

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**

**DISEÑO DE MEZCLADORA SEMIAUTOMATIZADA PARA
ELABORAR CONCRETO CELULAR EN LADRILLERA
YNTOR EN 2025**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor (es): BACH.WILLIAN MARIN YNTOR HINTOR

Asesor (es): Dr. LENIN FELIX POICON EDWIN CARLOS

Línea de investigación: DISEÑO MECÁNICO ELÉCTRICO

JAÉN – PERÚ

2025

Willian Marin Yntor Hintor

DISEÑO DE MEZCLADORA SEMIAUTOMATIZADA PARA ELABORAR CONCRETO CELULAR EN LADRILLERA YNTOR EN ...

- Quick Submit
- Quick Submit
- Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3447951599

122 páginas

Fecha de entrega

18 dic 2025, 10:05 a.m. GMT-5

20.558 palabras

116.263 caracteres

Fecha de descarga

18 dic 2025, 10:08 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

ARA_ELABORAR_CONCRETO_CELULAR_EN_LADRILLERA_YNTOR_EN_2025_1.pdf

Tamaño del archivo

7.7 MB

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

1% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuente excluida

Fuentes principales

- 1% Fuentes de Internet
- 0% Publicaciones
- 0% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería



FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día martes 23 de diciembre del 2025, siendo las 09:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente : Mtro. Marco Luis Pérez Silva
Secretario : Mg. Mario Felix Olivera Aldana
Vocal : Mg. José Andrés Fernández Mera

Para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- () Trabajo de Investigación
(X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "DISEÑO DE MEZCLADORA SEMIAUTOMATIZADA PARA ELABORAR CONCRETO CELULAR EN LADRILLERA YNTOR EN 2025"

Presentado por el bachiller: **Willian Marin Yntor Hintor**, de la Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.

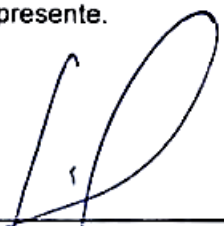
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

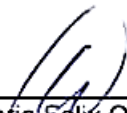
(X) Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría


Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (/4) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 09:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando con la suscripción de la presente.


Mtro. Marco Luis Pérez Silva
Presidente Jurado Evaluador


Mg. Mario Felix Olivera Aldana
Secretario Jurado Evaluador


Mg. José Andrés Fernández Mera
Vocal Jurado Evaluador

“Nombre del Año”

ANEXO N°06:

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO
DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)**

Yo, **Willian Marin Yntor Hintor**, egresado de la carrera Profesional de **Ingeniería Mecánica y Eléctrica** de la Facultad de **Ingeniería** de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI **74555108**

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

DISEÑO DE MEZCLADORA SEMIAUTOMATIZADA PARA ELABORAR CONCRETO CELULAR EN LADRILLERA YNTOR EN 2025.

Asesorado por Dr. EDWIN CARLOS LENIN FELIX POICON.

El mismo que presento bajo la modalidad de Bachiller para optar; el Título Profesional/Grado Académico de ingeniería mecánica y eléctrica.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, día, mes y año.


Bach. Willian Marin Yntor Hintor



Índice

Carátula.....	1
Índice.....	2
Índice de Tablas	4
Índice de Figuras	6
RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Antecedentes	10
1.2. Planteamiento del Problema.....	11
1.3. Justificación.....	13
1.4. Bases teóricas	13
1.5. Objetivos	17
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
2.1. Población, muestra y muestreo	17
2.2. Métodos.....	17
2.3. Metodología	18
III. RESULTADOS	20
3.1. Determinar los parámetros de diseño de la mezcladora semiautomatizada para elaboración concreto celular	20
3.1.1. Capacidad volumétrica.....	20
3.1.2. Tiempo de mezcla	22
3.1.3. Capacidad de la mezcladora.....	23

3.2. Diseñar la estructura mecánica de la mezcladora semiautomatizada considerando parámetros de capacidad y productividad.....	25
3.2.1. Diseño del tambor	25
3.2.2. Diseño de las paletas	29
3.2.3. Diseño del soporte.....	31
3.2.4. Eje	35
3.2.5. Selección del motor y motorreductor	37
3.2.6. Dosificadores.....	43
3.3. Simular los elementos de la máquina mezcladora mediante software de diseño y simulación para validar su desempeño estructural.	48
3.4. Diseñar la lógica de control del sistema, seleccionar la instrumentación requerida y verificar el ciclo automático de operación mediante diagramas GRAFCET y programación en lenguaje ladder.....	53
IV. DISCUSIÓN	63
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
5.1. Conclusiones	69
5.2. Recomendaciones.....	71
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
AGRADECIMIENTO.....	76
DEDICATORIA	77
ANEXOS	78

Índice de Tablas

Tabla 1. Relación entre variables de control, instrumentación y criterios de desempeño	15
Tabla 2. Historial de pedidos recientes de ladrillos de concreto celular	20
Tabla 3. Dosificación fija de materiales para concreto celular por 1 m ³	21
Tabla 4. Volumen de concreto requerido por la producción de ladrillos de la ladrillera Yntor	21
Tabla 5. Insumos requeridos según escenario de producción	22
Tabla 6. Tiempo de mezclado y velocidad de mezcla	23
Tabla 7. Producción por hora según la demanda requerida	24
Tabla 8. Tiempo propuesto para trabajo con mezcladora semiautomatizada	25
Tabla 9. Características geométricas de tambor en modelos comerciales de mezcladoras de concreto	26
Tabla 10. Relación volumen-radio (V/r) en mezcladoras comerciales de concreto	27
Tabla 11. Dimensiones geométricas finales del tambor	28
Tabla 12. Parámetros de las paletas	31
Tabla 13. Carga total sobre el eje para la rotación del tambor	38
Tabla 14. Fuerza tangencial	39
Tabla 15. Torque requerido	40
Tabla 16. Potencia en el eje del tambor	41
Tabla 17. Potencia corregida por factor de servicio	41
Tabla 18. Potencia requerida por el motor	42
Tabla 19. Motor y motorreductor seleccionados	43
Tabla 20. Dosificación total de materiales para una mezcla de 2.86 m ³ de concreto celular	44
Tabla 21. Volumen por dosis de arena y cemento	44

Tabla 22. Dimensiones de los cajones dosificadores para arena y cemento	45
Tabla 23. Cálculo del torque del motor.....	49
Tabla 24. Transiciones entre etapas y sus condiciones de disparo.....	57
Tabla 25. Interbloques del sistema de control.....	57
Tabla 26. Secuencia de Automatización del Ciclo de Mezcla	58
Tabla 27. Entradas y salidas para selección del relé programable Zelio.....	59
Tabla 28. Tiempos muertos de actuadores y retardos del sistema.....	62

Índice de Figuras

Figura 1. Descripción del desarrollo de la tesis	19
Figura 2. Modelo del tambor de mezcla con geometría cilíndrico-cónica	29
Figura 3. Imágenes de las paletas	31
Figura 4. Configuración inicial del tambor en posición inclinada con puntos de apoyo estructural para su integración al bastidor	32
Figura 5. Estructura propuesta del bastidor de soporte para el tambor en posición inclinada fija	33
Figura 6. Vista lateral y frontal del soporte estructural con bocina de acero soldada al bastidor	33
Figura 7. Estructura del bastidor con integración de rodillos de apoyo lateral y rodillo central de carga	34
Figura 8. Vista del bastidor completo con patas de soporte y sistema de anclaje al suelo	35
Figura 9. Detalle del cuello de apoyo del eje	36
Figura 10. Vista lateral y frontal del acople del eje al tambor con cartelas de refuerzo radial	37
Figura 11. Fracción del catálogo Siemens de motorreductores	42
Figura 12. Actuadores multivuelta AUMA SA	45
Figura 13. Esquema general de control para dosificación de agua	46
Figura 14. Dosificadora de espuma MAI®FOG	47
Figura 15. Esquema de control de espuma	48
Figura 16. Ubicación de los análisis estáticos a tambor y conjunto tambor estructura ..	49
Figura 17. Aplicación de las sujeciones y carga en el tambor	50
Figura 18. Factor de seguridad mínimo en el análisis estático 1	50
Figura 19. Concreto celular dentro del tambor	52

Figura 20. <u>Fuerzas y sujeciones en análisis estático 2</u>	52
Figura 21. <u>Factor de seguridad para análisis estático 2</u>	53
Figura 22. <u>Diagrama de movimientos de configuración manual</u>	54
Figura 23. <u>Diagrama de movimientos de configuración automático</u>	55
Figura 24. <u>GRAFCET del ciclo automático de la mezcladora</u>	56
Figura 25. <u>Diagrama de movimientos suministro de agua y espuma</u>	59
Figura 26. <u>Zelio seleccionado</u>	60
Figura 27. <u>Conexionamiento de entradas y salidas del Zelio Logic</u>	61

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar una mezcladora semiautomatizada para optimizar la producción de concreto celular en ladrilleras artesanales. Metodología aplicada, de tipo aplicada, cualitativa, con enfoque cualitativo y diseño no experimental, empleándose como técnica la observación directa, utilizando una ficha de levantamiento de campo para el registro de datos operativos del proceso. Inicialmente, se diagnosticó que el mezclado era manual, presentando baja eficiencia y limitada capacidad productiva, alcanzando aproximadamente 2 500 ladrillos por día con cuatro operarios. En respuesta, se diseñó un equipo con un tambor de 2.86 m³, sensores de caudal, relé programable y sistema de dosificación, capaz de incrementar la producción hasta 15 000 ladrillos por jornada. La arquitectura de control se estructuró en bloques funcionales de carga, mezcla y descarga, incorporando interbloqueos de seguridad y modos de operación manual y automático para una gestión integrada del proceso.

Palabras clave: Mezcladora semiautomatizada, concreto celular.

ABSTRACT

The objective of this research was to design a semi-automated mixer to optimize the production of cellular concrete in artisanal brickworks. Methodologically, the study was developed as a technological design research, with an applied level, qualitative approach, and non-experimental design, using direct observation as the sole data collection technique. A field data collection form was used to record the operational parameters of the mixing process. Initially, the diagnosis showed that mixing was performed manually, resulting in low efficiency and limited production capacity of approximately 2,500 bricks per day with four operators. In response, a mixer was designed with a 2.86 m³ drum, flow sensors, a programmable relay, and a dosing system, capable of increasing production to up to 15,000 bricks per working day. The control architecture was structured into functional blocks for loading, mixing, and discharge, incorporating safety interlocks and manual and automatic operating modes to ensure integrated automation and control.

Keywords: Semi-automated mixer, cellular concrete, economic evaluation.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Como antecedentes internacionales tenemos a Bouglada et al. (2021). Su objetivo fue evaluar cómo cambian las propiedades del concreto celular al utilizar arena de duna y arena triturada, incorporando adiciones minerales como escoria y puzolana para mejorar su comportamiento mecánico y térmico. La metodología fue experimental, elaborando distintas mezclas de concreto celular y ensayando probetas cúbicas de $10 \times 10 \times 10$ cm a 28 días, donde se midieron resistencia a compresión y conductividad térmica. Los resultados mostraron resistencias a compresión de 0.67 MPa con arena de duna y 3.09 MPa con arena triturada, incrementándose hasta 8.10 MPa con escoria y alcanzando un máximo de 9.55 MPa al combinar escoria y superplastificante. La conductividad térmica presentó valores entre 0.392 y 0.512 W/m·K, siendo menores en mezclas con arena de duna. Se concluyó que la arena triturada combinada con escoria permite obtener concretos celulares con mayores resistencias, mientras que la arena de duna favorece un mejor aislamiento térmico, aportando criterios técnicos relevantes para la tesis.

Soultana y Galetakis (2020). El objetivo fue producir y optimizar un microconcreto celular ligero utilizando polvo de cantera y ceniza volante calcárea, buscando un equilibrio entre densidad, resistencia y propiedades térmicas. La metodología se basó en un diseño experimental mediante superficie de respuesta, fabricando probetas prismáticas de $4 \times 4 \times 16$ cm, curadas durante 28 días, y evaluando densidad seca, resistencia a compresión, absorción de agua y conductividad térmica. Los resultados indicaron densidades entre 680 y 1080 kg/m³, resistencias a compresión que variaron aproximadamente entre 3.4 y 13.4 MPa según la dosificación, y una mejora notable del desempeño resistencia-densidad frente a la mezcla de referencia de 1530 kg/m³. Se concluyó que es posible diseñar concretos celulares con densidades objetivo de 700 a 800 kg/m³ manteniendo resistencias adecuadas, destacando la importancia de una mezcla homogénea, aspecto directamente relacionado con el tema de la tesis.

Müller et al. (2023). El objetivo fue diseñar y validar una mezcladora especial denominada MASON Concrete Mixer para producir muestras de concreto en condiciones de microgravedad en la Estación Espacial Internacional. La metodología incluyó el diseño mecánico del equipo, pruebas de seguridad, ensayos funcionales y evaluación de la calidad del mezclado mediante propiedades mecánicas del material obtenido. Los

resultados mostraron la fabricación de 64 muestras en microgravedad y más de 350 mezclas totales, con valores del módulo de Young alrededor de 26.2 ± 0.7 GPa y variaciones reducidas en la velocidad de ultrasonido, evidenciando una mezcla uniforme y reproducible. Se concluyó que el diseño adecuado del sistema de mezclado es determinante para garantizar homogeneidad y calidad del concreto, criterio fundamental para la mezcladora propuesta en la tesis.

Crespo y Cepeda (2020). El objetivo fue diseñar una máquina semiautomática para la fabricación de bloques de hormigón, orientada a incrementar la productividad y mejorar las condiciones de operación. La metodología consistió en el diseño mecánico de la máquina, el cálculo de esfuerzos, simulaciones por elementos finitos y la estimación de tiempos de ciclo. Los resultados indicaron una capacidad de producción de 6 bloques por ciclo, con un tiempo aproximado de 20 segundos por ciclo, lo que permitió estimar una producción diaria cercana a 8 800 bloques, utilizando un sistema de vibrado con motor de 1.5 hp a 3000 rpm. Se concluyó que la automatización parcial del proceso mejora la eficiencia y seguridad, aportando bases metodológicas aplicables al diseño mecánico desarrollado en la tesis.

Luque (2019). El objetivo fue diseñar y evaluar una mezcladora para alimento balanceado, priorizando la homogeneidad del producto final, como antecedente aplicable a procesos de mezclado industrial. La metodología incluyó el diseño del equipo con capacidad de 350 kg, pruebas de operación a 17.5 rpm y muestreo sistemático para evaluar la uniformidad mediante el coeficiente de variación. Los resultados mostraron que se alcanzó una mezcla uniforme con coeficiente de variación menor al 10 % a partir del minuto 13 de mezclado, validando la eficiencia del diseño propuesto. Se concluyó que el control del tiempo y la velocidad de mezclado es clave para lograr homogeneidad, criterio directamente aplicable al diseño de la mezcladora de concreto celular planteada en la tesis.

1.2. Planteamiento del Problema

A nivel mundial, la industria de la construcción enfrenta el desafío de reducir su impacto ambiental, mejorar la eficiencia energética y utilizar materiales sostenibles que garanticen el equilibrio entre desarrollo y preservación ambiental, en este contexto, el concreto celular ha emergido como una de las alternativas más prometedoras debido a su estructura ligera, alta capacidad de aislamiento térmico y bajo consumo de materias

primas en comparación con el concreto tradicional este producto además de mejorar el desempeño térmico de las edificaciones, también contribuye a la reducción de emisiones de dióxido de carbono, ya que su producción puede integrar residuos industriales como el polvo de mármol y la microsílice, fortaleciendo tanto sus propiedades mecánicas como su durabilidad (Zhang et al., 2020).

Actualmente, en el mundo se estima que existen aproximadamente 200 plantas productoras de concreto celular en 35 países, y que alrededor de 500,000 viviendas son edificadas anualmente utilizando este material, lo cual evidencia una tendencia positiva hacia su incorporación en proyectos de infraestructura residencial a nivel global (Cordova & Flores, 2021). Sin embargo, a pesar de estos avances, aún persisten desafíos importantes en términos de optimizar su proceso de fabricación y de mejorar las tecnologías de producción, especialmente en escenarios donde la mecanización de los procesos no ha sido plenamente adoptada, lo que limita su potencial de expansión masiva.

A nivel nacional, el crecimiento económico sostenido que ha experimentado el Perú, con un Producto Bruto Interno que se ha triplicado entre 1990 y 2019, ha generado una creciente demanda en el sector construcción, pero también ha incrementado significativamente las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) provenientes del consumo de combustibles fósiles, afectando los compromisos ambientales del país (Cordova & Flores, 2021). Este crecimiento ha impulsado el uso masivo de materiales convencionales como el concreto tradicional, cuya producción depende intensivamente del consumo de agregados naturales y genera elevados impactos ambientales debido a las emisiones asociadas al proceso de fabricación (Espinoza & Acha, 2024). Sin embargo, pese a los avances tecnológicos a nivel internacional, en el Perú la adopción de nuevos sistemas constructivos como el concreto celular es todavía limitada. Esto se debe principalmente a la desconfianza de los usuarios y profesionales en la durabilidad y resistencia de estos materiales, así como al desconocimiento de sus ventajas en términos de eficiencia energética, reducción de costos y disminución de tiempos de construcción (Vela & Díaz, 2023). Esta resistencia al cambio ha frenado la modernización del sector, dificultando la implementación de tecnologías más sostenibles y afectando negativamente los esfuerzos nacionales para alcanzar las metas de sostenibilidad y reducción de emisiones.

