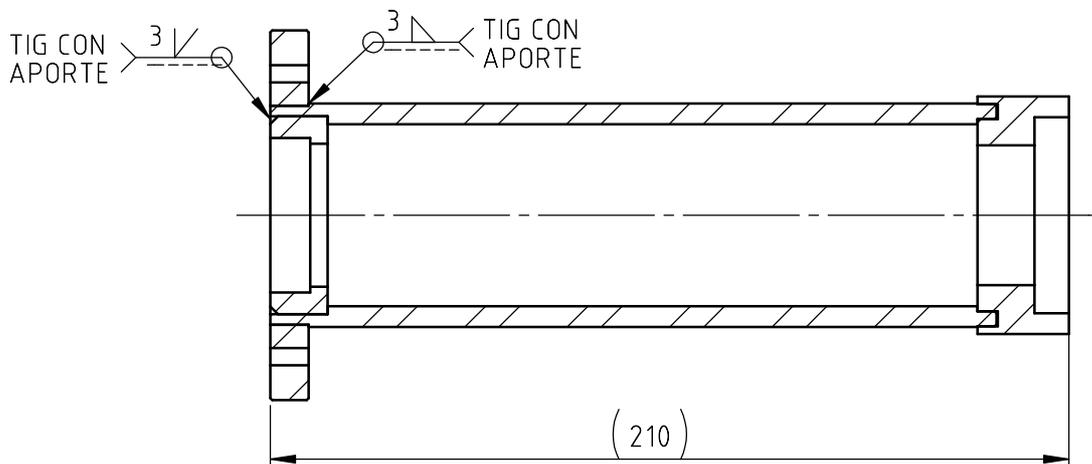
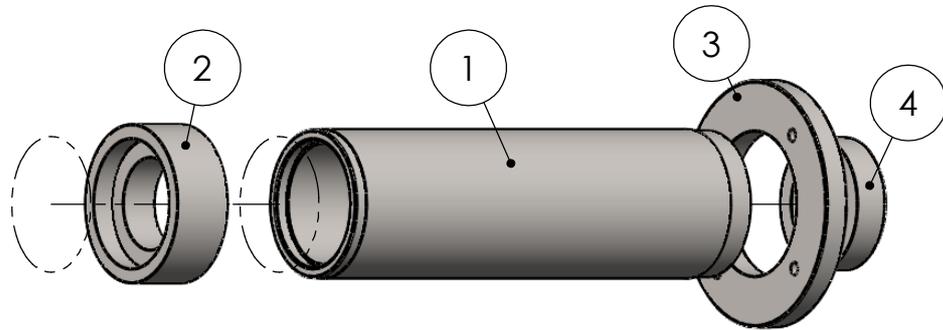
$$J_{disp} = (8 + 0) - (0 + 3,5) = 4,5 m$$