A nivel local, la Ladrillera Yntor presenta una oportunidad para implementar mejoras tecnológicas que optimicen la producción de concreto celular. Actualmente, los procesos de elaboración son manuales, lo cual genera baja productividad, alta variabilidad

en la calidad del producto final y un mayor consumo de recursos. Esta situación evidencia la necesidad de diseñar un equipo semiautomatizado que permita estandarizar la producción, aumentar la eficiencia y reducir los costos operativos, adaptándose a las condiciones de una empresa de escala intermedia.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se redacta el problema general en la pregunta ¿En qué forma el diseño de la mezcladora semiautomatizada permitirá elaborar concreto celular en la ladrillera Yntor en el 2025?

1.3. Justificación

La presente investigación se justificó desde el aspecto tecnológico, debido a que se desarrolló el diseño de una mezcladora semiautomatizada para la producción de concreto celular en la Ladrillera Yntor, orientada a mejorar la eficiencia y el control del proceso de mezclado. Antes del desarrollo de la propuesta, el proceso se realizaba de manera manual, presentando limitaciones en la dosificación, baja uniformidad de la mezcla y variabilidad en las propiedades del producto. El diseño permitió estandarizar el proceso, optimizar los tiempos de operación y definir parámetros técnicos adecuados, contribuyendo a la modernización tecnológica del sistema productivo.

Desde el aspecto económico, la investigación se justificó porque el diseño de la mezcladora semiautomatizada permitió reducir los costos operativos asociados al uso intensivo de mano de obra, pérdidas de material y reprocesos. Asimismo, el incremento de la capacidad productiva diaria generó mayores ingresos y una mejora en la rentabilidad de la empresa, constituyéndose en una alternativa económicamente viable y sostenible.

En el aspecto social, la investigación se justificó porque la implementación de la mezcladora semiautomatizada permitió mejorar las condiciones laborales del personal, reduciendo el esfuerzo físico requerido en el proceso de mezclado y disminuyendo la exposición a tareas repetitivas y de mayor riesgo. Asimismo, la automatización parcial del proceso contribuyó a una mejor organización del trabajo, optimizando la distribución de funciones del personal y favoreciendo un entorno laboral más seguro y eficiente dentro de la empresa.

1.4. Bases teóricas

El diseño de maquinaria orientada a la producción de materiales de construcción constituye un eje estratégico en el desarrollo de soluciones tecnológicas para pequeñas y

medianas empresas del sector. En ese sentido, la implementación de mezcladoras semiautomatizadas ha emergido como una alternativa eficiente que contribuye significativamente a mejorar los procesos de elaboración de concreto, incrementando tanto la calidad del producto como la productividad operativa. Este avance responde a la creciente necesidad de integrar tecnologías automatizadas que optimicen el uso de recursos, reduzcan la dependencia de mano de obra especializada y promuevan entornos de trabajo más seguros y sostenibles (Reichenbach & Kromoser, 2021). Además, el desempeño de estos equipos depende en gran medida del adecuado diseño de componentes técnicos, estructurales y operativos, cuya correcta configuración incide directamente en la funcionalidad, estabilidad y eficiencia del sistema de mezclado (Meiringer et al., 2023).

La capacidad de mezclado es una de las dimensiones más relevantes en el diseño de una mezcladora, ya que debe ser suficiente para abastecer el volumen de producción requerido por jornada. Esta capacidad está determinada por variables como el tamaño del tambor, la disposición de las espas y el tiempo de mezcla, factores que en conjunto afectan directamente la eficiencia del proceso. La homogeneidad de la mezcla depende de que estos elementos estén correctamente dimensionados, lo cual permite una distribución uniforme de los materiales, incluidos los aditivos espumantes. Simulaciones computacionales han demostrado que variaciones en la geometría de las palas y en las condiciones de operación influyen significativamente en la calidad de mezclado, destacando la importancia del diseño óptimo del sistema interno de agitación (Tsugeno et al., 2021).

Otro aspecto técnico importante es la potencia requerida. Esta debe calcularse en función de la viscosidad del concreto celular, la resistencia de los materiales y la velocidad de mezcla. Una potencia insuficiente podría generar sobrecarga en el motor y fallas en el sistema, mientras que un exceso representaría un desperdicio energético. El concreto celular, por sus características mecánicas específicas y alta porosidad, exige condiciones de mezclado controladas que influyen directamente en el dimensionamiento del sistema motriz (Zhang et al., 2020). En ese sentido, el uso de motores eléctricos de alta eficiencia, combinados con sistemas de transmisión mecánica adecuados, permite mantener un equilibrio óptimo entre rendimiento funcional y consumo energético, minimizando costos operativos y emisiones asociadas al uso prolongado de maquinaria en entornos industriales (Hameed et al., 2022).

La validación estructural también es esencial en este tipo de diseños. La estructura de la mezcladora debe resistir las cargas dinámicas durante el funcionamiento, incluyendo el peso del material, las vibraciones del motor y los esfuerzos generados por la rotación. A través de análisis computacionales, como el método de elementos finitos, se puede verificar que el bastidor y los componentes críticos estén correctamente dimensionados, lo cual permite identificar zonas de alta sollicitación, optimizar el uso de materiales y evitar fallas estructurales por fatiga o deformaciones acumuladas durante el uso prolongado del equipo (Alturki et al., 2023).

El nivel de automatización constituye otro eje central en la propuesta de diseño. La incorporación de sistemas semiautomatizados, como temporizadores, sensores de nivel o controles de encendido y apagado, permite reducir la intervención del operario, agilizar el proceso y aumentar la precisión en la dosificación. La aplicación de sensores inteligentes y sistemas de control automático en procesos industriales ha demostrado ser una estrategia eficaz para mejorar la eficiencia operativa y garantizar una dosificación precisa en ciclos repetitivos (Buratto et al., 2024). En el ámbito de la maquinaria agrícola y otros equipos productivos, la automatización también ha permitido optimizar tiempos de respuesta y disminuir la dependencia de la intervención humana directa (Ng et al., 2021). En el caso específico de equipos para la manipulación de materiales cementicios, como las mezcladoras de laboratorio, la incorporación de elementos de control funcional contribuye a estandarizar la calidad de la mezcla y a mejorar las condiciones de trabajo del operario (Reichenbach & Kromoser, 2021).

Tabla 1.

Relación entre variables de control, instrumentación y criterios de desempeño

Variable de control	Instrumento / Actuador asociado	Criterio de desempeño
Caudal de agua para mezcla	Caudalímetro + válvula solenoide + temporizador	Desviación ± 5 % respecto al setpoint (setpoint/punto de consigna) de caudal
Caudal de espuma para concreto celular	Caudalímetro + válvula reguladora	Relación agua/espuma dentro del rango definido para densidad objetivo (± 5 %)
Tiempo de mezcla	Temporizador del relé programable (relay/relé programable)	Tiempo dentro del intervalo óptimo definido en pruebas (por ejemplo, ± 10 s)
Nivel de mezcla en el tambor	Sensor de nivel / interruptor de nivel	Nivel dentro del rango establecido para evitar sobrellenado o mezcla insuficiente
Velocidad de giro del tambor	Motor eléctrico + variador de velocidad (si aplica)	Velocidad dentro del rango definido para garantizar homogeneidad de mezcla

En cuanto a la producción de concreto celular, esta variable dependiente puede evaluarse desde varias dimensiones. Una de ellas es la productividad, entendida como la cantidad de mezcla producida en un determinado periodo de tiempo. La mejora en la productividad se logra al reducir los tiempos muertos, automatizar ciertas etapas del proceso y asegurar un ciclo de mezcla eficiente, como se ha demostrado en estudios experimentales enfocados en el control del proceso de mezclado y dosificación (Soultana & Galetakis, 2020).

La calidad del producto es otra dimensión clave. En el caso del concreto celular, esta se refleja en la consistencia de la mezcla, la estabilidad del aire incorporado y la uniformidad de la densidad del material. Un diseño de mezcladora que favorezca la integración homogénea de los componentes permite controlar la distribución del aire y lograr bloques con menor densidad y mejor capacidad térmica (Shang et al., 2020). Además, el uso de materiales alternativos como residuos industriales y adiciones minerales contribuye a mejorar las propiedades mecánicas y la sostenibilidad del concreto celular, siempre que se mantenga una adecuada dosificación y control del proceso de mezclado (Zhang et al., 2020).

El consumo de recursos es una dimensión asociada tanto a los costos operativos como al impacto ambiental. Un equipo eficiente debe permitir una dosificación precisa de cemento, agua y aditivos, evitando el desperdicio y asegurando que se utilicen solo las cantidades necesarias. La reducción del consumo también está vinculada al ahorro de energía durante el funcionamiento del motor, lo cual puede lograrse mediante mejoras en el control del proceso y en el diseño del sistema de mezcla (Li & Ma, 2020).

Finalmente, los tiempos de elaboración se ven directamente influenciados por el diseño del equipo. Una mezcladora que integre procesos de carga, mezcla y descarga de manera fluida puede reducir considerablemente el tiempo total requerido para cada lote. Esto no solo mejora el ritmo de producción, sino que también permite atender una mayor demanda diaria sin incrementar los recursos disponibles. Estudios recientes han demostrado que la incorporación de sistemas de monitoreo y diseño funcional en mezcladoras permite optimizar cada fase del ciclo de operación, disminuyendo los tiempos totales de procesamiento (Ferreira et al., 2024).

1.5. Objetivos

Objetivo general:

Diseñar una mezcladora semiautomatizada para optimizar la eficiencia y la calidad en la elaboración de concreto celular en la Ladrillera Yntor en el año 2025.

Objetivos específicos:

- Determinar los parámetros de diseño de la mezcladora semiautomatizada para la elaboración de concreto celular.
- Diseñar la estructura mecánica de la mezcladora semiautomatizada considerando criterios de capacidad, productividad, resistencia y seguridad operativa.
- Diseñar la lógica de control del sistema, seleccionar la instrumentación requerida y verificar el ciclo automático de operación mediante diagramas GRAFCET y programación en lenguaje ladder.
- Simular los elementos de la máquina mezcladora mediante software de diseño y análisis por elementos finitos (finite element analysis /análisis de elementos finitos) para validar su desempeño estructural.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Población, muestra y muestreo

Cabe precisar que la presente investigación corresponde a una tesis de diseño, cuyo propósito es el desarrollo y validación de una solución técnica específica; en tal sentido, no se orienta a la inferencia estadística ni a la generalización de resultados a una población mediante procedimientos muestrales. Por ello, no resulta aplicable la determinación de muestra ni la aplicación de técnicas de muestreo estadístico, trabajándose sobre un caso de aplicación definido en función de criterios técnicos, operativos y de pertinencia con el problema abordado.

2.2. Métodos

Se utilizaron dos métodos el primero fue el método deductivo se basa en el razonamiento que parte de principios generales o teorías ya establecidas, y que permite llegar a conclusiones específicas aplicables a casos concretos. Este enfoque se utiliza con frecuencia en investigaciones científicas y tecnológicas, ya que proporciona una

estructura lógica para aplicar conocimientos teóricos al desarrollo de soluciones prácticas (Fife & Gossner, 2024). En la presente investigación, se empleó el método deductivo al tomar como punto de partida los fundamentos del diseño mecánico, así como los principios técnicos sobre la producción de concreto celular, para luego proponer una solución particular: el diseño de una mezcladora semiautomatizada adaptada a las necesidades operativas de la Ladrillera Yntor.

El método analítico consiste en descomponer un fenómeno complejo en sus partes constitutivas con el objetivo de analizar cada componente de forma individual. Esta técnica permite abordar sistemáticamente problemas multidimensionales y es comúnmente utilizada en estudios técnicos e ingenieriles para facilitar una comprensión ordenada de los elementos que componen un sistema (Meng et al., 2021). En el desarrollo de esta tesis, se aplicó el método analítico para separar el problema de diseño en aspectos específicos como el análisis estructural y la simulación mediante elementos finitos. Esta descomposición permitió un tratamiento más preciso de cada etapa y contribuyó a una propuesta integral y coherente.

2.3. Metodología

La metodología de la presente investigación comprende el tipo, nivel, enfoque y diseño de la investigación, así como las técnicas e instrumentos de recolección de información, el análisis de datos y el procedimiento metodológico seguido para el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados. En ese sentido, se trata de una investigación de tipo tecnológica de diseño, con nivel aplicado, enfoque cualitativo y diseño no experimental, orientada al desarrollo de una solución técnica para una problemática específica. La recolección de datos se realizó exclusivamente mediante la técnica de observación directa, aplicada al proceso de elaboración de concreto celular en la empresa, con el fin de registrar las condiciones reales de operación y los parámetros necesarios para el diseño de la mezcladora semiautomatizada. El instrumento utilizado fue la ficha de levantamiento de campo (Anexo 02), en la cual se consignaron de manera sistemática los datos técnicos del proceso, tales como materiales empleados y cantidades por lote, entre otros registros operativos relevantes para el dimensionamiento y validación del diseño.

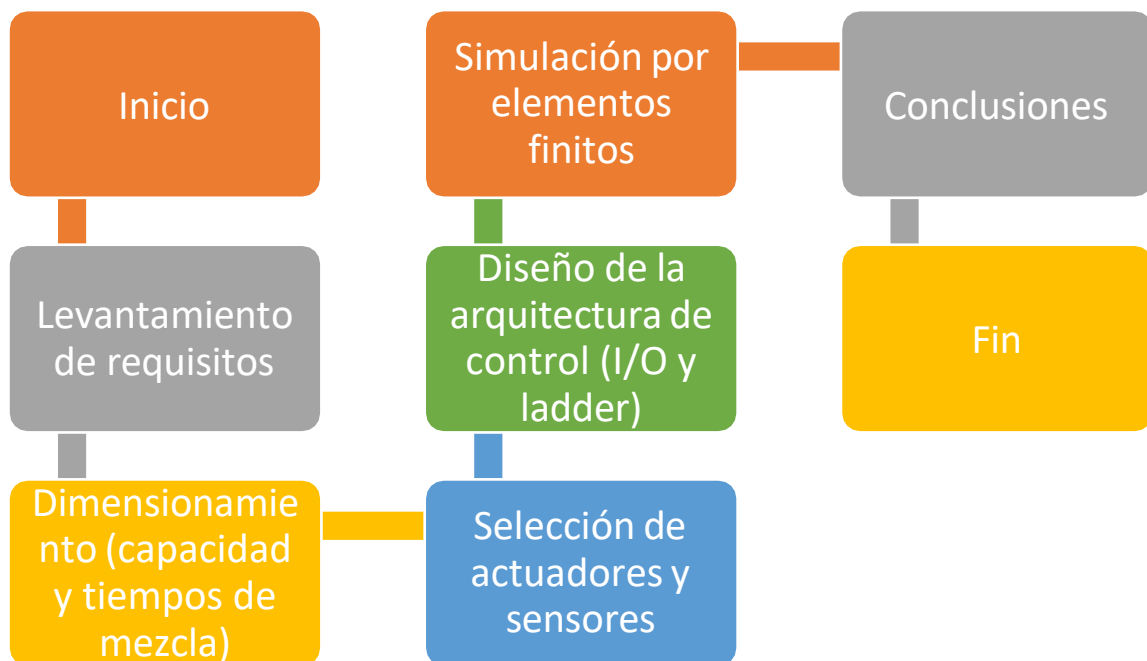
El desarrollado de esta investigación siguió una secuencia ordenada que permite su replicabilidad en contextos similares. En primer lugar, se recolectó información técnica

mediante la revisión de literatura científica y la observación directa en planta, abarcando los requerimientos específicos del concreto celular, los procesos actuales de mezcla implementados por la empresa y los parámetros productivos relevantes, como volumen por lote y frecuencia de operación. Posteriormente, se elaboró un diseño estructural preliminar de la mezcladora, considerando criterios como la capacidad volumétrica, la eficiencia del mezclado y la ergonomía del operario durante la carga y descarga del material.

Seguidamente, se procedió al modelado tridimensional de la mezcladora utilizando el software SolidWorks 2025, sobre el cual se realizaron simulaciones mecánicas mediante el módulo de análisis por elementos finitos. Estas simulaciones permitieron verificar los esfuerzos en componentes críticos bajo condiciones de carga realista, así como calcular los factores de seguridad estructural.

Figura 1.

Descripción del desarrollo de la tesis



III. RESULTADOS

3.1. Determinar los parámetros de diseño de la mezcladora semiautomatizada para elaboración concreto celular.

3.1.1. Capacidad volumétrica

Para establecer la capacidad volumétrica adecuada de la mezcladora semiautomatizada, se analizó el historial de pedidos de ladrillos de concreto celular registrados en la Ladrillera Yntor. La información presentada corresponde a los siete últimos pedidos realizados por clientes durante el periodo reciente, los cuales reflejan el nivel de demanda que debe atenderse con el nuevo equipo, la tabla 2. La siguiente tabla resume las cantidades solicitadas por pedido. Anexo 9

Tabla 2.

Historial de pedidos recientes de ladrillos de concreto celular

Ítem	Cantidad
1	10000
2	15000
3	12000
4	12000
5	13000
6	15000
7	12000

Fuente: Ladrillera Yntor

Como se observa, la cantidad de ladrillos por pedido oscila entre 10 000 y 15 000 unidades, siendo 12 571 el promedio aproximado. Para determinar los insumos necesarios que permitan atender esta demanda, resulta fundamental conocer la proporción exacta de los materiales que conforman el concreto celular. En este sentido, se tomó como referencia el estudio realizado por Quispe (2022), el cual establece una dosificación precisa por cada metro cúbico de mezcla. La Tabla 3 muestra dicha relación de materiales por metro cúbico de concreto celular.

Tabla 3.*Dosificación fija de materiales para concreto celular por 1 m³*

Material	Cantidad	unidad
Cemento	340	kg
Arena fina	110	kg
Agua	170	l
Aditivo espumante	1.1	l

Fuente: Quispe 2022

Para determinar cuántos ladrillos pueden obtenerse a partir de un metro cúbico de concreto celular, se consideraron las dimensiones reales del producto fabricado por la Ladrillera Yntor, cada ladrillo presenta un largo de 39 cm, un alto de 19 cm y un ancho de 14 cm, lo que da como resultado un volumen unitario de aproximadamente 0.010374 m³. Este valor corresponde al volumen que ocupa la mezcla fresca en el molde antes del proceso de fraguado y curado, y constituye la base para calcular el rendimiento volumétrico de la mezcla.

A partir del volumen unitario determinado para cada ladrillo (0.010374 m³), se procedió a calcular cuántas unidades pueden obtenerse por cada metro cúbico de concreto celular. Este valor se obtuvo dividiendo un metro cúbico de mezcla entre el volumen de un solo ladrillo, resultando en un rendimiento aproximado de 96 ladrillos por metro cúbico. Esta relación permitirá proyectar el volumen total de mezcla necesario para cumplir con la demanda promedio de producción, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4.*Volumen de concreto requerido por la producción de ladrillos de la ladrillera Yntor*

Producción	Cantidad de ladrillos (unidades)	Volumen de concreto requerido (m³)
Producción mínima	10 000	103.74
Producción promedio	12 571	130.41
Producción máxima	15 000	155.61

Fuente: Autoría propia

Como se aprecia en la tabla, el volumen de concreto celular requerido varía en función de la cantidad de ladrillos a producir, oscilando entre 103.74 m³ y 155.61 m³. Estos valores constituyen la base para estimar la cantidad total de materiales necesarios en cada escenario de producción, tomando como referencia la dosificación por metro cúbico previamente establecida, se procedió a calcular la cantidad de cemento, arena, agua y aditivo espumante requeridos para cubrir la demanda de mezcla correspondiente a cada nivel de producción, esta se muestra en la tabla 5.

Tabla 5.

Insumos requeridos según escenario de producción

Producción	Cemento (kg)	Arena fina (kg)	Agua (litros)	Aditivo espumante (litros)
Producción mínima (10 000)	35 271.60	11 411.40	17 635.80	114.11
Producción promedio (12 571)	44 339.40	14 345.10	22 169.70	143.45
<u>Producción máxima (15 000)</u>	52 907.40	17 117.10	26 453.70	171.17

Fuente: Autoría propia

3.1.2. Tiempo de mezcla

El tiempo y la velocidad de mezcla adoptados para el diseño de la mezcladora se fundamentan en normativas internacionales y referencias industriales. Según la norma ASTM C94, el concreto debe mezclarse durante un mínimo de 70 a 100 revoluciones del tambor a velocidad de mezcla, lo que equivale a 1.5 a 2 minutos si se considera una velocidad operativa de 12 a 18 rpm, valor típico para mezcladoras de paletas o tambor. La NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association) confirma este rango, estableciendo que una mezcla homogénea puede alcanzarse a una velocidad aproximada de 12 a 15 rpm en camiones mezcladores, en la tabla 6 se muestran los tiempos de mezclado según diferentes fuentes y su velocidad de mezcla.

Tabla 6.*Tiempo de mezclado y velocidad de mezcla*

Fuente	Tipo de equipo	Tiempo de mezclado (min)	Condiciones técnicas de mezcla	Velocidad de mezcla (rpm)
ASTM C-94 / Bureau of Reclamation	Mezcladora de paletas o tambor	4 – 8 min	70–100 revoluciones del tambor a velocidad de mezcla	12 – 18 rpm
Mezcladoras de alta velocidad (AAC)	Hormigón celular en planta	3 – 4 min	Incluye dispersión de aditivos y reacción con Al- paste	30 – 60 rpm
NRMCA (Guías de obra)	Camión- mezclador	~2 min	A velocidad de mezcla continua hasta lograr <u>homogeneidad</u>	12 – 15 rpm

Nota. Los criterios de mezclado mencionados se sustentan en ACI, NRMCA y PCA, que citan el criterio de ASTM C94/C94M.

En el caso específico del concreto celular, utilizado en ladrilleras, el tiempo de mezclado puede extenderse a 3 a 4 minutos debido a la incorporación de aditivos especiales como pasta de aluminio (Al-paste), especialmente en mezcladoras de alta velocidad con sistemas forzados, cuya rotación puede superar los 30 rpm. Estos valores garantizan la adecuada dispersión del agente espumante y la homogeneización de la mezcla, manteniendo la calidad del producto final.

3.1.3. Capacidad de la mezcladora

Con el fin de establecer las exigencias operativas que deberá cumplir la mezcladora semiautomatizada, se calculó el volumen diario de mezcla necesario según la cantidad de ladrillos que la planta debe producir. Estos niveles de producción se determinaron a partir del historial de pedidos recientes, considerando valores mínimos, promedios y máximos. Posteriormente, se estimó la tasa de producción horaria requerida, asumiendo una jornada de trabajo estándar de 8 horas efectivas diarias, como ocurre en

plantas de operación continua, en la tabla 7 se muestra la producción por hora según la cantidad de ladrillos requeridos.

Tabla 7.

Producción por hora según la demanda requerida

Nivel de producción	Ladrillos/día	Volumen requerido (m³)	Producción por hora (m³/h)
Mínima	10,000	104.17	13.02
Promedio	12,571	130.43	16.3
Máxima	15,000	156.25	19.53

Para el diseño de la mezcladora semiautomatizada se tomará como referencia el valor máximo de producción horaria identificado en el análisis anterior, equivalente a 19.53 m³/h. Este valor corresponde al volumen necesario para cubrir la demanda diaria más exigente (15,000 ladrillos) dentro de una jornada laboral de 8 horas. La elección de esta cifra como base de cálculo garantiza que, al dimensionar la capacidad de mezcla para este escenario, la planta también podrá cubrir los niveles de producción promedio y mínimo sin requerir ajustes operativos adicionales.

Si bien 19.53 m³/h es el valor técnico exacto, se propone redondearlo a 20.0 m³/h como parámetro de diseño por dos razones: primero, para incorporar un margen de seguridad frente a posibles variaciones en el rendimiento real de la mezcla, tiempos de carga o limpieza; y segundo, para facilitar los cálculos técnicos y operativos asociados al diseño del tambor y al número de ciclos por jornada, ya que los múltiplos enteros permiten definir configuraciones de trabajo más claras y prácticas. Este pequeño redondeo no representa un sobredimensionamiento significativo, pero sí aporta flexibilidad operativa y robustez al sistema. La tabla 8 muestra el tiempo estimado por cada etapa del ciclo de mezcla en condiciones semiautomatizadas, necesario para dimensionar la capacidad por ciclo de la mezcladora según lo mencionado en la tabla 6.

Tabla 8.*Tiempo propuesto para trabajo con mezcladora semiautomatizada*

Etapas del ciclo	Duración estimada (min)	Comentario técnico
Carga automatizada de materiales	1.0 – 1.2	Por compuerta o tolva semiautomatizada; se considera configuración operativa real
Mezcla efectiva	3.0 – 4.0	Basado en normas ASTM C94 y requerimientos del concreto celular
Descarga completa	1.5 – 1.7	Por apertura automática y vaciado controlado
Limpieza ligera / reposición	1.0 – 1.2	Mantenimiento mínimo, reposición de aditivos o agua
Total, por ciclo estimado	6.5-8.1	<u>Intervalo realista para diseño de operación semiautomatizada</u>

Con base en los tiempos operativos establecidos por ciclo, se procedió a determinar la cantidad de ciclos completos que la mezcladora puede ejecutar durante una hora de trabajo continuo, considerando el valor máximo definido para el ciclo, de 8.1 minutos, se obtiene una capacidad teórica de 7.4 ciclos por hora. Sin embargo, dado que en la práctica no es posible ejecutar fracciones de ciclo, el número de ciclos debe ser redondeado al entero más próximo inferior, es decir, 7 ciclos por hora. Este redondeo garantiza que cada ciclo se complete dentro del tiempo disponible y evita sobreestimar el rendimiento del equipo. En consecuencia, para cumplir con la meta de producción de 20 m³ por hora, la mezcladora deberá procesar 2.86 m³ por ciclo, valor obtenido al dividir el volumen requerido entre los 7 ciclos posibles en una hora.

3.2. Diseñar la estructura mecánica de la mezcladora semiautomatizada considerando parámetros de capacidad y productividad.

3.2.1. Diseño del tambor

Primero se determina el volumen que ocupa el tambor; según Condo (2016), el volumen total del tambor debe ser al menos 1.25 veces el volumen de la mezcla, por lo que el volumen completo se determina con la ecuación 1.

$$V_{Tb} = 1.25 V_c \quad 1$$

Donde el V_{tb} es el volumen del tambor de la mezcladora y el V_c es el volumen que requiere el concreto; considerando un volumen de mezcla requerido de 2.86 m³ y el

criterio de diseño de que el tambor sea 1.25 veces dicho volumen, se obtiene un volumen total del tambor de 3.575 m³. En este enfoque, la sección cilíndrica se dimensiona para albergar el volumen útil de mezcla requerido, dado que constituye la zona principal de mezclado. Por su parte, la sección troncocónica se establece para contener el volumen remanente del tambor (0.715 m³), el cual corresponde al espacio libre operativo necesario para favorecer la circulación interna del material durante la rotación y facilitar la descarga.

Se recopiló información técnica de ocho modelos de mezcladoras de concreto disponibles comercialmente, a partir de fichas técnicas y manuales industriales. El objetivo de esta recopilación fue establecer una base comparativa que permita identificar relaciones geométricas clave, específicamente entre el volumen útil del tambor y el radio del mismo, como referencia para el diseño dimensional del tambor cilíndrico de la mezcladora semiautomatizada propuesta. La Tabla 9 presenta los datos de volumen y radio correspondientes a cada modelo analizado.

Tabla 9.

Características geométricas de tambor en modelos comerciales de mezcladoras de concreto.

Mezcladora	Volumen (m ³)	Radio (m)
Bauker	0.12	0.345
IMER Ultra 10	0.136	0.3075
CEMAP 11P3	0.25	0.4315
Maquitech 0.5B	0.4	0.745
Maquitech M2	0.5	0.835
MC94SP	0.74	0.5175
Kushlan 600	1.5	0.78
Toro 12CF	2.27	0.74

El volumen de la parte cilíndrica del tambor se determina mediante la siguiente expresión matemática, correspondiente al volumen de un cilindro que se muestra en la ecuación 2.

$$V_c = \pi r^2 h \quad 2$$

Donde:

V_c : Volumen de la útil del tambor (m³),

r : radio del tambor (m),

h : altura del tambor (m).

Dado que en el diseño inicial no se dispone directamente de los valores de radio y altura para un tambor que contenga una mezcla de 2.86 m³, se optó por estimar estos parámetros a partir de la relación existente entre el volumen de la mezcla en el tambor y el radio (V/r) en diferentes modelos comerciales de mezcladoras. Esta relación permite proyectar proporciones geométricas adecuadas al volumen objetivo, facilitando así el dimensionamiento de los componentes del diseño propuesto. La Tabla 10 muestra las primeras mezcladoras analizadas y la relación V/r correspondiente a cada una.

Tabla 10.

Relación volumen-radio (V/r) en mezcladoras comerciales de concreto

Mezcladora	Volumen (m ³)	V/r
Bauker	0.12	0.35
IMER Ultra 10	0.136	0.44
CEMAP 11P3	0.25	0.58
Maquitec 0.5B	0.4	0.54
Maquitec M2	0.5	0.6
MC94SP	0.74	1.43
Kushlan 600	1.5	1.92
Toro 12CF	2.27	3.07

Con el objetivo de estimar las dimensiones geométricas del tambor una mezcladora de 2.86 m³, se aplicó una interpolación basada en los datos obtenidos de modelos comerciales (ver Anexo 03). A partir de dicha interpolación, se determinó que la relación entre el volumen de la mezcladora y su radio (V/r) para una capacidad de 2.86 m³ es igual a 3.95. Esta relación permite despejar el radio (r) a partir del volumen deseado.

$$\frac{V}{r} = 3.95 \Rightarrow r = \frac{V}{3.95}$$

Sustituyendo esta relación en la ecuación 2 del volumen del cilindro y despejando la altura (h), se obtiene la expresión correspondiente a la ecuación 3, que permite calcular directamente la altura del cilindro en función del volumen útil del tambor y la relación.

$$h = \frac{V}{\pi \left(\frac{V}{3.95}\right)^2} = \frac{3.95^2}{\pi V} \quad 3$$

Por lo tanto, si se reemplaza V por Vc que es el volumen del cilindro (2.86 m³) se obtiene una altura del tambor cilíndrico de 1.737 metros y a partir de la relación V/r (3.95) el radio (r) tiene un tamaño de 0.724m lo que equivaldría a 1.448 m.

Para el diseño del parte troncocónico del tambor, se considera como radio de la base el mismo valor calculado para la sección cilíndrica, ya que ambas partes se conectan directamente y no deben presentar diferencias dimensionales en su unión. A partir de esta condición, se utiliza la ecuación del volumen de un cono para despejar la altura hcc de dicha sección, como se muestra en la ecuación 4.

$$V_{cc} = \frac{1}{3}\pi h_{cc}(R^2 + Rr + r^2) \Rightarrow h_{cc} = \frac{3V_{cc}}{\pi(R^2 + Rr + r^2)} \quad 4$$

Considerando que el radio mayor de la sección troncocónica coincide con el radio del cilindro 0.724 m y que el volumen asignado a esta sección corresponde al volumen remanente del tambor de 0.715 m³, se dimensiona la geometría de descarga como un tronco de cono. Para el radio menor se adopta 0.33 m (diámetro aproximado de 660 mm), valor seleccionado por ser una apertura de descarga comercialmente factible y suficiente para favorecer el paso del concreto celular sin estrangulamientos. Con estos parámetros y aplicando la ecuación de volumen del troncocono, se obtiene una altura troncocónica aproximada de 0.783 m. Esta configuración cilíndrico–truncocónica favorece la circulación interna del material durante la rotación y contribuye a una descarga más eficiente y centrada, mejorando el desempeño del proceso de mezclado y vaciado. De este modo, se determinan las dimensiones geométricas finales del tambor de mezcla, las cuales se resumen en la Tabla 10.

Tabla 11.

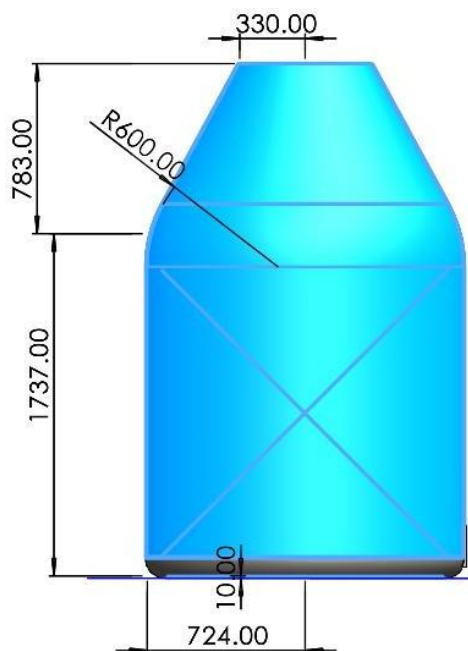
Dimensiones geométricas finales del tambor

Parte del tambor	Dimensión estimada	Unidad
Volumen de sección cilíndrica	2.860	m ³
Volumen sección troncocónica	0.715	m ³
Volumen total del tambor	3.575	m ³
Radio del cilindro (R)	0.724	m
Radio de descarga (r)	0.330	m
Altura cilíndrica	1.737	m
Altura troncocónica	0.783	m
Altura total	2.520	m

La Figura 2 presenta el modelo tridimensional del tambor diseñado, el cual incorpora las dimensiones geométricas previamente detalladas. Como se observa, la parte superior del tambor culmina en una abertura de 300 mm de diámetro, cuyo valor ha sido definido considerando criterios de funcionalidad y operación de otras mezcladoras, dimensión permitirá una alimentación eficiente de los materiales mediante tolvas teniendo en cuenta su compatibilidad con boquillas de dosificación estándar utilizadas en ladrilleras artesanales y semiautomatizadas. La transición entre el cuerpo cilíndrico y la zona cónica se ha suavizado mediante radios de curvatura de R200 mm en la base y R600 mm en el cuello superior, mejorando así el flujo interno del concreto durante el mezclado y descarga, además de reducir concentraciones de esfuerzos durante la rotación del tambor.