$$J_{disp} \geq J_{REAL} \rightarrow VERIFICA$$

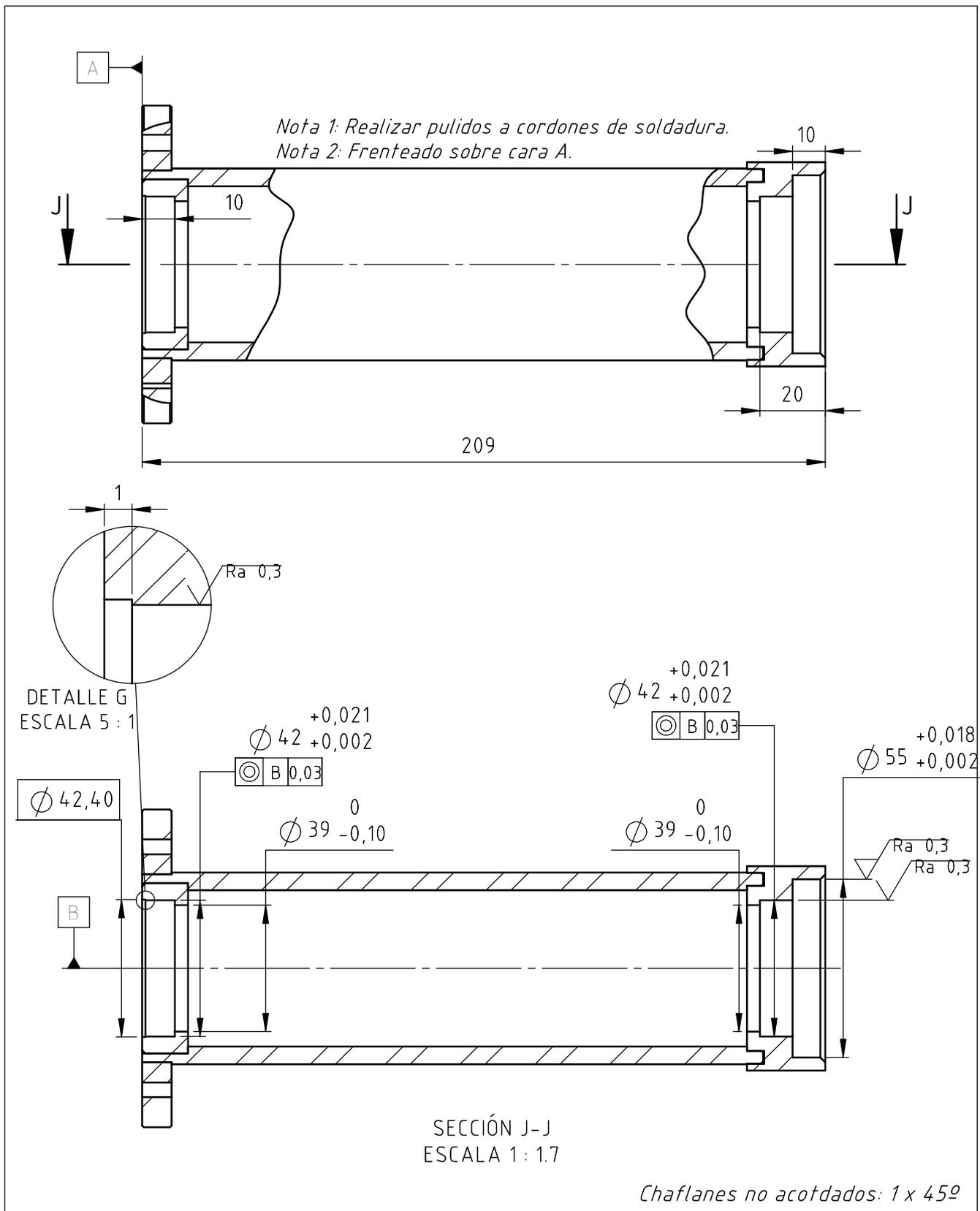
9.8

***ANEXO VIII – PLANOS DE FABRICACION
COLUMNA AGITACION TOLVA DE PRE
MEZCLA***

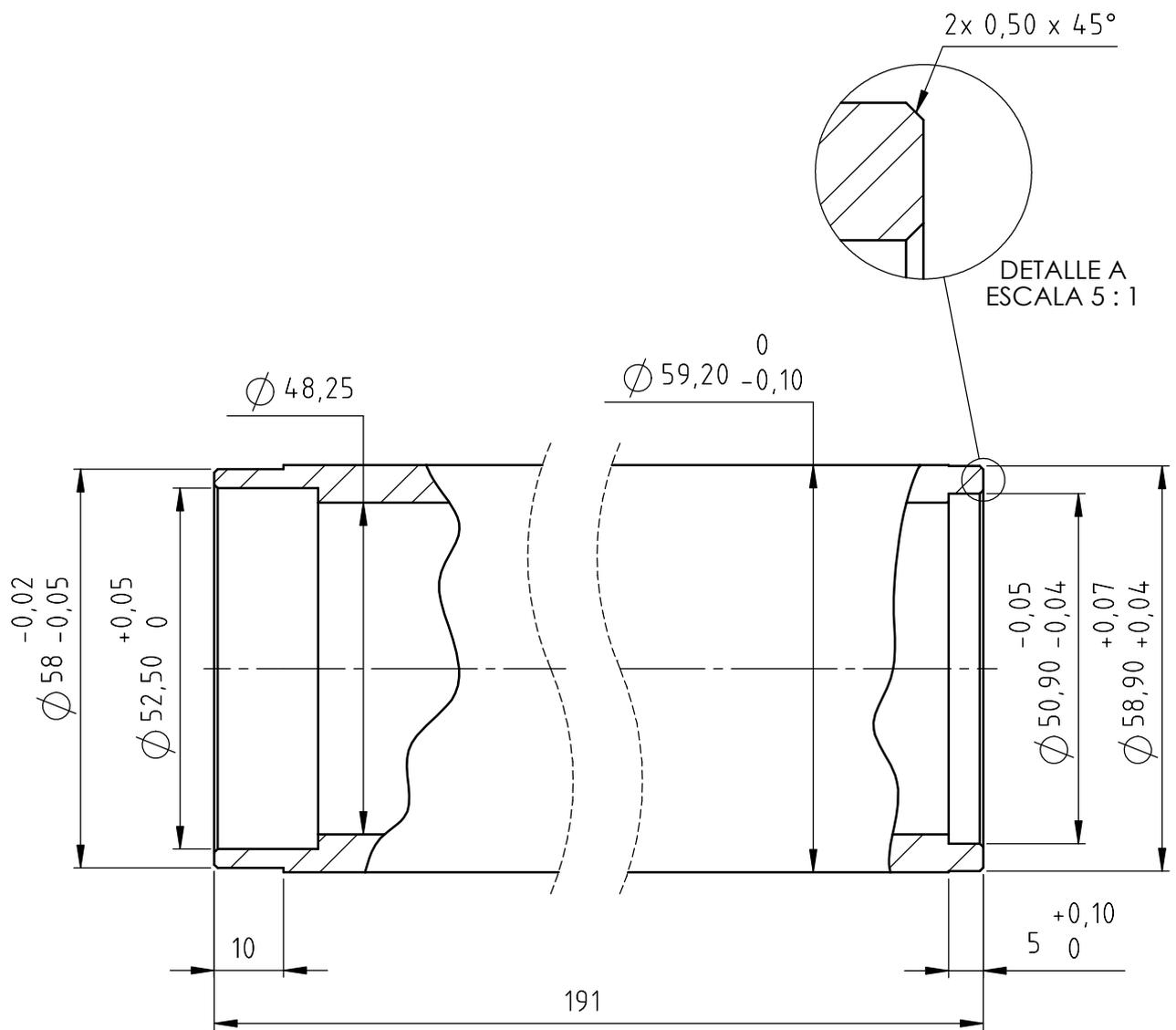
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	20_F083	1
2	20_F084	1
3	20_F086	1
4	20_F111	1



Tolerancias generales IRAM ISO 2768-mK	Proyectó	Maretto, A.		Material: AISI 304
	Dibujó	Maretto, A.		Tratam. termico: -
	Revisó			
	Aprobó			
	Escala:	Denominacion:		<p style="text-align: center;">PROYECTO FINAL Ingenieria Mecanica</p>
	<i>Columna soporte agitador tolva pre mezcla</i>			
Formato A4				
			Nº plano: 20_S085	Pag.: 1/2

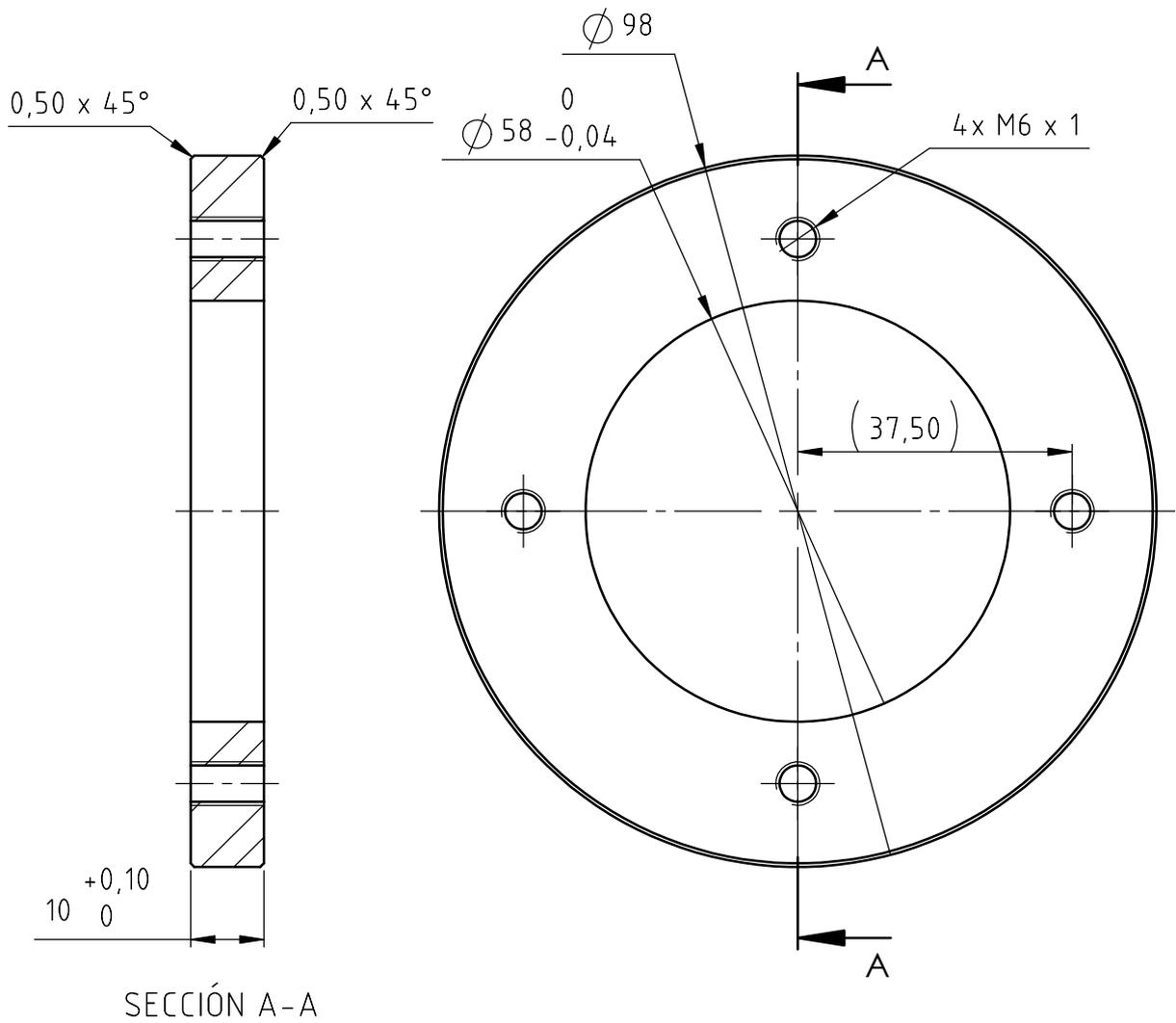


Tolerancias generales IRAM ISO 2768-mK	Proyectó		Maretto, A.		Material: AISI 304
	Dibujó		Maretto, A.		Tratam. termico: -
	Revisó				PROYECTO FINAL Ingenieria Mecanica
	Aprobó				
Escala: 1:1 Formato A4	Denominacion: <i>Columna soporte agitador tolva pre mezcla</i>			Nº plano: 20_F085	Pag.: 2/2

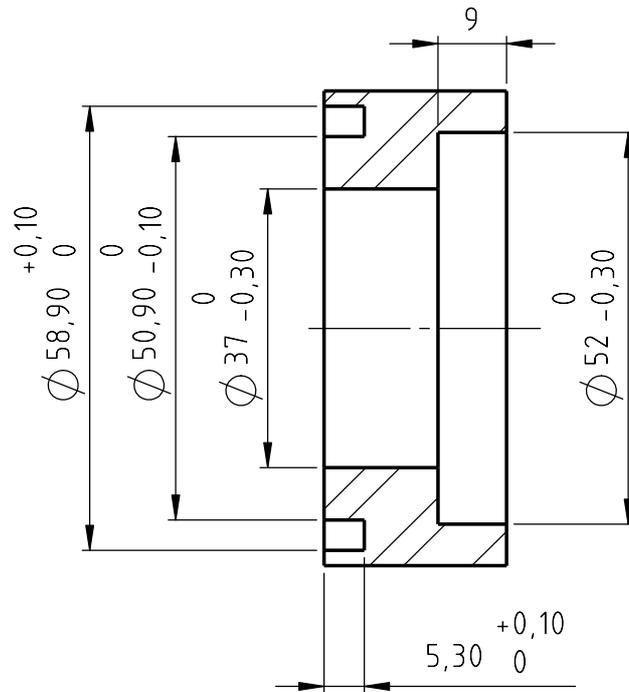
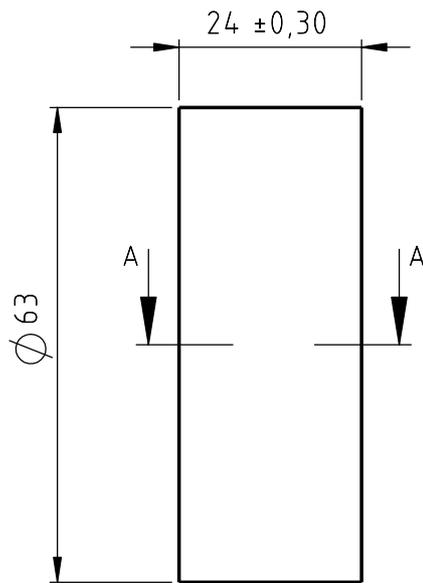


Chaflanes no acotados: 0,5 x 45°

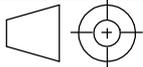
Tolerancias generales IRAM ISO 2768-mK	Proyectó		Maretto, A.		Material: AISI 304 - Tubo Schedule 80 S
	Dibujó		Maretto, A.		Tratam. termico: -
	Revisó				
	Aprobó				
	Escala: 1:1 	Denominacion: <i>Columna agitador pre mecanizada</i>			PROYECTO FINAL Ingenieria Mecanica
Formato A4				EQUIPO: TOLVA PRE MEZCLA 110L Nº plano: 20_F083	Pag.: 1/1

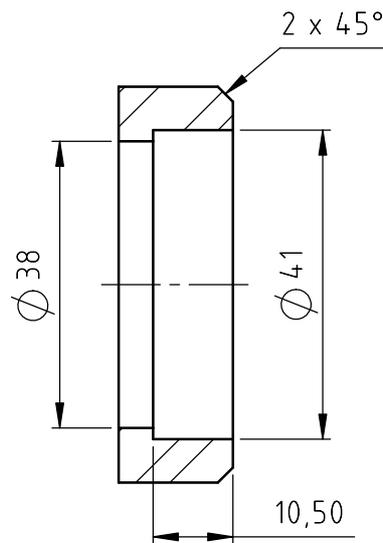
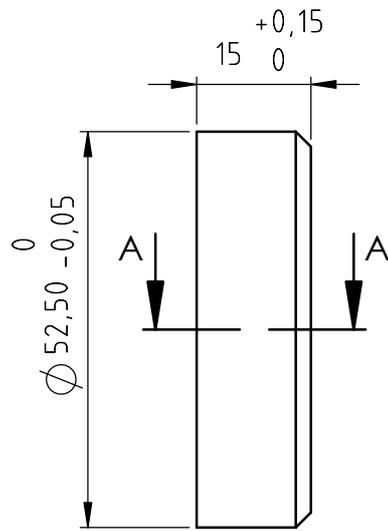


Tolerancias generales IRAM ISO 2768-mK	Proyectó		Maretto, A.		Material: AISI 304 - MB_F086
	Dibujó		Maretto, A.		
	Revisó				
	Aprobó				Tratam. termico: -
	Escala:	Denominación:			PROYECTO FINAL Ingeniería Mecánica
1:1	Disco fijacion de reductor de velocidad cuerpo 40				
				EQUIPO: TOLVA PRE MEZCLA 110L	
Formato A4				Nº plano: 20_F086	Pag.: 1/1



SECCIÓN A-A
ESCALA 1:1

Tolerancias generales IRAM ISO 2768-mK	Proyectó		Maretto, A.		Material: AISI 304 - Barra Ø63,5
	Dibujó		Maretto, A.		Tratam. termico: -
	Revisó				
	Aprobó				
	Escala: 1:1	Denominacion: <i>Porta rodamiento superior pre mecanizado columna de agitacion</i>			UTN - FRSF Ingenieria Mecanica
				EQUIPO: TOLVA PRE MEZCLA 110L	
Formato A4				Nº plano: 20_F084	Pag.: 1/1