Figura 2.

Modelo del tambor de mezcla con geometría cilíndrico-cónica



3.2.2. Diseño de las paletas

El número de paletas en el interior del tambor se determina con base en la necesidad de garantizar una mezcla homogénea y continua del concreto. Según Condo (2016) así como Ardila y Buitrago (2010) mencionan que la configuración óptima para

tambores de gran volumen como el propuesto (2.86 m³) es de dos paletas helicoidales interiores, una de avance y otra de retroceso. Esta disposición permite tanto la mezcla durante el giro normal como el vaciado al invertir el sentido de rotación.

Las paletas son de tipo helicoidal o en espiral, recomendadas por Condo y Ardila por su capacidad para inducir un flujo axial continuo. Este diseño permite tanto la mezcla como la descarga del concreto mediante el cambio de sentido de giro. La geometría helicoidal es esencial en mezcladoras de tipo “mixer”, donde el tambor no se inclina para vaciar, sino que las paletas se encargan de arrastrar el concreto hacia la boca de salida en la fase de vaciado. Las paletas deben estar presentes tanto en la parte cilíndrica como en la cónica del tambor. En la zona cilíndrica se concentra la mayor parte del volumen útil y, por tanto, la mayor parte de la acción de mezcla. Según Condo (2016), la longitud de las paletas helicoidales debe ser del 90% de la longitud del tambor (en su zona útil), lo cual garantiza cobertura y evita interferencias con los extremos, la ecuación 5 modela este criterio.

$$L_p = 0.90 h_{cc} \quad 5$$

La longitud de la paleta en la parte cónica del tambor sería de 1.41, para el ancho de la paleta helicoidal se establece como el 20% del radio del tambor, valor sugerido por Ardila y Buitrago (2010) para asegurar el arrastre eficiente del concreto sin generar resistencia excesiva ni interferencias con el material en movimiento, siendo el r de 0.724 m el ancho de la paleta de 0.145m. El espesor mínimo recomendado por Condo (2016) así como Ardila y Buitrago (2010) para aplicaciones con concreto es de 6 mm, utilizando acero estructural o acero antidesgaste. Este espesor asegura durabilidad frente al desgaste por fricción de los áridos y la carga mecánica durante la rotación del tambor.

Las paletas se posicionan de forma helicoidal interna, en direcciones opuestas según su función: una en sentido horario para mezclar (empuja hacia el fondo) y otra en sentido antihorario para descargar (empuja hacia la boca). Esta configuración responde al principio de funcionamiento de los mixers industriales, donde el tambor permanece fijo en su inclinación y el flujo del concreto es controlado por la inversión del sentido de rotación, los parámetros finales de la paleta serían los mostrados en la tabla 12.

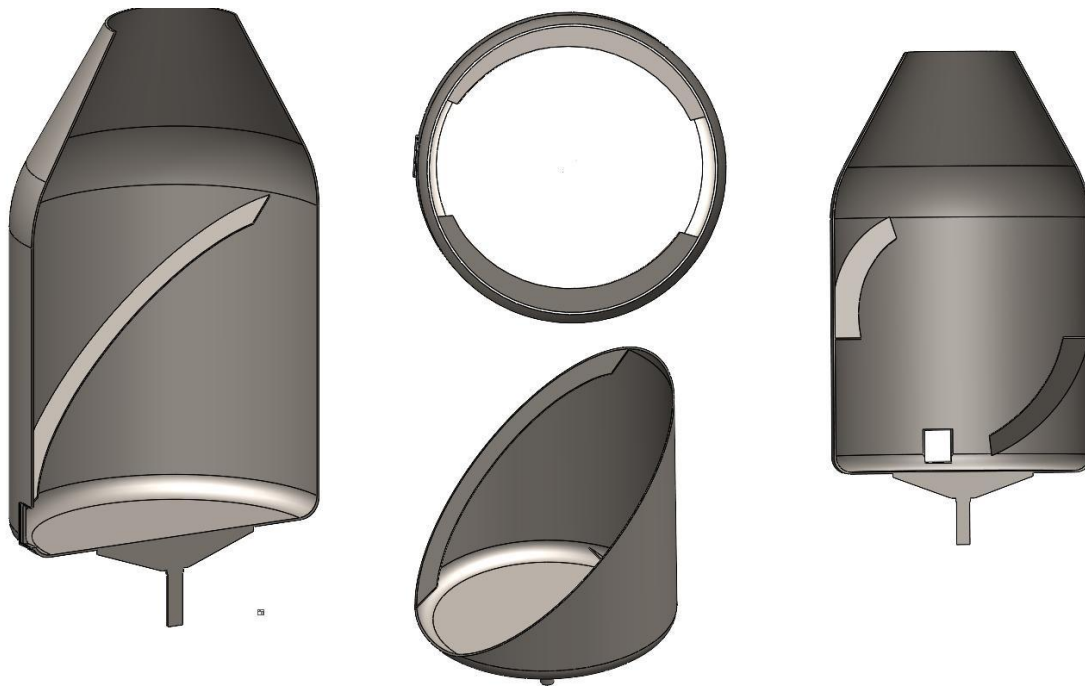
Tabla 12.

Parámetros de las paletas

Parámetro	Valor estimado
Longitud	1.41 m
Ancho	0.145 m
Espesor	6 mm
Número de paletas	2
Forma	Helicoidal
Posicionamiento	Contrapuestas

Figura 3.

Imágenes de las paletas



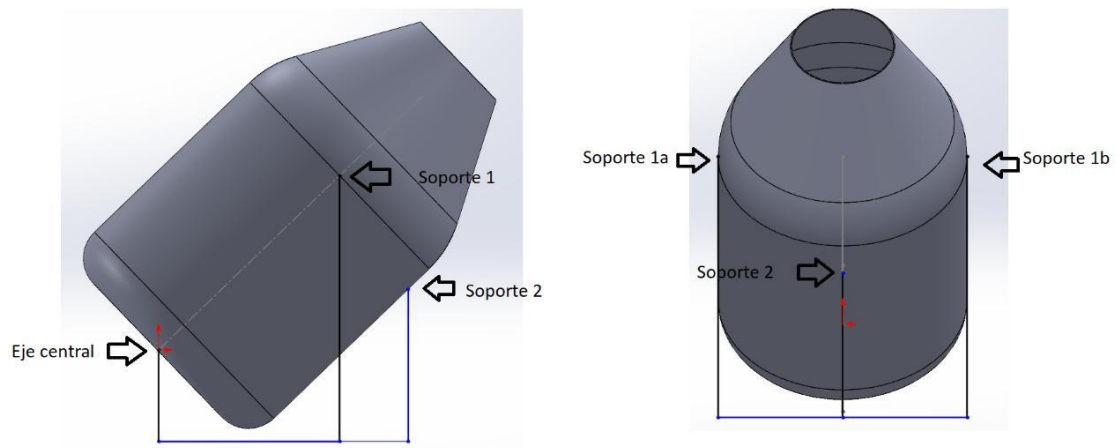
3.2.3. Diseño del soporte

El bastidor estructural que soportará el tambor de la mezcladora se ha planteado inicialmente considerando una configuración inclinada fija, orientada hacia la zona de descarga, lo que permite el vaciado por gravedad mediante una compuerta ubicada en la parte inferior del tambor. Como punto de partida para el diseño, se definió una primera

propuesta de posicionamiento tomando como referencia los puntos de contacto estructural mostrados en la Figura 4.

Figura 4.

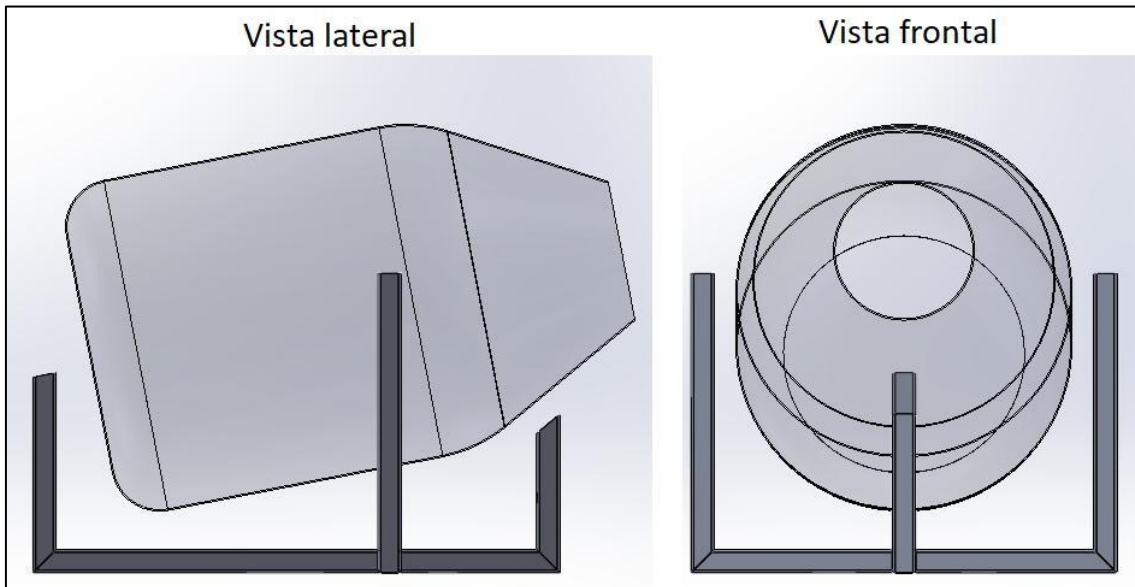
Configuración inicial del tambor en posición inclinada con puntos de apoyo estructural para su integración al bastidor.



En esta configuración, el eje de rotación atraviesa el cuerpo del tambor y se apoya sobre el bastidor en dos puntos laterales, mientras que un tercer punto actúa como soporte auxiliar posterior. Para asegurar la rigidez del sistema, se contempla el uso de cartelas estructurales en la zona del eje. Según Wallevik & Wallevik (2017), en mezcladoras tipo camión se emplea una inclinación operativa de 11° respecto a la horizontal para facilitar el desplazamiento del concreto hacia la zona de descarga. La figura 5 muestra el modelado de la estructura propuesta que soportará el tambor bajo estas condiciones geométricas y de operación.

Figura 5.

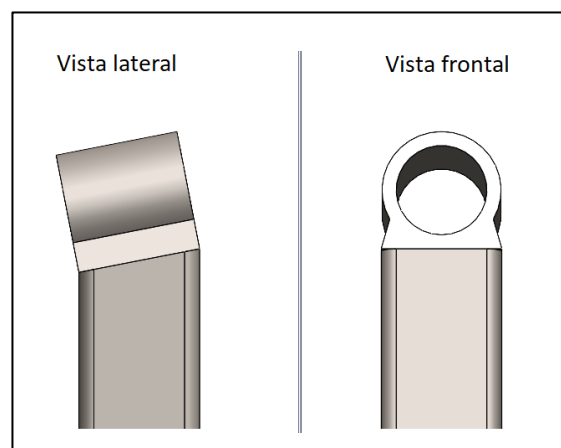
Estructura propuesta del bastidor de soporte para el tambor en posición inclinada fija



Para el soporte del eje se ha optado por el uso de una bocina cilíndrica de acero, en lugar de rodamientos, debido a que el sistema operará a bajas revoluciones y bajo cargas elevadas de giro lento y continuo. Esta solución permite una fijación directa a la estructura mediante soldadura, reduciendo la complejidad de montaje y facilitando el mantenimiento en entornos con presencia constante de polvo y partículas abrasivas. La bocina será fabricada en acero al carbono, con un espesor mínimo de 12 mm, lo cual asegura una adecuada superficie de contacto para resistir esfuerzos radiales, en la figura 6 se muestra la propuesta.

Figura 6.

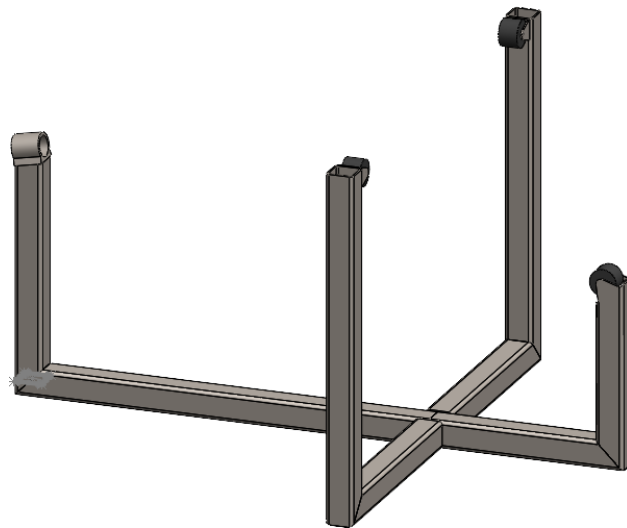
Vista lateral y frontal del soporte estructural con bocina de acero soldada al bastidor



Adicionalmente al soporte principal con bocina de acero, se incorporarán tres rodillos de apoyo en la zona posterior del tambor con el fin de estabilizar el giro y evitar desplazamientos laterales. De estos, los dos rodillos ubicados a los costados funcionarán como guías pasivas, acompañando el movimiento rotacional sin interferir directamente con la carga. En cambio, el rodillo central inferior sí cumplirá una función estructural, ya que estará en contacto con la parte baja del tambor y soportará parte del peso del conjunto durante la rotación. Para minimizar el desgaste, la fricción y resistir la abrasión típica de una ladrillera, se emplearán rodillos fabricados en polímero de alta densidad, como polietileno UHMW o nylon industrial. Estos materiales presentan alta resistencia al impacto, bajo coeficiente de fricción y buena durabilidad frente al polvo y partículas abrasivas, asegurando así un funcionamiento estable, silencioso y de bajo mantenimiento, en la figura 7 se muestra los rodillos presentados en la estructura.

Figura 7.

Estructura del bastidor con integración de rodillos de apoyo lateral y rodillo central de carga

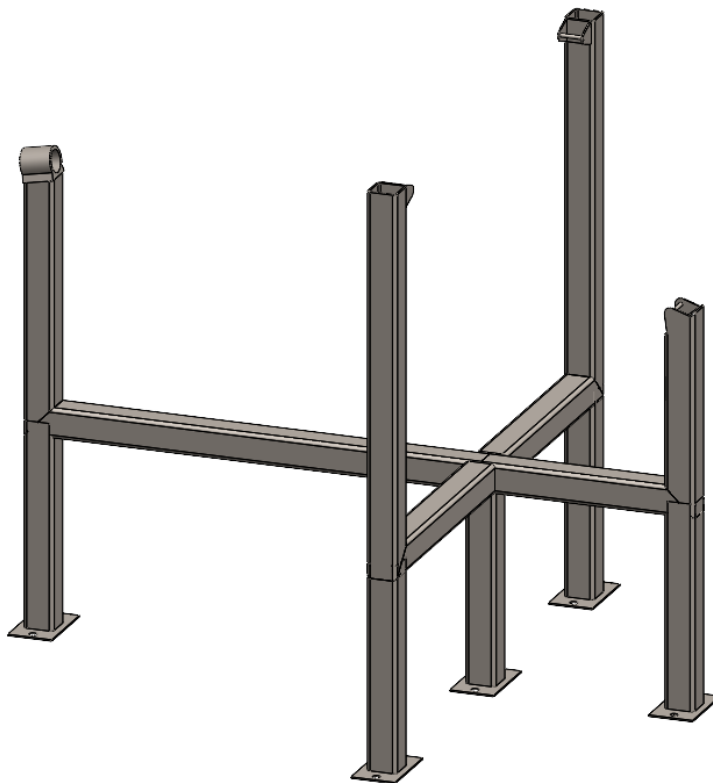


El bastidor estructural será anclado firmemente al suelo mediante pernos de expansión y placas base soldadas, con el fin de resistir las vibraciones generadas durante la rotación del tambor y garantizar la estabilidad del conjunto en condiciones de trabajo continuo. Asimismo, se ha considerado que el tambor esté ubicado a una altura superior a la de una carretilla convencional, cuya medida promedio se encuentra entre 550 mm y

650 mm desde el nivel del suelo. Por tal motivo, la compuerta de descarga se dispondrá a una altura mínima de 700 mm, lo que permite que el vaciado del concreto celular se realice por gravedad de forma fluida y sin necesidad de elevación adicional. Esta configuración asegura una operación segura, eficiente y compatible con el flujo de trabajo típico en ladrilleras.

Figura 8.