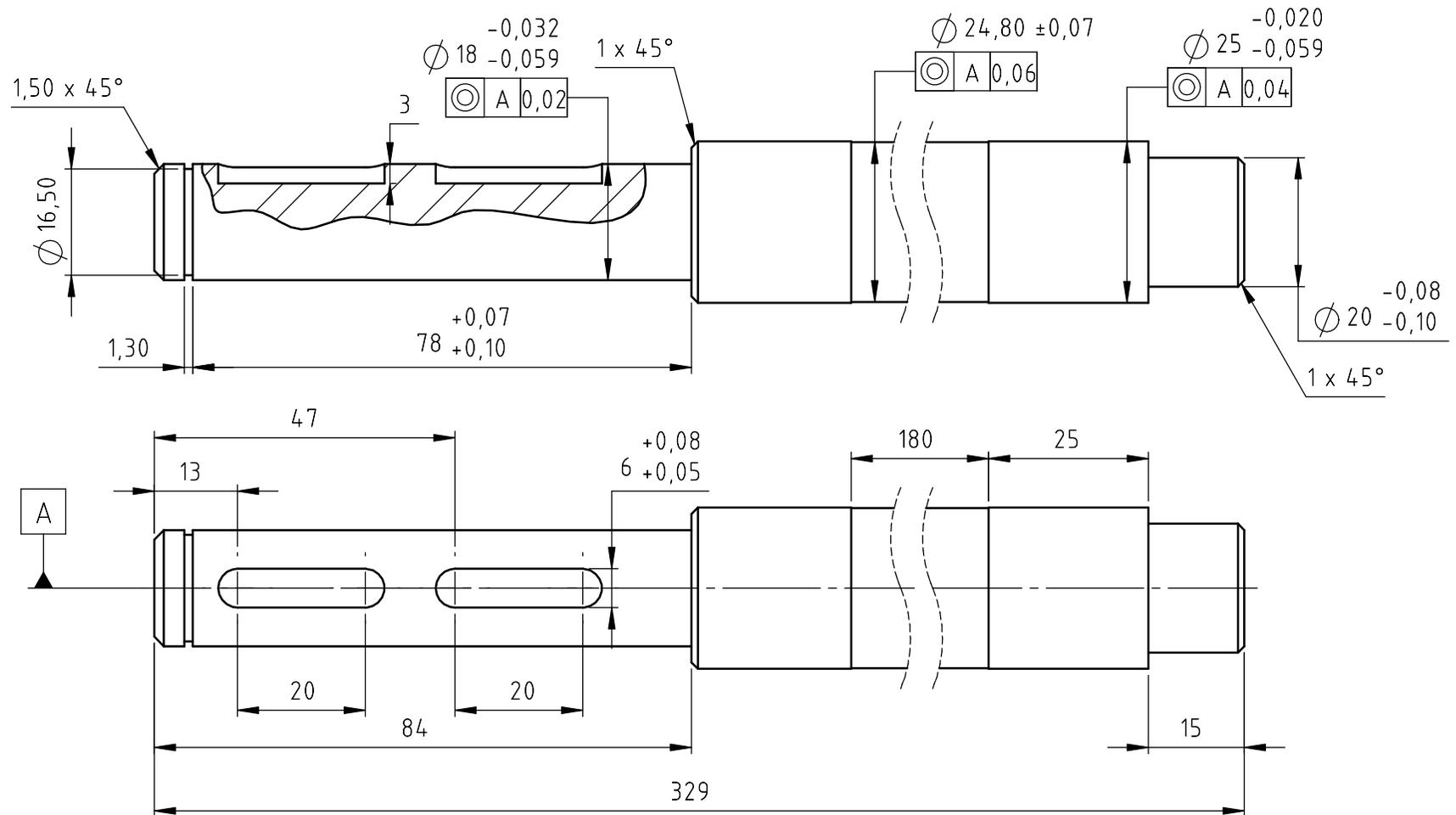


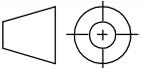
SECCIÓN A-A

Tolerancias generales IRAM ISO 2768-mK	Proyectó		Maretto, A.		Material: AISI 304 - Barra $\varnothing 63,5$
	Dibujó		Maretto, A.		Tratam. termico: -
	Revisó				
	Aprobó				
	Escala: 1:1 	Denominacion: <i>Porta rodamiento inferior pre mecanizado columna de agitacion</i>			PROYECTO FINAL Ingenieria Mecanica
Formato A4				EQUIPO: TOLVA PRE MEZCLA 110L Nº plano: 20_F111	Pag.: 1/1

9.9

***ANEXO IX – PLANO FABRICACION EJE
DE AGITADOR***

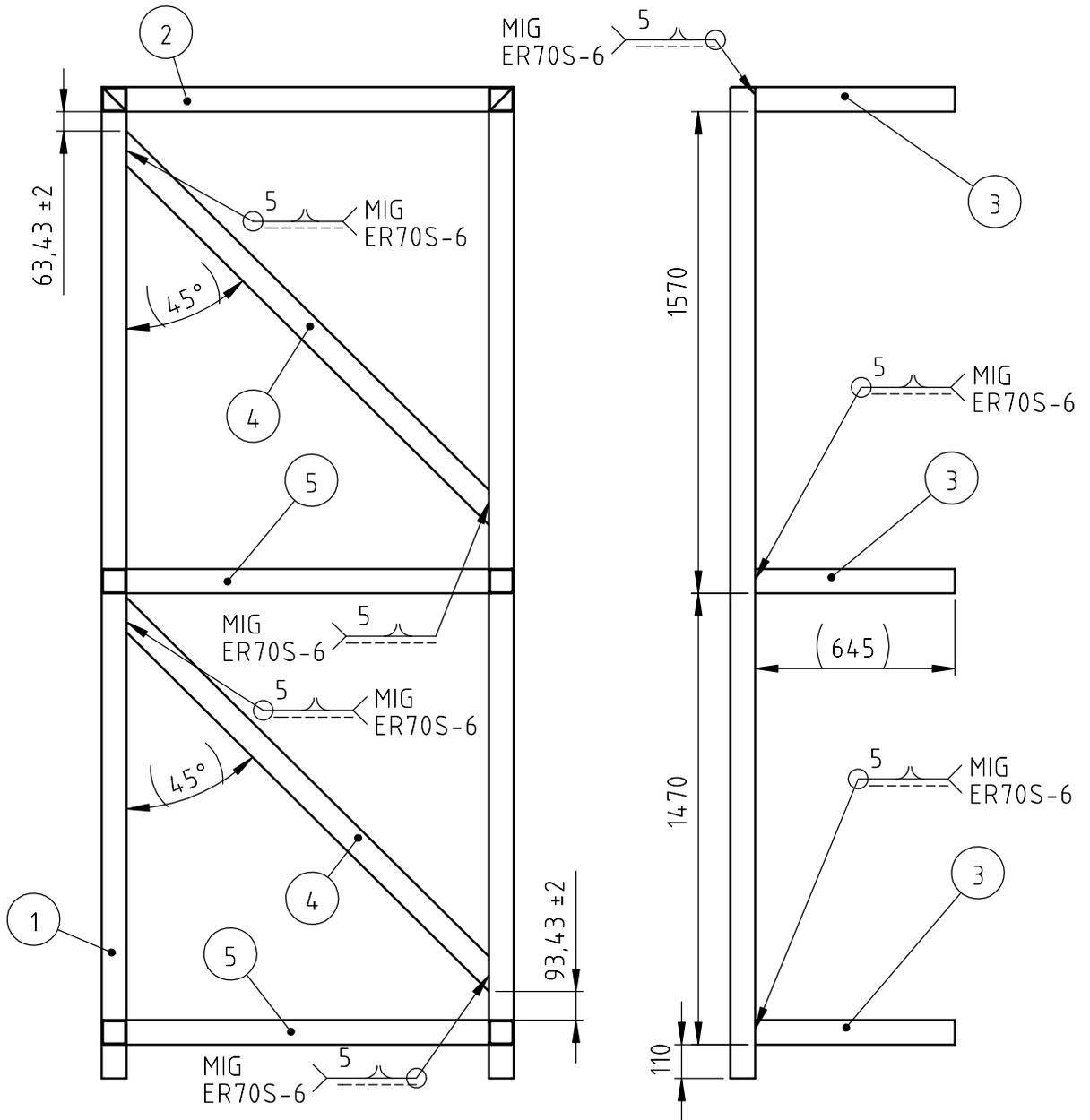


Tolerancias generales <i>IRAM ISO 2768-mK</i>	Proyectó	Maretto, A.		Material: AISI 304 - Barra \varnothing 25,4
	Dibujó	Maretto, A.		Tratam. termico: -
	Revisó			<p align="center">PROYECTO FINAL Ingenieria Mecanica</p>
	Aprobó		EQUIPO: TOLVA PRE MEZCLA 110L	
	Escala: 1:1	Denominacion: <i>Eje tractor helice de agitacion</i>		Nº plano: 20_F087
 Formato A4				

9.10

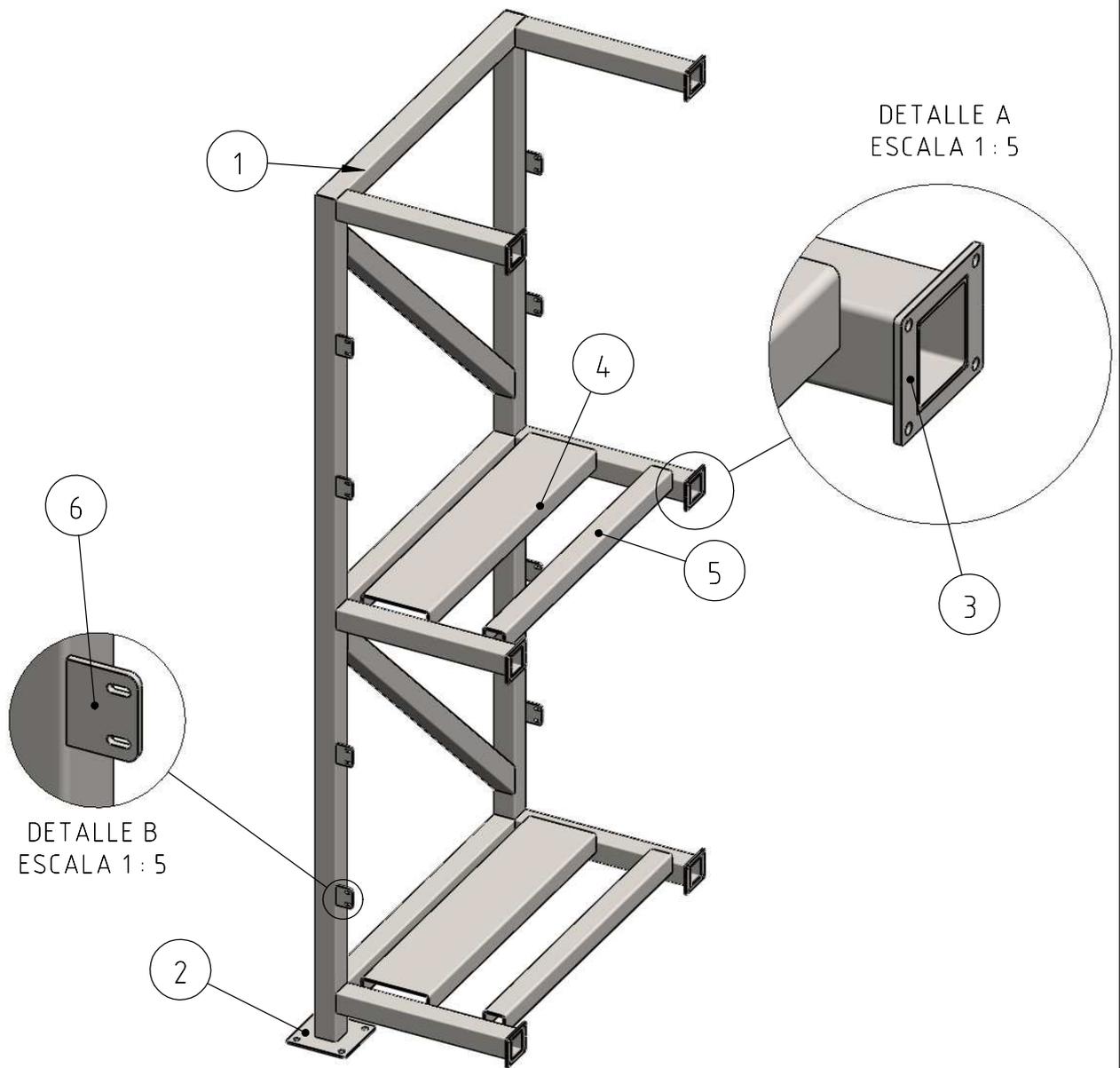
***ANEXO X – PLANO DE FABRICACION
MODULO DE CIERRE RACK IBC***

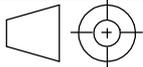
N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD	LONGITUD
1	2	3230
2	1	1330
3	6	645
4	2	1734.63
5	2	1170

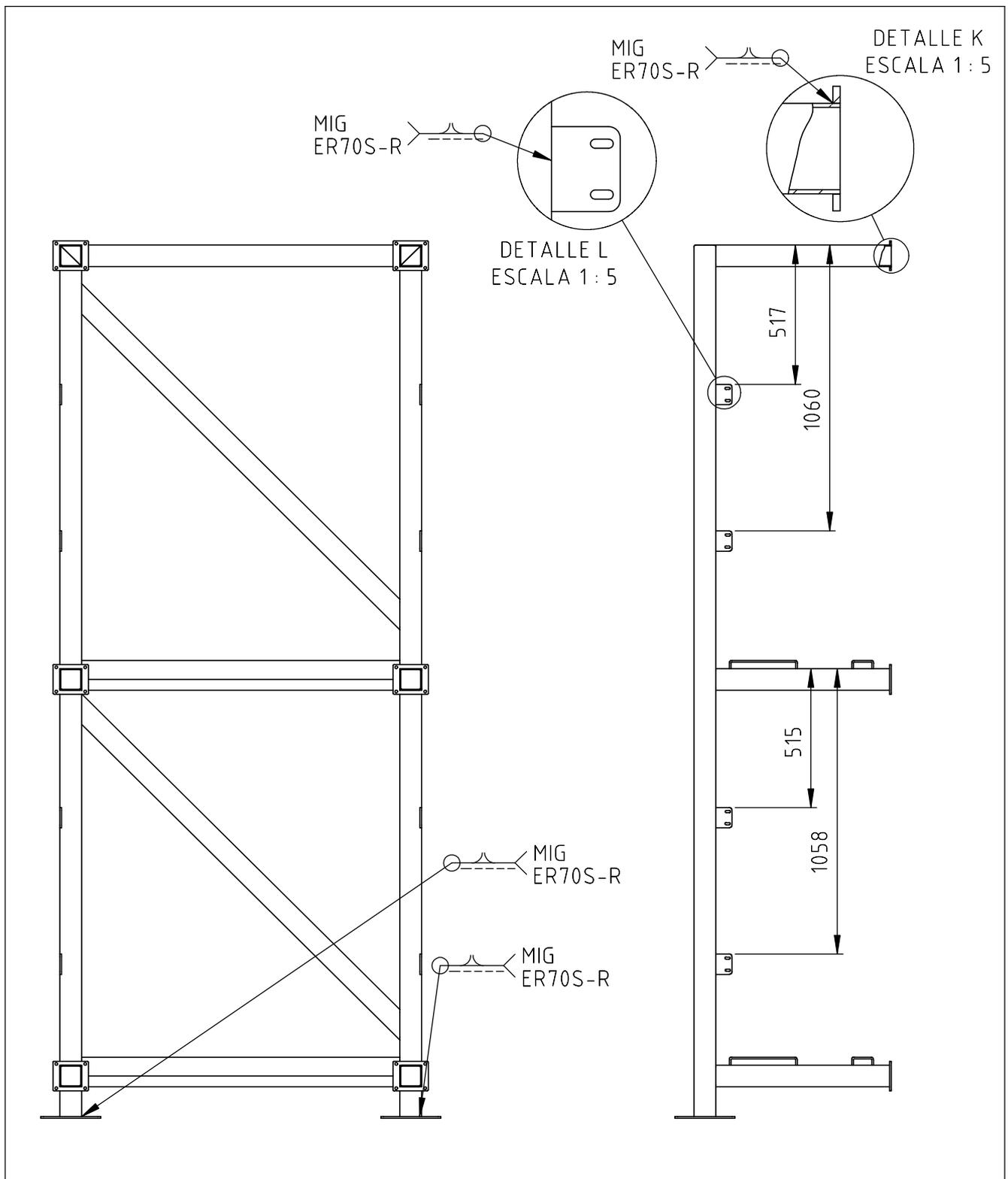


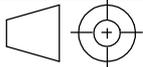
Tolerancias generales IRAM ISO 2768-mK	Proyectó		Maretto, A.		Material: SAE 1010 - Caño 80x80x4
	Dibujó		Maretto, A.		Tratam. termico: -
	Revisó				
	Aprobó				
	Escala: 1:1	Denominacion: <i>Estructura modular rack de cierre</i>			PROYECTO FINAL Ingenieria Mecanica
 Formato A4				EQUIPO: TOLVA PRE MEZCLA 110L	
				Nº plano: 20_S014	Pag.: 1/1