Vista del bastidor completo con patas de soporte y sistema de anclaje al suelo



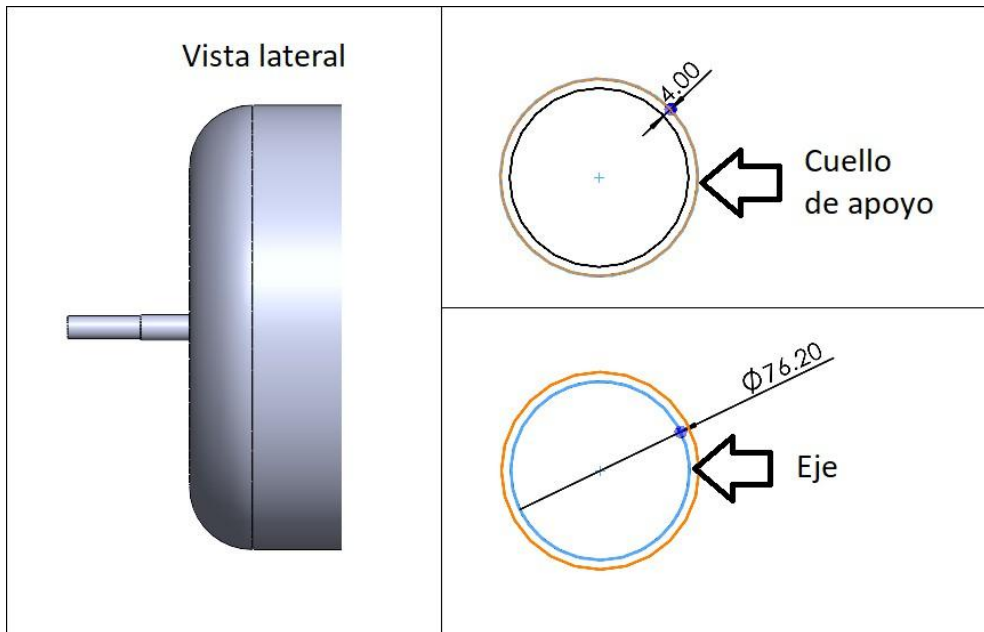
3.2.4. Eje

El eje principal de la mezcladora ha sido diseñado con un diámetro de 3 pulgadas (76.2 mm), tomando en cuenta la carga transmitida por el tambor y las condiciones de trabajo a baja velocidad (12–15 rpm). Esta sección transversal permite resistir adecuadamente los esfuerzos de torsión y flexión generados durante el mezclado del concreto celular, asegurando una transmisión estable del par motriz. Adicionalmente, en el extremo del eje se ha mecanizado un cuello de apoyo de 4 mm de longitud, con un diámetro ligeramente superior al nominal, que permite el asentamiento del tambor directamente sobre la bocina y actúa como tope axial, evitando desplazamientos durante

el giro. Este detalle garantiza el posicionamiento preciso y seguro del tambor, mejorando la estabilidad del conjunto sin necesidad de elementos de sujeción adicionales.

Figura 9.

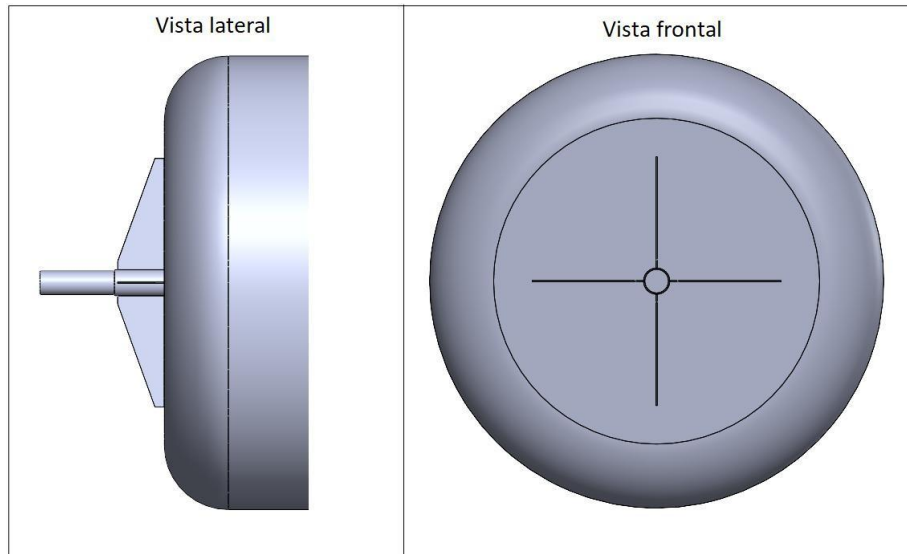
Detalle del cuello de apoyo del eje



Para reforzar la unión entre el eje y la base del tambor, se han incorporado cuatro cartelas radiales soldadas dispuestas en forma de cruz, como se muestra en la Figura 16. Estas cartelas permiten distribuir de manera uniforme los esfuerzos de torsión generados durante la rotación, evitando concentraciones de carga en la zona de acople. Además, aumentan la rigidez de la base del tambor, contrarrestando posibles deformaciones por flexión o vibración. Su disposición simétrica garantiza una transmisión equilibrada del par motriz, asegurando un funcionamiento estable del conjunto rotativo incluso bajo carga.

Figura 10.

Vista lateral y frontal del acople del eje al tambor con cartelas de refuerzo radial



3.2.5. Selección del motor y motorreductor

Primero se determina la velocidad de rotación del tambor, ya que este parámetro es fundamental para el diseño del sistema motriz y la selección del mecanismo de transmisión. En este caso, se ha establecido una velocidad constante de 15 revoluciones por minuto (rpm), valor que se encuentra dentro del rango recomendado por la norma ASTM C94, la cual indica que el concreto debe mezclarse entre 70 y 100 revoluciones por ciclo. Este valor garantiza un número adecuado de revoluciones durante el tiempo de mezcla previsto, asegurando la homogeneidad del concreto celular sin comprometer su calidad. Asimismo, se ha definido que el tambor será alimentado mientras se encuentra en movimiento, lo que permite evitar el arranque con carga plena, reduciendo significativamente el torque inicial requerido. Esta estrategia favorece el uso de un motor de menor potencia y mejora la distribución inicial de los materiales, contribuyendo a una mezcla progresiva, eficiente y continua durante todo el ciclo.

Para calcular el torque que deberá vencer el sistema motriz, es necesario estimar la carga total transmitida al eje del tambor durante la operación. Esta carga resulta de la suma del peso del tambor metálico y del concreto celular contenido en su interior. El volumen útil de mezcla ha sido previamente definido en el diseño como 2.86 m³. La densidad del concreto celular se ha tomado como un valor promedio de 700 kg/m³, dentro del rango comúnmente utilizado en la literatura técnica (600–800 kg/m³). El peso de la

mezcla se obtiene multiplicando ambos valores. Por su parte, el peso del tambor se estima con base en su geometría externa y el espesor de 6 mm definido en el diseño, considerando que está construido en acero estructural. La Tabla 13 presenta un resumen de los valores considerados para esta estimación, los cuales serán utilizados en el cálculo del torque en el siguiente paso.

Tabla 13.

Carga total sobre el eje para la rotación del tambor

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen útil del tambor	2.86	m ³
Densidad del concreto celular	700	kg/m ³
Peso de la mezcla	2002	kg
Peso estimado del tambor vacío	800	kg
Carga total sobre el eje	2802	kg

Nota. el peso estimado del tambor se determinó del diseño hecho en SolidWorks

Para determinar el torque que debe vencer el sistema motriz, primero se calcula la fuerza tangencial efectiva que actúa sobre el perímetro del tambor. Esta fuerza representa la resistencia al giro generada por el peso del tambor con mezcla, combinada con la fricción que se produce en los apoyos, la bocina y la mezcla interna. Para este análisis, se utiliza un coeficiente de fricción equivalente que agrupa todos estos factores. Este valor, aplicado sobre el peso total del sistema, permite estimar una fuerza lineal que actúa sobre el borde del tambor y que será utilizada en la ecuación 6.

$$F = Wgf_r \quad 6$$

Donde:

F : Fuerza tangencial efectiva (N)

W : Masa total (kg)

G : Aceleración gravitacional (9.81 m/s²)

f_r : Coeficiente de fricción equivalente (–)

Para aplicar la fórmula, se considera una masa total de 2802 kg correspondiente a la suma del peso del tambor y de la mezcla, determinada previamente. El valor de la aceleración gravitacional se adopta como 9.81 m/s², mientras que el coeficiente de

fricción equivalente se estima en 0.20, tomando en cuenta el efecto combinado de la fricción en la bocina, el comportamiento de la mezcla y la inclinación fija del tambor. Al multiplicar estos tres valores, se obtiene la fuerza tangencial efectiva, que representa el esfuerzo lineal que el sistema de transmisión debe vencer de manera constante para mantener el tambor girando.

Tabla 14.

Fuerza tangencial

Parámetro	Valor	Unidad
Carga total sobre el eje	2802	kg
Aceleración gravitacional	9.81	m/s ²
Coefficiente de fricción (frf_r)	0.2	–
Fuerza tangencial efectiva (F)	5495.1	N

Una vez determinada la fuerza tangencial que actúa en el perímetro del tambor, se procede a calcular el torque necesario que debe generar el sistema motriz. El torque es el producto de dicha fuerza por el radio efectivo del tambor, es decir, la distancia entre el eje de giro y el punto donde se aplica la fuerza. Este valor representa el esfuerzo rotacional que debe transmitirse al eje para mantener el movimiento del tambor bajo carga. El resultado obtenido será fundamental para seleccionar tanto el motor como el sistema de transmisión, ya que constituye el requisito mínimo de esfuerzo en condiciones normales de operación, este torque se calcula con la ecuación 7.

$$T = Fr \quad 7$$

Donde:

T: Torque requerido (N·m)

F: Fuerza tangencial efectiva (N)

r: Radio efectivo del tambor (m)

El cálculo del torque se realiza multiplicando la fuerza tangencial efectiva previamente obtenida (5495.1 N) por el radio efectivo del tambor, el cual ha sido definido en el diseño geométrico como 0.724 m. Este valor corresponde a la distancia desde el eje hasta el borde del tambor donde se genera la resistencia al giro. El producto de estos dos parámetros permite obtener el torque que debe transmitir el sistema motriz al eje para

garantizar una rotación constante del tambor durante el mezclado. En la tabla 15 se presenta el resultado del torque obtenido.

Tabla 15.

Torque requerido

Parámetro	Valor	Unidad
Fuerza tangencial efectiva	5495.1	N
Radio efectivo del tambor	0.724	m
Torque requerido (T)	3978.45	N·m

Una vez determinado el torque necesario para vencer la resistencia al giro del tambor, se calcula la potencia que deberá entregar el motor. Esta potencia depende tanto del torque como de la velocidad de giro del eje, y se calcula aplicando la fórmula de potencia rotacional que se muestra en la ecuación 8. El valor resultante representa la potencia útil o efectiva necesaria para mantener el tambor en funcionamiento continuo. Sin embargo, al tratarse de un entorno con presencia de polvo, carga variable y uso intermitente, es necesario aplicar un factor de servicio que garantice la confiabilidad del sistema motriz a lo largo del tiempo.

$$P = \frac{2\pi NT}{60} \quad 8$$

Donde:

P: Potencia útil (W)

T: Torque (N·m)

N: Velocidad angular del tambor (rpm)

Para calcular la potencia útil necesaria en el sistema motriz, se utiliza la expresión de potencia rotacional en función del torque y la velocidad de giro del tambor. Se considera un torque de 3978.45 N·m (determinado en el paso anterior) y una velocidad angular constante de 15 rpm, valor previamente definido en el diseño. Esta potencia calculada determina la potencia en el eje el resultado se muestra en la tabla 16.

Tabla 16.*Potencia en el eje del tambor*

Parámetro	Valor	Unidad
Torque requerido (T)	3978.45	N·m
Velocidad del tambor (N)	15	rpm
Potencia útil (P)	6249.34	W

Para adaptar el valor de potencia útil a las condiciones reales de operación, se aplica un factor de servicio que considera el entorno de trabajo de la mezcladora. Según el manual técnico de motores WEG (2024), se recomienda un factor de servicio de 1.4 para aplicaciones que involucran polvo, vibración, ciclos de arranque frecuentes y cargas intermitentes, como es el caso de equipos en ambientes industriales de construcción. Este coeficiente garantiza un margen de seguridad que prolonga la vida útil del motor y evita sobrecargas. La potencia corregida se obtiene multiplicando la potencia útil por dicho factor, valor que se usará en la selección del motor como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17.*Potencia corregida por factor de servicio*

Parámetro	Valor	Unidad
Factor de servicio	1.4	–
Potencia útil (P)	6249.34	W
Potencia corregida	8749.076	W

En sistemas donde la potencia se transmite mediante fajas y poleas, es necesario considerar las pérdidas mecánicas que se generan por deslizamiento, flexión y fricción. Según estándares de eficiencia para reductores helicoidales como los de ejes paralelos tipo FD de Siemens, el rendimiento mecánico promedio se sitúa entre 96 % y 97 %, debido a su diseño con engranajes de alta eficiencia y mínimo deslizamiento. En este diseño se adopta un valor de eficiencia del 96 % para estimar la potencia real que el motor debe suministrar, asegurando que la energía transmitida al eje del tambor sea suficiente sin sobredimensionar el sistema. Esta corrección permite seleccionar un motor adecuado que compense las pérdidas internas del reductor sin exceder innecesariamente la potencia instalada. En la tabla 18 se muestra la potencia requerida considerando esta eficiencia.

Tabla 18.

Potencia requerida por el motor

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia corregida	8749.076	W
Eficiencia del sistema de transmisión	96	%
Potencia final requerida	9113.62	W

En la Figura 8 se presenta una fracción del catálogo técnico de los motorreductores de ejes paralelos Siemens, del cual se seleccionó el modelo FD.168B-LA132ZMP4 con motor de 11 kW y velocidad de salida de 15.2 rpm, en conformidad con los requerimientos de diseño. Este motorreductor entrega un par de 6923 Nm, lo que supera el valor requerido para el movimiento del tambor de mezcla, garantizando un margen de seguridad adecuado. Además, su índice de reducción ($i = 113.86$) y su factor de servicio ($f_s = 2.0$) permiten un funcionamiento eficiente y confiable en condiciones de carga variable. Su configuración con eje hueco facilita un acoplamiento directo al eje del tambor, eliminando la necesidad de sistemas de transmisión adicionales.

Figura 11.

Fracción del catálogo Siemens de motorreductores

Motorreductor de ejes paralelos

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción i_{tot}	Referencia	Código (n.º polos)	Peso ⁽¹⁾ kg
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹						
9,2 (50 Hz)	FD.188B-LA132ZMP4							
11,0 (60 Hz)	6,2	7,4	14 284	1,4	234,93	2KJ1410 - HT13 - M1		684
	6,9	8,3	12 823	1,6	210,89 ★	2KJ1410 - HT13 - L1		684
	7,5	9,0	11 769	1,7	193,56	2KJ1410 - HT13 - K1		684
	8,7	10,4	10 156	2,0	167,03	2KJ1410 - HT13 - J1		684
	FD.168B-LA132ZMP4							
	5,0	6,0	17 588	0,80	289,26	2KJ1408 - HT13 - S1		503
	5,3	6,4	16 723	0,84	275,03 ★	2KJ1408 - HT13 - R1		503
	5,6	6,7	15 629	0,9	257,04	2KJ1408 - HT13 - Q1		503
	6,4	7,7	13 786	1,0	226,74 ★	2KJ1408 - HT13 - P1		503
	6,8	8,2	13 004	1,1	213,87	2KJ1408 - HT13 - N1		503
	7,5	9,0	11 652	1,2	191,63 ★	2KJ1408 - HT13 - M1		503
	8,2	9,8	10 758	1,3	176,94	2KJ1408 - HT13 - L1		503
	9,6	11,5	9 192	1,5	151,18	2KJ1408 - HT13 - K1		503
	10,6	12,7	8 307	1,7	136,63 ★	2KJ1408 - HT13 - J1		503
	11,0	13,2	8 004	1,7	131,64	2KJ1408 - HT13 - H1		503
	12,7	15,2	6 923	2,0	113,86	2KJ1408 - HT13 - G1		503

El motor eléctrico de 9.2 kW y el motorreductor FD.168B-LA132ZMP4 seleccionados para el accionamiento del tambor se detallan en la Tabla 19. Ambos

componentes han sido elegidos por su compatibilidad técnica, alto rendimiento y capacidad de transmisión de torque, garantizando un funcionamiento eficiente y continuo del sistema de mezcla de concreto.

Tabla 19.

Motor y motorreductor seleccionados

Componente	Parámetro	Valor	Unidad
Motor eléctrico	Potencia nominal	9.2	kW
	Tensión de alimentación	220 / 380	V (trifásico)
	Frecuencia nominal	60	Hz
	Tipo de motor	LA132ZMP4	—
	Número de polos	4	—
	Velocidad nominal	1760	rpm
	Forma constructiva	B3 (con patas)	—
	Refrigeración	IC411	—
	Protección	IP55	—
	Modelo	FD.168B- LA132ZMP4	—
	Corriente nominal	31.6	A
	Rendimiento máximo	91	%
	Factor de potencia	0.84	—
	Nivel de ruido	58	dB(A)
	Peso	75	kg
Motorreductor	Modelo	FD.168B- LA132ZMP4	—
	Velocidad de salida	15.2	rpm
	Par de salida	6923	Nm
	Índice de reducción total	113.86	—
	Factor de servicio (fs)	2	—
	Tipo de salida	Eje hueco con chavetero	—
	Peso total aproximado	503	kg

3.2.6. Dosificadores

Para determinar los dosificadores, se estableció la dosis por carga en el tambor en función del volumen útil de mezcla, equivalente a 2.86 m³ de concreto celular. A partir de la dosificación estándar por metro cúbico, se calcularon las cantidades totales de cada componente necesario para una carga completa: cemento, arena fina, agua y aditivo espumante. Estos valores permitirán dimensionar adecuadamente los cajones de almacenamiento y los mecanismos de alimentación automatizada, garantizando una

mezcla homogénea y consistente en cada ciclo de operación. La tabla 20 resume las cantidades requeridas por material según este volumen.