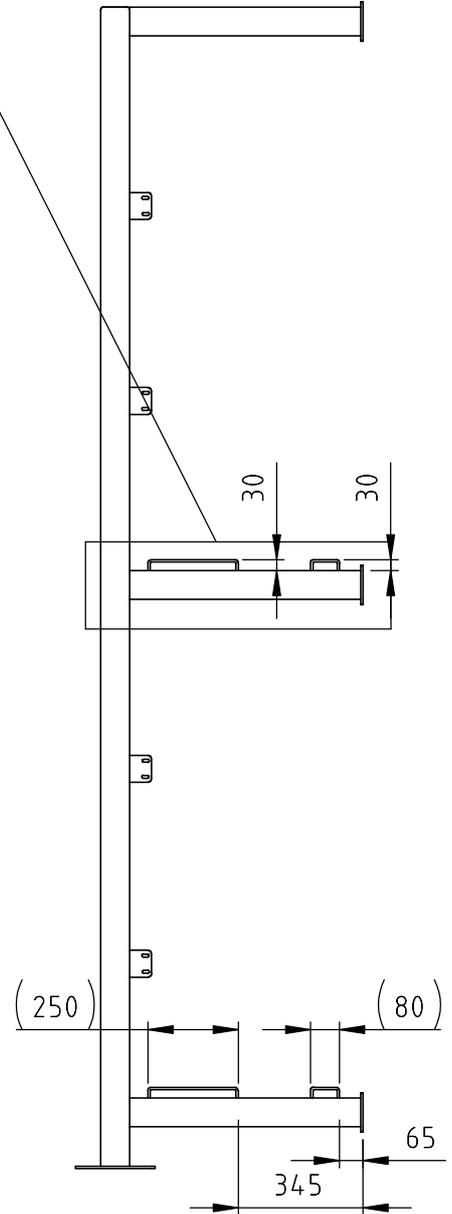
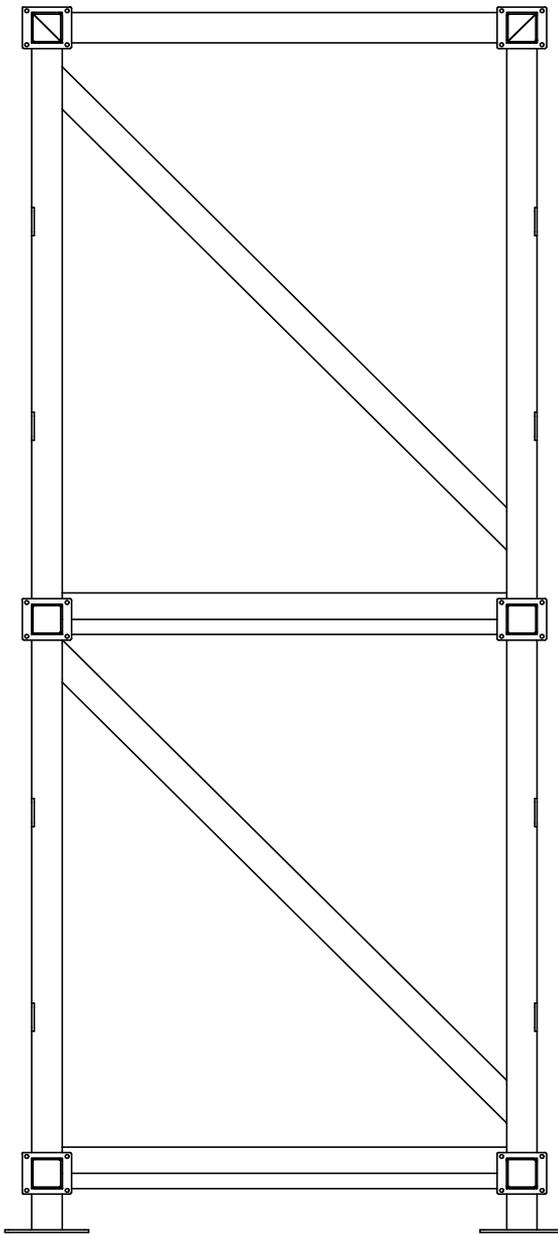
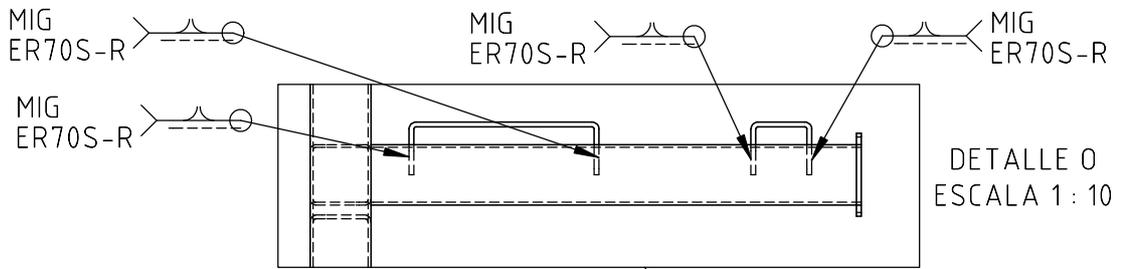
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	20_014	1
2	20_015	2
3	20_018	6
4	20_017	2
5	20_022	2
6	20_112	8

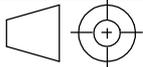


Tolerancias generales <i>IRAM ISO 2768-mK</i>	Proyectó		Maretto, A.		Material:	-
	Dibujó		Maretto, A.		Tratam. termico:	-
	Revisó					
	Aprobó					
	Escala:	Denominacion:				<i>PROYECTO FINAL</i> Ingenieria Mecanica
1:20	Modulo de cierre rack almacenamiento IBC				EQUIPO: Rack almacenamiento IBC	
 Formato A4					Nº plano: 20_S016	Pag.: 1/1



Prep. Superficie		Esquema pintura		Color (RAL)	Observaciones	
PS1		B		7035	-	
Tolerancias generales IRAM ISO 2768-mK	Proyectó		Maretto, A.		Material: -	
	Dibujó		Maretto, A.		Tratam. termico: -	
	Revisó				<p align="center">PROYECTO FINAL Ingenieria Mecanica</p>	
	Aprobó					
	Escala:	Denominacion:				
1:20	<p align="center"><i>Modulo de cierre rack almacenamiento IBC</i></p>					
		EQUIPO: TOLVA PRE MEZCLA 110L			Pag.: 1/1	
Formato A4		Nº plano: 20_F120				

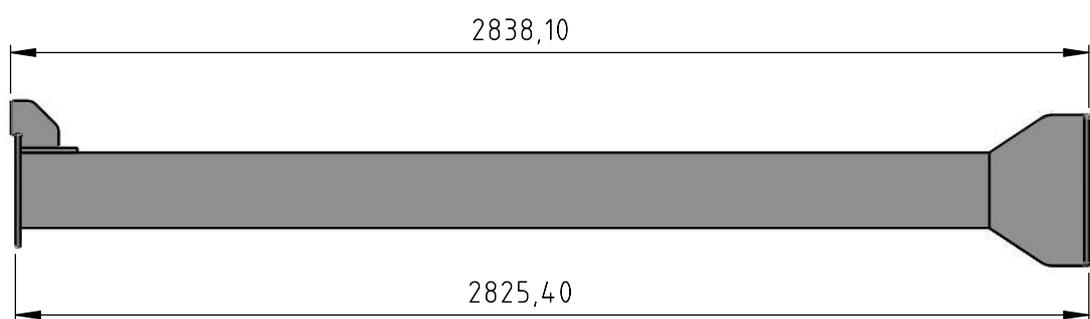
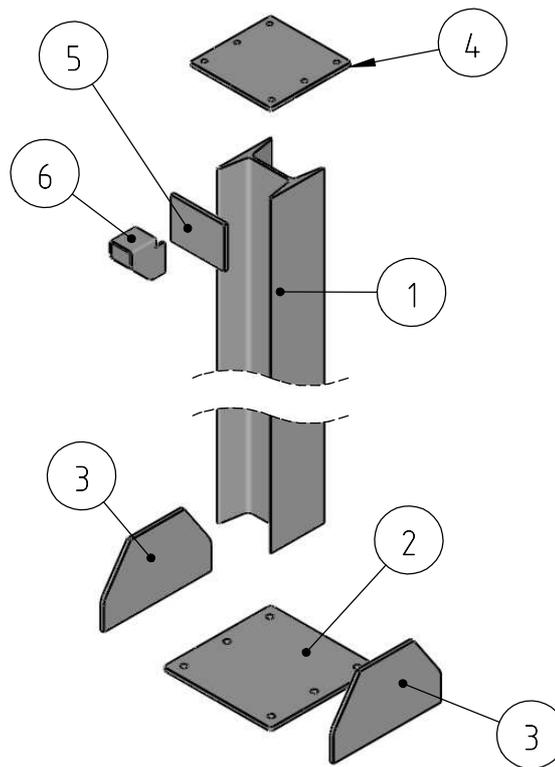


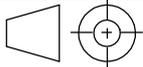
Prep. Superficie		Esquema pintura		Color (RAL)	Observaciones
PS1		B		7035	-
Tolerancias generales IRAM ISO 2768-mK	Proyectó		Maretto, A.		Material: -
	Dibujó		Maretto, A.		Tratam. termico: -
	Revisó				
	Aprobó				
	Escala: 1:20	Denominacion: <i>Modulo de cierre rack almacenamiento IBC</i>			PROYECTO FINAL Ingenieria Mecanica
 Formato A4				EQUIPO: TOLVA PRE MEZCLA 110L	
				Nº plano: 20_S016	Pag.: 1/1

9.10.1.1

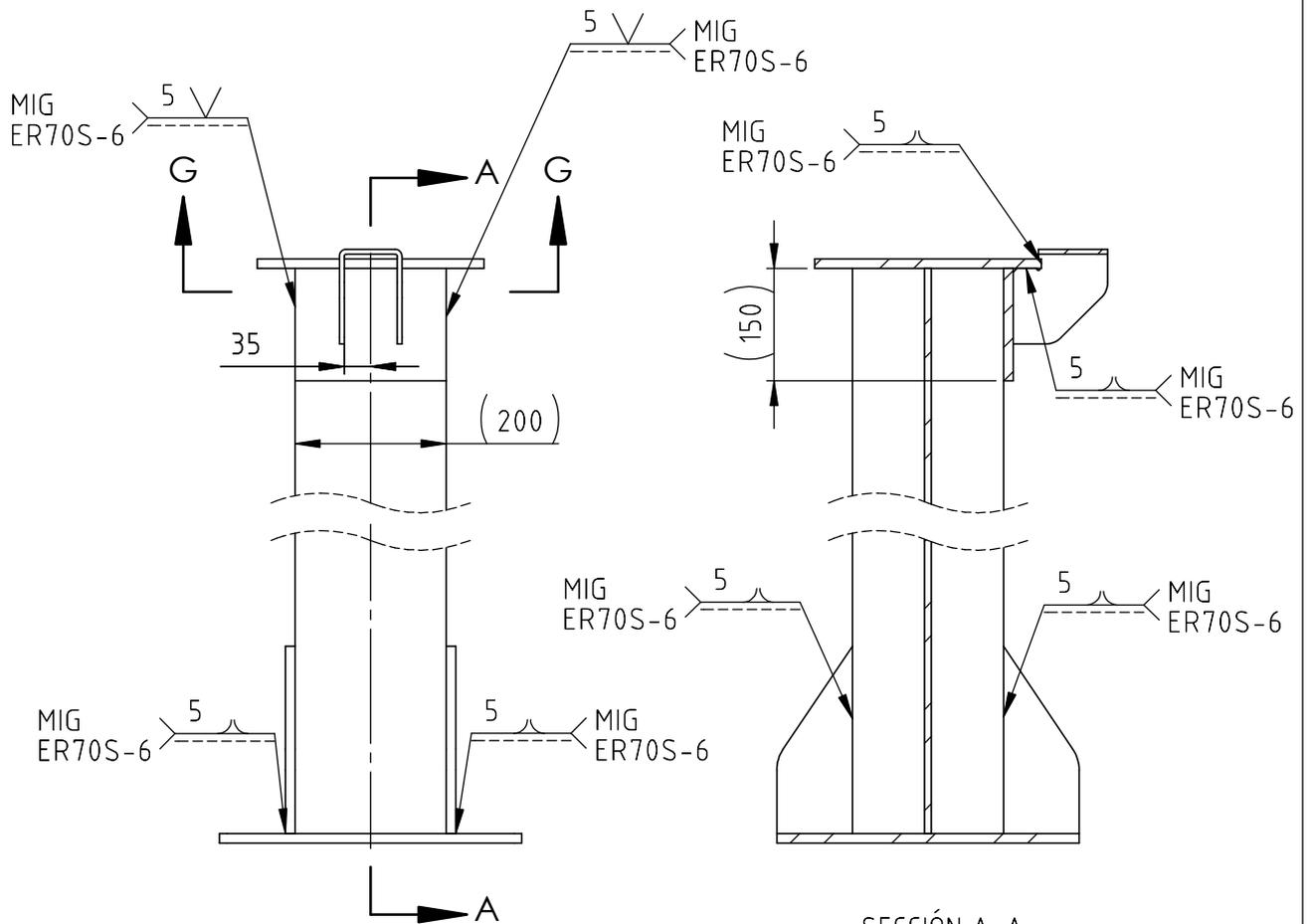
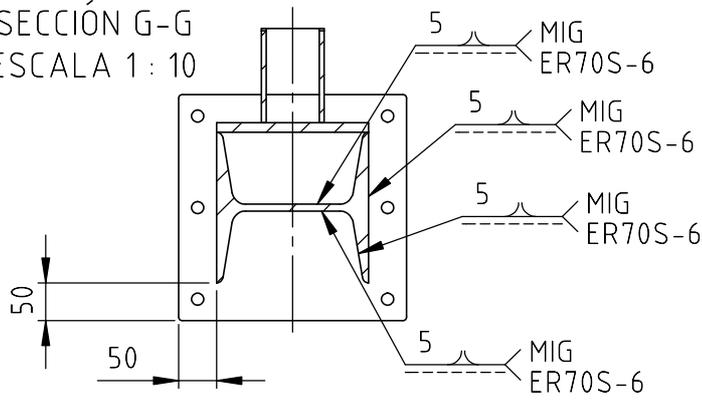
ANEXO XI – PLANO DE FABRICACION COLUMNA DE PLATAFORMA ELEVADA