Tabla 20.

Dosificación total de materiales para una mezcla de 2.86 m³ de concreto celular

Material	Cantidad por m ³	Cantidad total para 2.86 m ³	Unidad
Cemento	340	972.4	kg
Arena fina	110	314.6	kg
Agua	170	486.2	l
Aditivo espumante	1.1	3.15	l

Los dosificadores para los materiales secos, específicamente arena fina y cemento, se implementarán mediante cajones ajustados al volumen que ocupa cada material en una carga completa. Este volumen se ha calculado a partir de la masa requerida y la densidad aparente de cada material, permitiendo dimensionar los compartimientos de forma precisa y funcional. La densidad utilizada para el cemento fue de 1,200 kg/m³ y para la arena fina de 1,600 kg/m³. De este modo, se obtienen los volúmenes necesarios que deberán contener los cajones dosificadores, los cuales se detallan en la tabla 21, mostrada a continuación.

Tabla 21.

Volumen por dosis de arena y cemento

Material	Cantidad	Densidad	Volumen requerido	Unidad
Cemento	972.4 kg	1,200 kg/m ³	0.81	m ³
Arena fina	314.6 kg	1,600 kg/m ³	0.2	m ³

Con el objetivo de garantizar una dosificación precisa de los materiales sólidos durante cada ciclo de mezclado, se diseñaron cajones con dimensiones específicas para contener el volumen exacto requerido de cemento y arena fina. Las dimensiones de estos compartimientos fueron determinadas a partir del volumen que ocupa cada material por carga completa, calculado en función de su masa requerida y densidad aparente. La forma rectangular de los cajones facilita su fabricación, llenado y vaciado automatizado, asegurando uniformidad en cada lote de concreto celular. En la tabla 22 siguiente se presentan tanto los volúmenes como las dimensiones físicas propuestas (largo × ancho ×

alto) para cada uno de los dosificadores, cuyas capacidades se ajustan con precisión a las necesidades del proceso de producción.

Tabla 22.

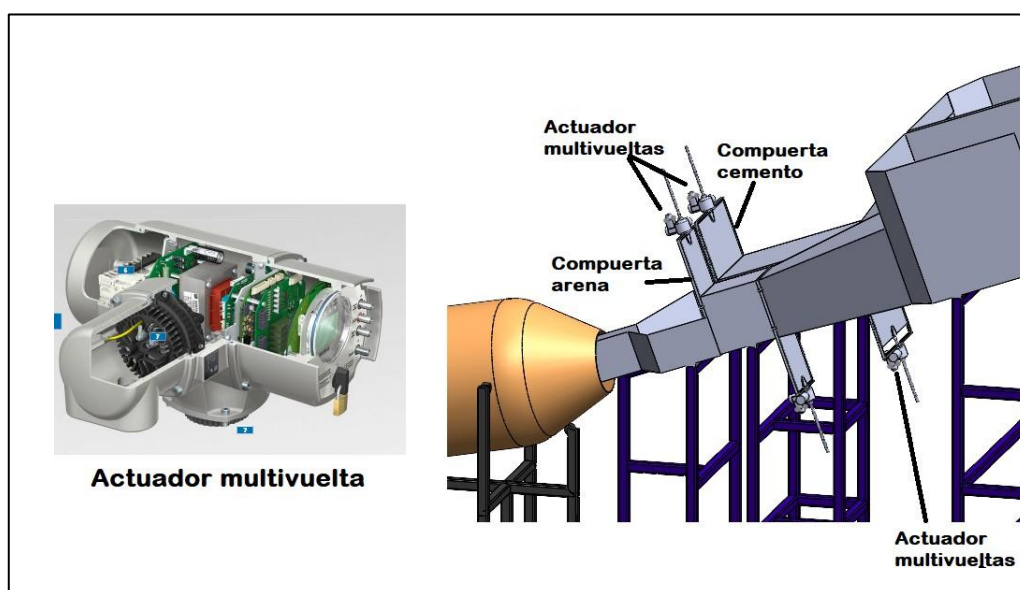
Dimensiones de los cajones dosificadores para arena y cemento

Material	Volumen (m ³)	Dimensiones (Largo × Ancho × Alto) [m]
Cemento	0.81	1.35 × 1.00 × 0.60
Arena fina	0.2	0.60 × 0.55 × 0.60

Para el vaciado controlado del contenido de los cajones dosificadores, se implementarán dos compuertas por cada caja, una de apertura inferior para descarga y otra superior para llenado, ambas accionadas mediante un sistema de husillo trapezoidal. El movimiento de estas compuertas será automatizado mediante actuadores eléctricos multivuelta, específicamente del tipo AUMA SA como se muestra en la figura 12. Estos actuadores permiten un control preciso del desplazamiento lineal del husillo, garantizando una apertura y cierre suave y fiable de las compuertas, incluso bajo carga. Además, su integración con un sistema de relé programable (Zelio Logic) permite utilizar temporizadores virtuales para el control de las compuertas.

Figura 12.

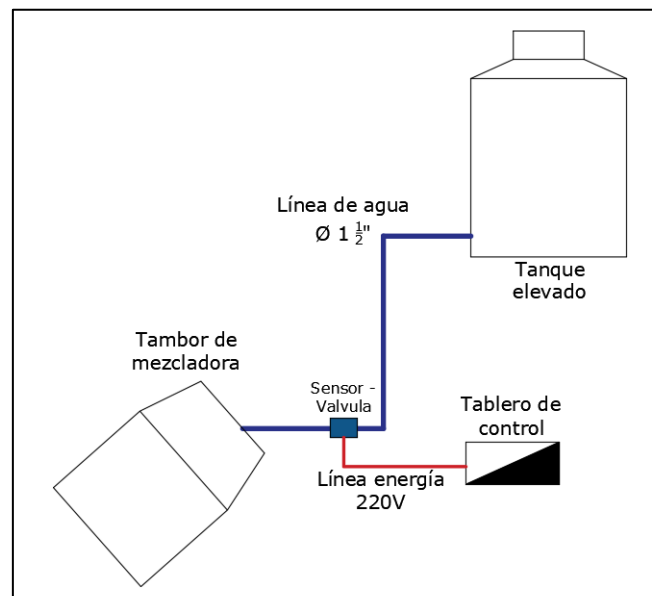
Actuadores multivuelta AUMA SA



Para garantizar una dosificación precisa y automatizada del agua en cada ciclo de mezclado, se ha desarrollado un sistema compuesto por una válvula solenoide de accionamiento eléctrico y un sensor de caudal tipo turbina, ambos operados mediante un controlador lógico programable. Este sistema permite suministrar con exactitud los 486.2 litros de agua requeridos por carga, asegurando la repetibilidad y eficiencia del proceso. La válvula es activada al inicio del ciclo y permanece abierta hasta que el volumen requerido ha sido medido por el sensor, el cual genera pulsos proporcionales al caudal. Una vez alcanzado el volumen objetivo, el controlador ordena el cierre automático de la válvula. Debido a que el sensor opera con señales de bajo voltaje (5 V), se requiere una tarjeta electrónica intermedia que actúe como interfaz de adaptación, elevando y aislando la señal para hacerla compatible con las entradas del sistema lógico de control. El detalle completo de los componentes, criterios técnicos de selección y funciones de la tarjeta adaptadora se presenta en el Anexo 06. Asimismo, en la Figura 13 se muestra el esquema general del sistema de control para la dosificación de agua.

Figura 13.

Esquema general de control para dosificación de agua



Para la generación del agente espumante necesario en la producción del concreto celular, se seleccionó el equipo MAI®FOG Compact de la empresa MAI International. Este generador permite producir espuma de manera continua y estable, combinando agua, aire comprimido y aditivo espumante, garantizando así una estructura uniforme en la mezcla. Su diseño compacto, la facilidad de operación y su compatibilidad con aditivos

comerciales lo convierten en una alternativa eficiente y confiable para integrarse en el proceso de fabricación. Además, su funcionamiento en línea evita tiempos muertos y asegura una dosificación uniforme en cada carga del tambor mezclador, en la figura 14 se muestra en la imagen del dosificador de espuma.

Figura 14.

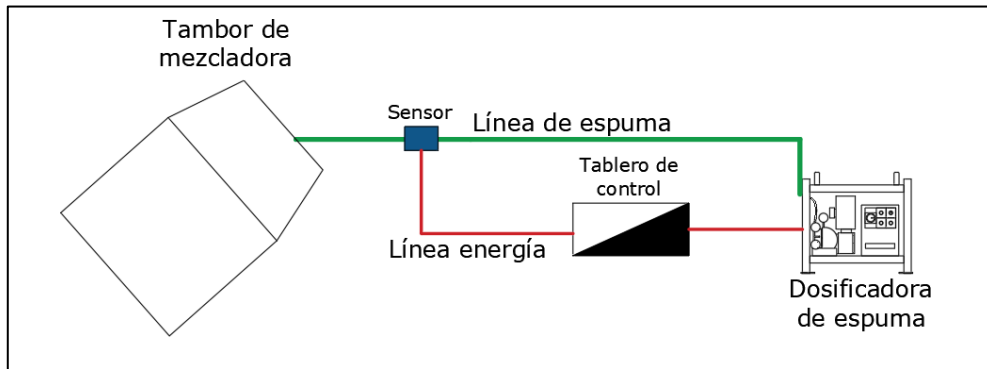
Dosificadora de espuma MAI®FOG



Para automatizar la dosificación de espuma en el proceso de elaboración del concreto celular, se ha diseñado un sistema de control que integra un generador de espuma, un sensor de caudal tipo turbina y un controlador lógico programable Zelio Logic. El generador será energizado mediante un contactor activado por el Zelio, mientras que el volumen de espuma entregado será monitoreado en tiempo real por un sensor VA-FlowStat instalado en la línea de salida. Este sensor proporciona una señal de pulsos proporcional al volumen de fluido que circula, la cual es interpretada por el Zelio mediante una entrada digital adaptada. Cuando el número de pulsos acumulados alcanza el valor correspondiente al volumen objetivo de espuma por carga, el Zelio interrumpe automáticamente el funcionamiento del generador, asegurando una dosificación precisa y repetible. Esta configuración permite compensar posibles variaciones de caudal y elimina la dependencia de controles manuales o temporizados, en la figura 15 se muestra un esquema del control de la espuma.

Figura 15.

Esquema de control de espuma



3.3. Simular los elementos de la máquina mezcladora mediante software de diseño y simulación para validar su desempeño estructural.

Para simular el comportamiento del sistema de mezcla, es esencial determinar el torque requerido para mover el concreto celular dentro del tambor. Este cálculo se realiza utilizando la relación entre la potencia del motor, el rpm de salida del reductor y el diámetro del eje de transmisión, dicho torque se calcula con la ecuación 9.

$$T = \frac{9550 P}{n} \quad 9$$

Donde

T : Torque (Nm)

P : Potencia (kW)

n : Velocidad de rotación del eje (rpm)

En la ecuación 9 se incluye el factor 9550, el cual es una constante que permite convertir la potencia en kilovatios y la velocidad en revoluciones por minuto (rpm) directamente a torque en Newton-metro (Nm), simplificando la expresión dimensional para aplicaciones mecánicas. En cuanto a la potencia del motor se tomó 9.2 kW, correspondiente al equipo seleccionado para accionar el sistema de mezcla, y una velocidad de rotación de 30 rpm, que es la velocidad de salida del reductor acoplado al tambor, el resultado se muestra en la tabla 23.

Tabla 23.

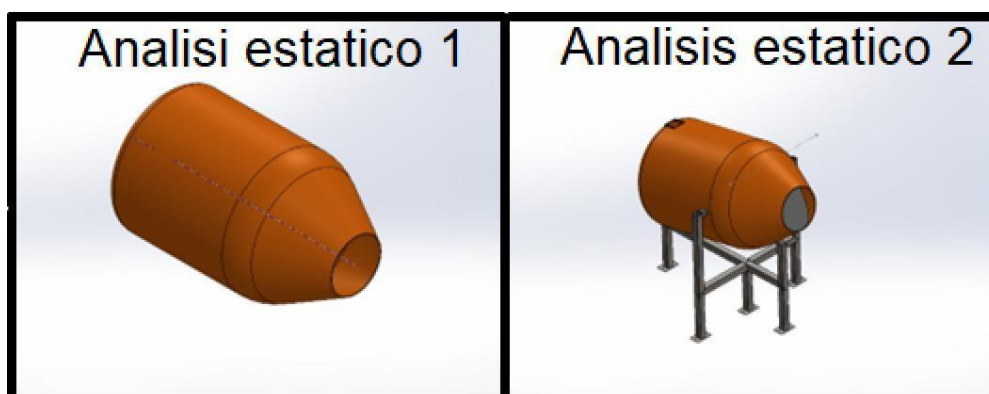
Cálculo del torque del motor

Concepto	Valor	Unidad
Potencia del motor	9.2	kW
Velocidad del eje	30	rpm
Torque calculado	2,928.70	Nm

Con el torque previamente calculado de 2,928.7 Nm, se procedió a realizar dos análisis mecánicos mediante simulaciones por elementos finitos con el objetivo de validar la resistencia estructural del tambor de mezcla. El primer análisis, denominado *Análisis estático 1*, evalúa el comportamiento del tambor cuando se le aplica únicamente el torque de operación, sin considerar carga interna de concreto. El segundo análisis, denominado *Análisis estático 2*, incorpora tanto el torque de operación como la carga gravitacional correspondiente al peso del concreto celular contenido en el tambor durante una dosis completa de mezcla. Estos dos escenarios permiten comparar el desempeño estructural del tambor en condiciones parciales y de máxima exigencia.

Figura 16.

Ubicación de los análisis estáticos a tambor y conjunto tambor estructura

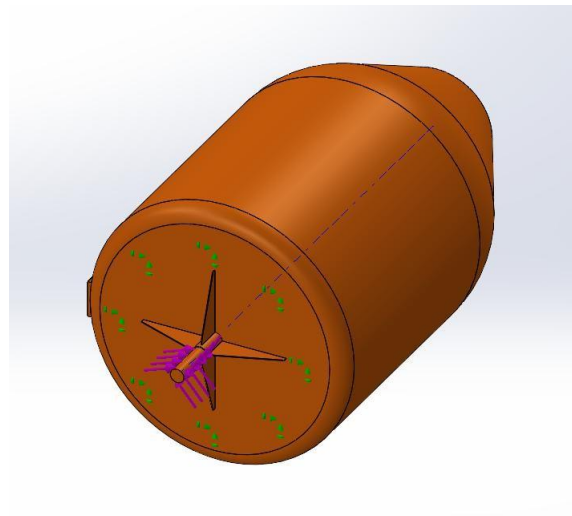


Para el desarrollo del Análisis Estático 1, se simuló la condición de funcionamiento del tambor sin carga interna de concreto, aplicando únicamente el torque de operación generado por el sistema motriz. En este estudio, el tambor se encuentra en vacío, y se busca evaluar cómo responde estructuralmente ante los esfuerzos torsionales transmitidos por el eje. Asimismo, se establecieron condiciones de sujeción fijas en los apoyos distribuidos alrededor del borde circular del disco posterior del tambor, indicados mediante flechas verdes. Estas condiciones de contorno simulan un escenario donde el

tambor se encuentra soportado por su estructura principal mientras gira impulsado por el sistema motriz. Esta configuración de carga y sujeciones se muestra en la Figura 17, y permite evaluar los desplazamientos, tensiones y deformaciones que se generan únicamente por el torque, aislando los efectos de la carga gravitacional del concreto que se considerarán en el análisis posterior.

Figura 17.

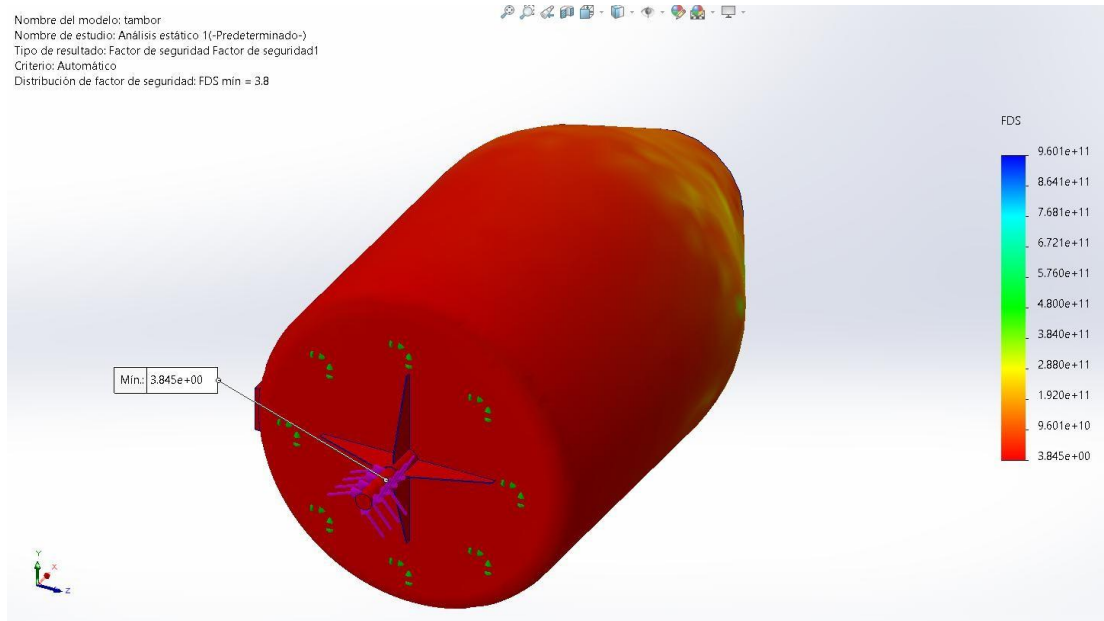
Aplicación de las sujeciones y carga en el tambor



En la Figura 18 se presenta el resultado obtenido del análisis estático 1, en el cual se evaluó el tambor en condición de vacío, sometido únicamente al momento torsor de 2,928.7 Nm aplicado en el eje. La simulación fue realizada mediante el módulo de análisis por elementos finitos de SolidWorks, considerando el material estructural como acero ASTM A36. En el modelo se muestran las condiciones de carga y sujeción ya descritas previamente, junto con la distribución del factor de seguridad (FDS) en todo el cuerpo del tambor.

Figura 18.

Factor de seguridad mínimo en el análisis estático 1

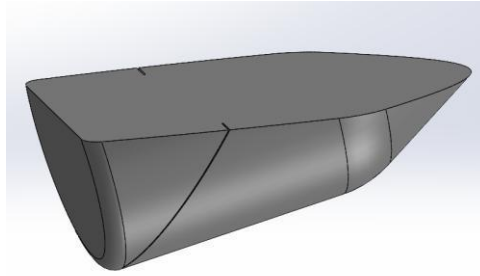


Como se aprecia en la figura, el factor de seguridad mínimo obtenido fue de 3.845, el cual se localiza en la zona del eje donde se aplica el torque. Este valor indica que la estructura del tambor tiene una resistencia muy superior a la exigida por esta condición de carga, ya que se encuentra por encima del umbral recomendado para aplicaciones industriales, que suele ser igual o mayor a 2. Esto garantiza un margen amplio frente a posibles concentraciones de esfuerzos o imperfecciones en el material, confirmando que el diseño es estructuralmente seguro para operar bajo el esfuerzo torsional previsto.

De manera análoga al procedimiento realizado en el Análisis Estático 1, se desarrolló el Análisis Estático 2, incorporando una condición de carga más exigente: el tambor lleno con concreto celular durante una dosis completa de mezcla. En este caso, además del torque aplicado sobre el eje, se evalúa la fuerza gravitacional generada por el volumen de concreto celular, equivalente a aproximadamente 25,232 N, distribuida de forma uniforme en la superficie interior del tambor. Para representar de manera precisa la condición de carga del tambor lleno, se modeló el volumen correspondiente al concreto celular en SolidWorks, considerando su distribución real en el interior del tambor durante una dosis completa. Esta geometría simula la carga gravitacional del concreto, permitiendo aplicar su peso como una fuerza distribuida sobre la superficie interna del tambor. En la Figura 19 se muestra el modelo tridimensional del volumen ocupado por el concreto en la simulación.

Figura 19.

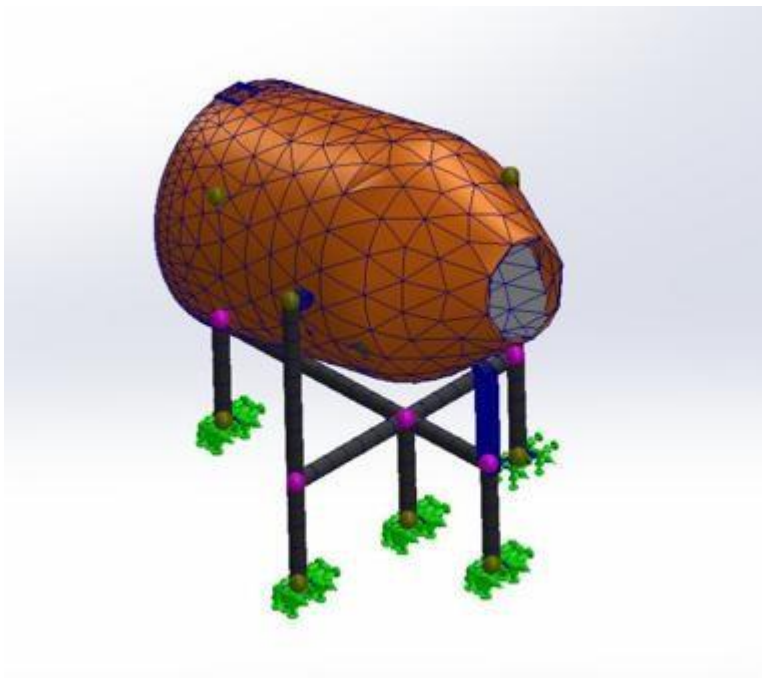
Concreto celular dentro del tambor



En la Figura 20 se presentan las condiciones de carga y sujeción empleadas para el Análisis Estático 2. La fuerza principal considerada es el torque de operación de 2,928.7 Nm, el cual, aunque no es visible en la imagen, ha sido aplicado directamente sobre el eje central del tambor, replicando las condiciones reales de funcionamiento del sistema motriz. Por otro lado, las condiciones de fijación fueron asignadas en los puntos de apoyo de la estructura metálica, específicamente en la base de los perfiles que sostienen el tambor. Esta configuración permite evaluar cómo interactúan el tambor y su soporte ante una condición de carga compuesta, considerando tanto el peso del concreto como el esfuerzo torsional durante el mezclado.

Figura 20.

Fuerzas y sujeciones en análisis estático 2

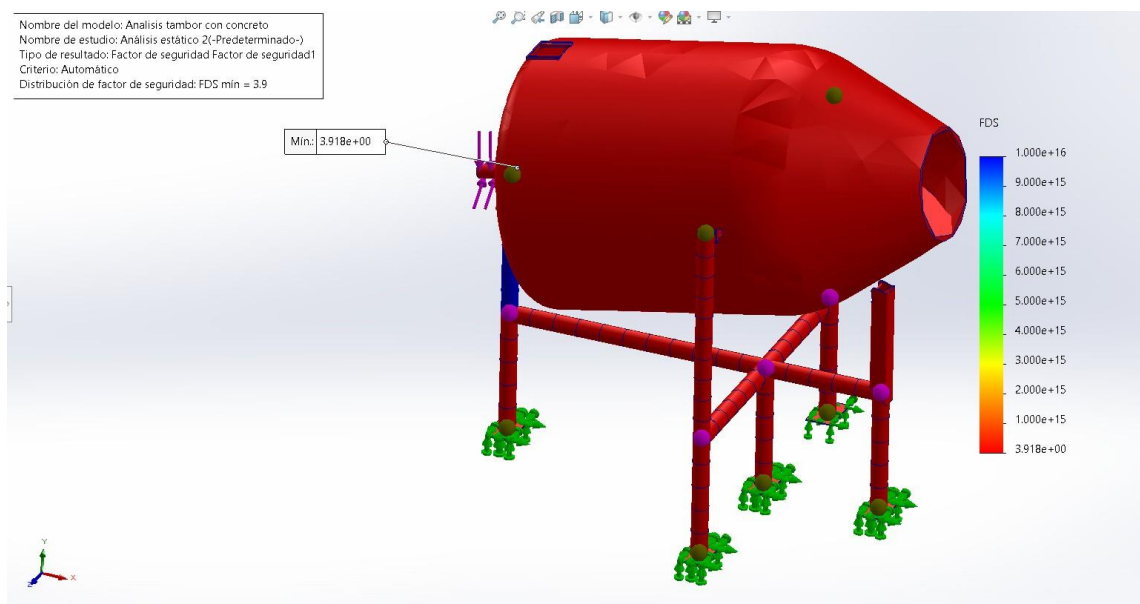


El resultado del Análisis Estático 2, mostrado en la Figura 21, evidencia que el diseño estructural del tambor y su soporte es adecuado frente a las cargas combinadas de

torsión y peso del concreto. El factor de seguridad mínimo obtenido fue de 3.918, valor que indica una amplia capacidad de resistencia del conjunto ante las solicitaciones mecánicas impuestas durante la operación. Este nivel de seguridad es aceptable según los criterios ingenieriles para maquinaria de tipo industrial, garantizando un margen suficiente frente a fallas estructurales y contribuyendo a la fiabilidad del sistema en condiciones reales de trabajo.

Figura 21.

Factor de seguridad para análisis estático 2



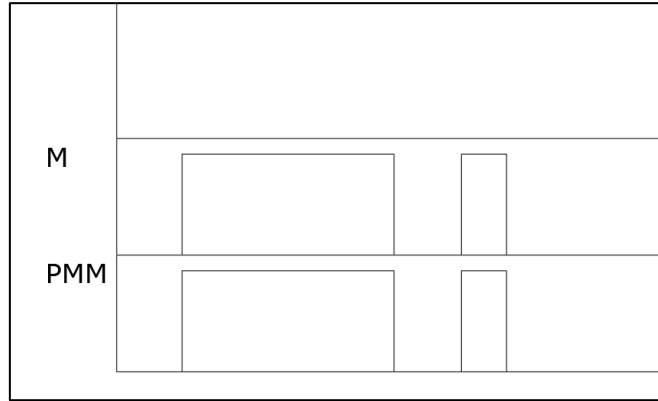
3.4. Diseñar la lógica de control del sistema, seleccionar la instrumentación requerida y verificar el ciclo automático de operación mediante diagramas GRAFCET y programación en lenguaje ladder.

Para el sistema de control del tambor mezclador se han contemplado dos configuraciones de funcionamiento: una modalidad manual y otra automática. La configuración manual permitirá al operador controlar directamente el movimiento del tambor mediante un botón pulsador, de modo que se pueda posicionar el tambor según sea necesario para tareas de inspección, mantenimiento o ajuste de mezcla. Esta opción otorga flexibilidad operativa ante situaciones que requieran control puntual del giro del tambor. Por otro lado, la configuración automática gestionará el movimiento del tambor de forma programada, permitiendo que este gire durante un tiempo previamente establecido, correspondiente al ciclo óptimo de mezcla. Esta modalidad busca garantizar homogeneidad en el concreto producido y estandarizar el proceso de mezcla reduciendo

la intervención humana. A continuación, en la Figura 22, se presenta el diagrama de movimiento correspondiente a la configuración manual.

Figura 22.

Diagrama de movimientos de configuración manual

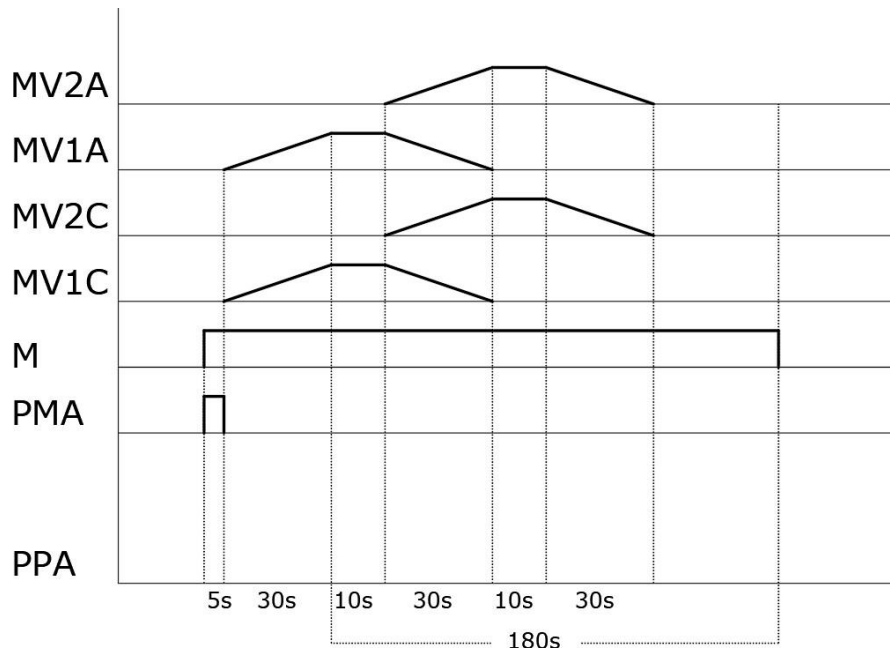


Nota. M: motor y PMM: pulsador de marcha manual

En la figura 23 se presenta el diagrama de movimientos del sistema manual, donde se observa que el motor (M) se activa únicamente mientras se mantiene presionado el pulsador de puesta en marcha (PMM). Esta configuración permite al operador tener control total sobre el giro del tambor, facilitando su posicionamiento según se requiera. Por otro lado, en la figura 23 se muestra el diagrama de movimientos correspondiente al sistema automático, el cual regula el funcionamiento del motor en base a un tiempo predeterminado durante el ciclo de mezcla.

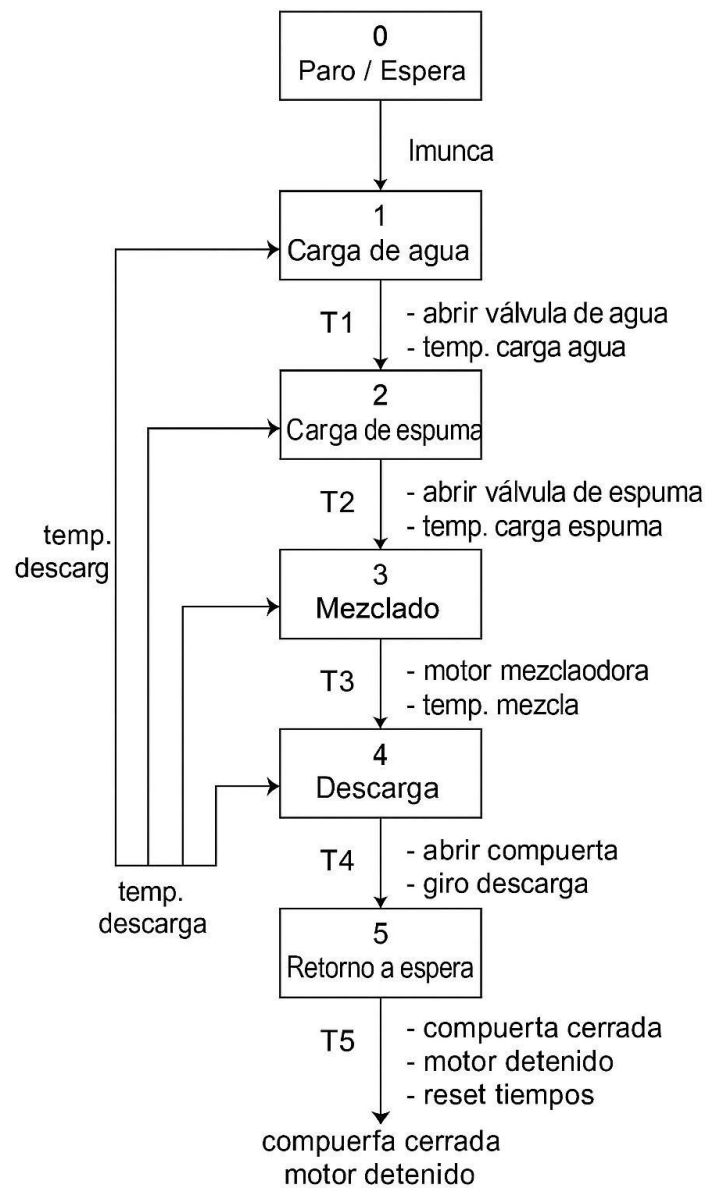
Figura 23.

Diagrama de movimientos de configuración automático



Nota. PPA: Pulsador de paro automático, PMA: Pulsador de marcha automática, M: Motor de rotación del tambor mezclador, MV1C: Multivuelta 1 de cierre, asociado al cierre de la compuerta de las cajas dosificadoras, MV2C: Multivuelta 2 de cierre, asociado al cierre de la compuerta de ingreso al tambor, MV1A: Multivuelta 1 de apertura, asociado a la apertura de la compuerta de las cajas dosificadoras, MV2A: Multivuelta 2 de apertura, asociado a la apertura de la compuerta de ingreso al tambor. En la figura 24 se muestra el GRAFCET correspondiente al ciclo automático de la mezcladora que resume los estados principales del proceso y las transiciones asociadas a la secuencia de dosificación, mezcla y descarga

Figura 24. GRAFCET del ciclo automático de la mezcladora



A partir del GRAFCET presentado, es necesario detallar las condiciones bajo las cuales el sistema avanza de una etapa a la siguiente. Estas transiciones representan la lógica de control que gobierna el ciclo automático, definiendo cuándo se completan las operaciones de carga, mezcla y descarga. En la Tabla 24 se resumen las transiciones entre etapas y las condiciones de disparo que permiten la progresión del proceso dentro del modo automático.