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	20_010	1
2	20_012	1
3	20_011	2
4	20_037	1
5	20_038	1
6	20_039	1

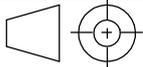


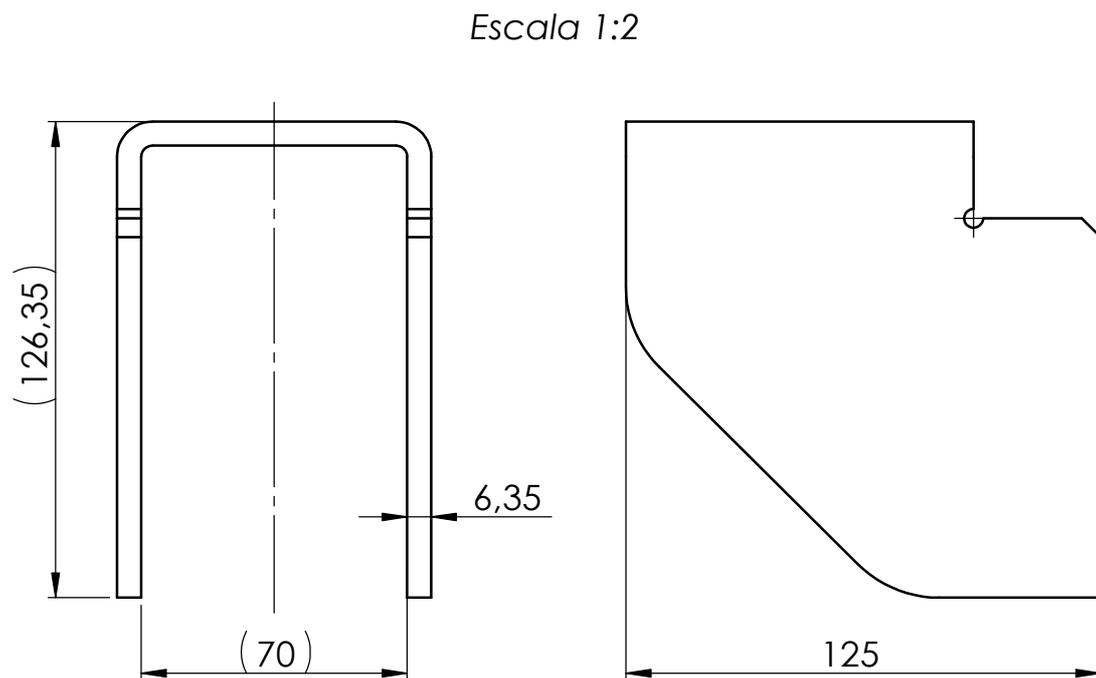
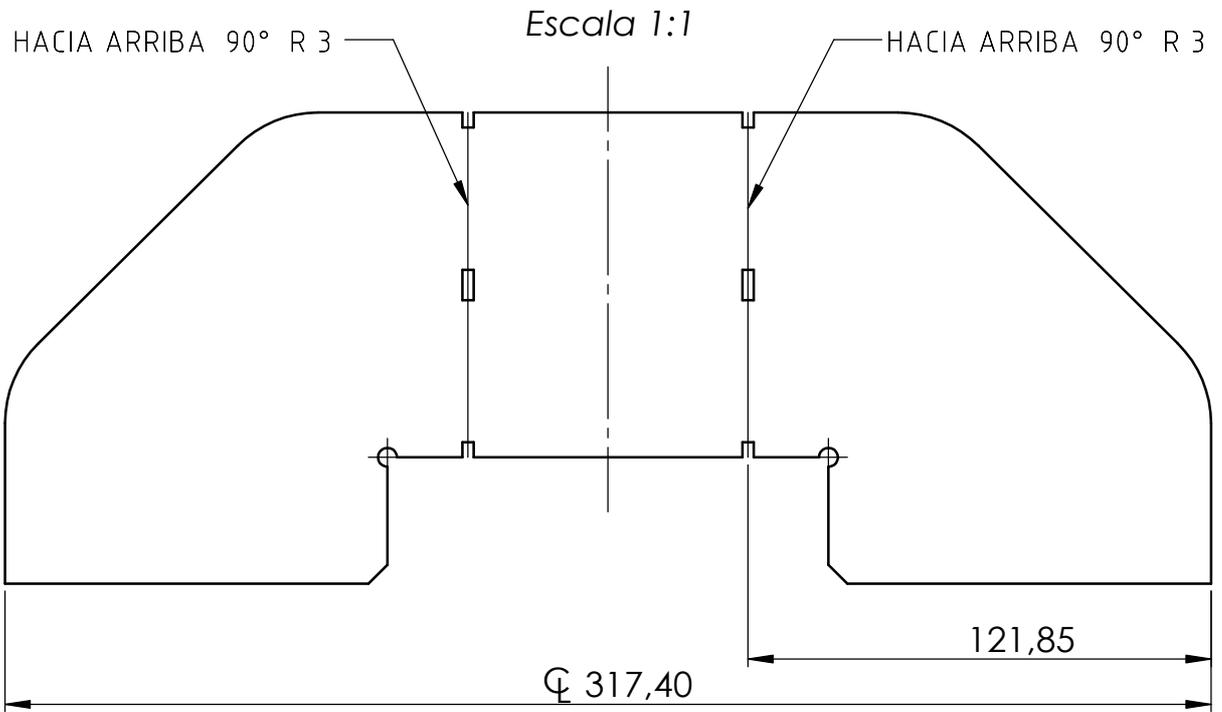
Tolerancias generales <i>IRAM ISO 2768-mK</i>	Proyectó		Maretto, A.		Material:	
	Dibujó		Maretto, A.		Tratam. termico:	-
	Revisó					
	Aprobó					
	Escala: 1:20 	Denominacion: <i>Columna plataforma elevada</i>			<i>PROYECTO FINAL</i> Ingenieria Mecanica	
Formato A4				EQUIPO: Plataforma elevada dispersion Nº plano: 20_S013		
					Pag.:	1/1

SECCIÓN G-G
ESCALA 1:10



SECCIÓN A-A
ESCALA 1:10

Prep. Superficie		Esquema pintura		Color (RAL)	Observaciones
PS1		B		7035	-
Tolerancias generales IRAM ISO 2768-mK	Proyectó		Maretto, A.		Material: -
	Dibujó		Maretto, A.		Tratam. termico: -
	Revisó				<p>PROYECTO FINAL Ingenieria Mecanica</p>
	Aprobó			EQUIPO: TOLVA PRE MEZCLA 110L	
	Escala:	Denominacion:			
1:1	<p><i>Columna plataforma elevada</i></p>				Pag.: 1/1
 Formato A4					



Tolerancias generales IRAM ISO 2768-mK	Proyectó		Maretto, A.		Material: SAE 1010 - Chapa e: 6,35
	Dibujó		Maretto, A.		Tratam. termico: -
	Revisó				
	Aprobó				
	Escala: 1:1	Denominacion: <i>Cartela refuerzo plataforma de trabajo</i>			PROYECTO FINAL Ingenieria Mecanica
	Formato A4			EQUIPO: Plataforma elevada 2x 2500L	
				Nº plano: 20_F146	Pag.: 1/1