Tabla 24. *Transiciones entre etapas y sus condiciones de disparo*

Transición	Desde → Hacia	Condición de disparo
T0	Etapa 0 → Etapa 1	Modo automático activo \wedge no hay alarmas \wedge depósito disponible \wedge pulsador de inicio presionado
T1	Etapa 1 → Etapa 2	Tiempo de carga de agua cumplido \vee nivel de agua alcanzado
T2	Etapa 2 → Etapa 3	Tiempo de carga de espuma cumplido \vee volumen/caudal de espuma alcanzado
T3	Etapa 3 → Etapa 4	Tiempo de mezcla cumplido (temporizador de mezcla finalizado)
T4	Etapa 4 → Etapa 5	Tiempo de descarga cumplido \vee sensor de descarga completa activado
T5	Etapa 5 → Etapa 0	Compuerta cerrada \wedge motor detenido \wedge <u>condiciones de seguridad OK</u>

Además de la lógica secuencial definida en el GRAFCET, el sistema incorpora una serie de interbloques destinados a garantizar un funcionamiento seguro y evitar acciones no deseadas durante el ciclo automático. Estos interbloques actúan sobre condiciones críticas del proceso —como nivel, caudal, estado de compuertas o activación de emergencia— y bloquean la operación o generan alarmas cuando se detectan situaciones fuera de los parámetros establecidos. En la Tabla 25 se presentan las principales condiciones supervisadas y las acciones asociadas a cada interbloqueo.

Tabla 25. *Interbloques del sistema de control*

Condición supervisada	Acción / Interbloqueo
Compuerta de carga abierta	No se permite descarga ni giro del tambor
Caudal < setpoint por más de 10 s	Genera alarma y detiene el ciclo automático
Nivel de mezcla fuera de rango	Bloquea mezcla y descarga
Parada de emergencia (E-Stop)	Desenergiza actuadores y detiene el sistema
Guardas abiertas o sin <u>enclavamiento</u>	Inhibe actuadores por seguridad

La explicación del proceso es más complicado o complejo que en la configuración manual por lo que se expone en la tabla 26, según el intervalo de tiempo en el accionamiento de las compuertas por los multivuelta y el motor del tambor

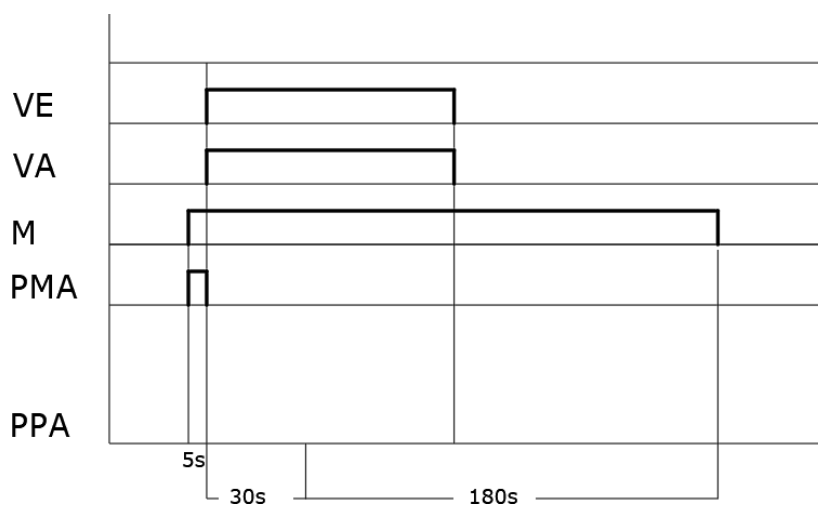
Tabla 26. *Secuencia de Automatización del Ciclo de Mezcla*

Tiempo	Evento	Descripción
0 s	PPA (Pulsador de marcha automático)	El operador activa el sistema automático.
0 – 5 s	PMA (Permiso de marcha automático)	Se habilita el sistema.
5 s	M (Motor)	Se enciende el motor del tambor.
5 – 35 s	MV1A y MV1C (Multivuelas de apertura compuerta 1)	Se abren las compuertas de ingreso de arena y cemento.
35 – 45 s	MV1A y MV1C se mantienen abiertas	Tiempo en el que las compuertas 1 permanecen totalmente abiertas.
45 – 75 s	MV1A y MV1C cierran / MV2A y MV2C abren	Comienza el cierre de compuertas 1 y la apertura de compuertas 2 (descarga al tambor).
75 – 85 s	MV2A y MV2C permanecen abiertas	Se completa el paso del material a la mezcladora.
85 – 115 s	MV2A y MV2C se cierran	Finaliza el llenado del tambor.
115 – 295 s	M (Motor continúa)	El tambor gira durante 180 s (3 minutos) para mezclar el concreto.
295 s	M (Motor se apaga)	Finaliza el proceso de mezcla.

En el caso del suministro de agua y espuma para la mezcla, el sistema automatizado emplea sensores de caudal conectados a las entradas analógicas del controlador lógico Zelio Soft, permitiendo una dosificación precisa en función del volumen real ingresado. Para cada ciclo de mezcla, se requiere el ingreso de 120 litros de agua y 0.22 m³ de espuma, volúmenes que son monitoreados en tiempo real. La lógica de control mantiene abiertas las electroválvulas correspondientes (VA para agua y VE para espuma) únicamente hasta que los caudalímetros indican que se ha alcanzado la cantidad establecida. Este enfoque evita errores derivados de una dosificación por tiempo fijo, garantizando la homogeneidad del concreto celular independientemente de posibles variaciones en presión o caudal.

Figura 25.

Diagrama de movimientos suministro de agua y espuma



Nota. PPA: Pulsador de paro automático, PMA es el pulsador de marcha automática, M representa el motor principal del tambor, VA corresponde a la válvula de apertura de agua y VE indica la válvula de apertura de espuma.

Para la implementación del sistema de automatización del ciclo de mezcla, se desarrolló un programa en el entorno Zelio Soft basado en lógica ladder, el cual permite gestionar de manera secuencial y automática las acciones de mezclado, apertura de compuertas y suministro de materiales. Para ello, se establecieron las entradas y salidas necesarias, clasificadas según su tipo (digital o analógica), lo que permitió una correcta selección del módulo de relé programable Zelio. A continuación, se presenta la tabla 25 con las entradas y salidas identificadas, junto con su tipo de señal y su función correspondiente dentro del sistema.

Tabla 27.

Entradas y salidas para selección del relé programable Zelio

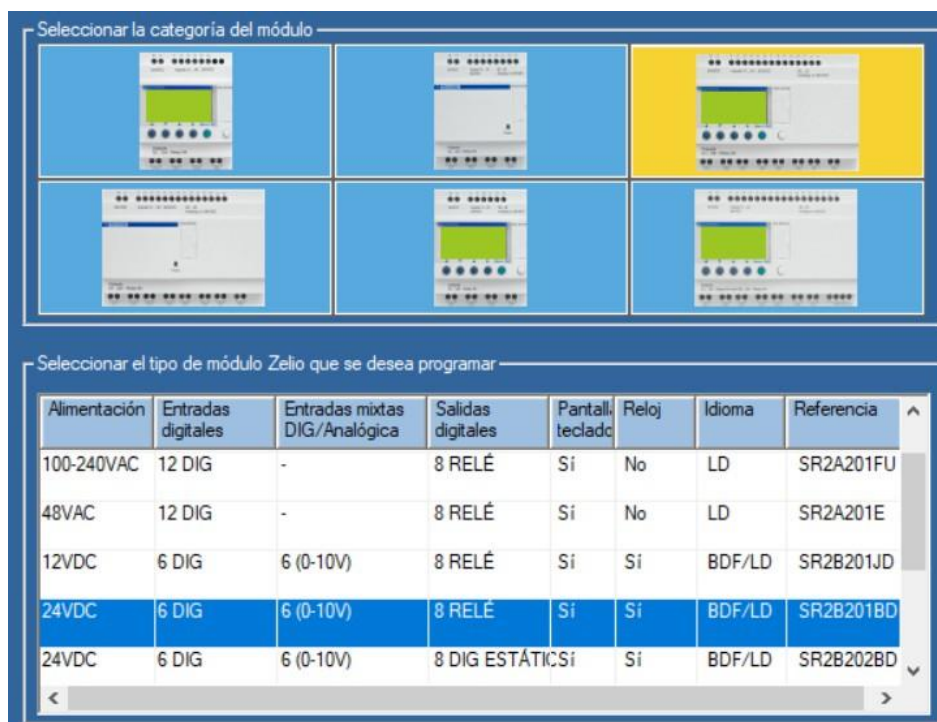
Código	Descripción	Tipo	Señal
PPA	Pulsador de paro automático	Entrada	Digital
PMM	Pulsador de marcha manual	Entrada	Digital
PMA	Pulsador de marcha automática	Entrada	Digital
M	Motor principal del tambor	Salida	Digital
MV1A	Actuador eléctrico de apertura de compuerta 1	Salida	Digital
MV1C	Actuador eléctrico de cierre de compuerta 1	Salida	Digital

MV2A	Actuador eléctrico de apertura de compuerta 2	Salida	Digital
MV2C	Actuador eléctrico de cierre de compuerta 2	Salida	Digital
VA	Válvula de apertura para suministro de agua	Salida	Digital
VE	Válvula de apertura para suministro de espuma	Salida	Digital
SCA	Sensor de caudal de agua (entrada analógica)	Entrada	Digital
SCE	Sensor de caudal de espuma (entrada analógica)	Entrada	Digital

Considerando los requerimientos del sistema automatizado de mezcla, el módulo Zelio a seleccionar debe contar con 5 entradas digitales para los pulsadores de paro y marcha además de la lectura de los sensores de caudal de agua y espuma. Además, debe disponer de al menos 8 salidas digitales para controlar el motor del tambor, las válvulas de agua y espuma, y los actuadores eléctricos de apertura y cierre de las compuertas de dosificación. Es fundamental que el modelo seleccionado permita la programación mediante lógica ladder y que sea compatible con señales de entrada de 24 VDC y alimentación de 220 VAC, garantizando así su integración con los componentes del sistema. En la siguiente figura 26 se muestra el modelo de Zelio seleccionado que cumple con estas condiciones.

Figura 26.

Zelio seleccionado

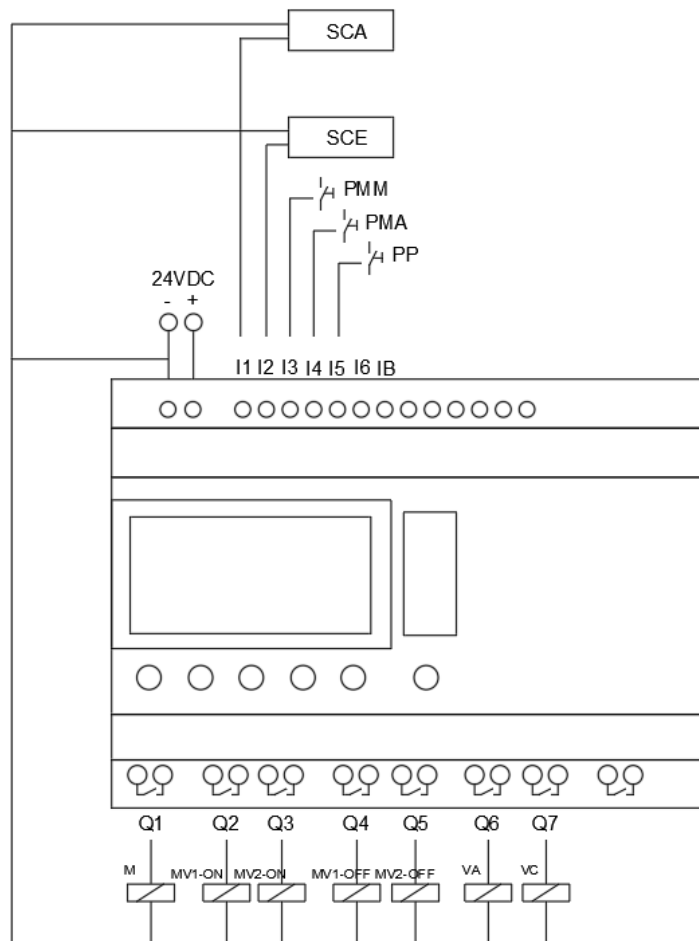


Nota. El Zelio seleccionado será el SR2B201BD que cumple con las condiciones requeridas por el sistema.

El programa desarrollado en lógica ladder para el control automatizado del ciclo de mezcla fue implementado utilizando el entorno de programación Zelio Soft. Este programa gestiona secuencialmente el encendido del motor del tambor, la activación de actuadores multivuelta para las compuertas de dosificación, así como la apertura de válvulas para el suministro de agua y espuma. La codificación completa del programa se presenta en el Anexo 05, donde se incluye el diagrama ladder detallado. Asimismo, se muestra el diagrama de conexionamiento del sistema de control al relé programable Zelio Logic, el cual permite visualizar la distribución de entradas y salidas, asegurando una integración correcta de todos los elementos eléctricos y electrónicos que conforman el sistema de automatización.

Figura 27.

Conexionamiento de entradas y salidas del Zelio Logic



Los elementos de control, tales como electroválvulas, cilindros neumáticos y actuadores eléctricos, presentan un tiempo muerto entre la emisión de la señal de control y la ejecución efectiva del movimiento. En la tabla siguiente se resumen los principales retardos considerados en el ciclo automático

Tabla 28.

Tiempos muertos de actuadores y retardos del sistema

Elemento	Descripción del retardo	Tiempo muerto [s]
Válvula 1	Retardo entre la orden de apertura y el flujo estable	0.1
Válvula 2	Retardo entre la orden de cierre y el bloqueo total	0.15
Actuador principal	Tiempo de respuesta mecánica del actuador	0.3
Retardos eléctricos/mecánicos de señal	Demoras asociadas al procesamiento y propagación de la señal	0.2
Total por ciclo	Suma de tiempos muertos considerados	0.75

También se consideró que durante la etapa de carga y preparación de la mezcla, se consideran tolerancias admisibles de $\pm 2-3$ % en la dosificación volumétrica y/o gravimétrica de los materiales. Este intervalo representa las variaciones normales debidas al flujo del material, vibración del equipo y precisión de los dosificadores. Dichos márgenes permiten mantener la uniformidad del concreto celular sin generar sobrecargas en la mezcladora ni afectar significativamente la calidad del producto y no modifican los parámetros ni el diseño establecido del sistema.

Además el sistema emplea temporizaciones TON (on-delay timer) y TOF (off-delay timer) para garantizar tiempos mínimos de operación en mezcla, purga y accionamiento de actuadores. También integra condiciones de seguridad como parada de emergencia, enclavamiento de guardas y supervisión de caudal y nivel, elevando el nivel de ingeniería del control sin modificar el diseño original.

IV. DISCUSIÓN

Objetivo 1: “Determinar los parámetros de diseño de la mezcladora semiautomatizada para la elaboración de concreto celular.”

Los resultados del Objetivo 1 demuestran que la determinación de parámetros de diseño se sustentó en datos reales de producción y criterios técnicos, permitiendo definir condiciones concretas para el dimensionamiento y operación de la mezcladora. En primer lugar, se partió del análisis de demanda, identificando un rango de pedidos entre 10 000 y 15 000 ladrillos, con un promedio de $\approx 12\,571$ ladrillos. Con el volumen unitario del ladrillo (0.010374 m^3) se tradujo la demanda a volumen de mezcla requerido. En función de esto, se definió una capacidad de trabajo que permite producir $\approx 2.86\text{ m}^3$ por ciclo y operar alrededor de 7 ciclos por hora, lo que estructura el diseño hacia una productividad estable.

Asimismo, el objetivo se consolida al establecer parámetros de mezclado basados en referencias técnicas: se toma como rango recomendado 12–18 rpm y 70–100 revoluciones según guías ASTM C94 y NRMCA, y se ajusta el proceso a un tiempo de mezclado de 3–4 minutos debido a las condiciones particulares del concreto celular y el uso de aditivos. Esto evidencia que los parámetros definidos no solo buscan cumplir con capacidad, sino también asegurar control del proceso, reduciendo variabilidad en la mezcla.

En discusión con los antecedentes, estos resultados coinciden con lo señalado por Luque (2019), quien resalta que el control del tiempo y la velocidad de mezclado es clave para lograr homogeneidad; en la tesis esto se refleja en la definición explícita de un rango de rpm (12–18) y un tiempo específico (3–4 min), lo que demuestra una orientación clara hacia la mezcla uniforme. Del mismo modo, existe una coincidencia parcial con Soultana & Galetakis (2020), quienes enfatizan que la homogeneidad de mezcla es determinante para alcanzar propiedades adecuadas en concreto celular; aunque su enfoque es experimental sobre el material, el planteamiento de parámetros operativos (rpm/tiempo) en esta tesis contribuye al mismo fin: mejorar estabilidad y desempeño del producto final.

En conclusión, el desarrollo del Objetivo 1 demuestra cuantitativamente que la definición de parámetros de diseño (demanda 10 000–15 000 ladrillos, promedio ≈ 12

571, volumen unitario 0.010374 m^3 , capacidad $\approx 2.86 \text{ m}^3/\text{ciclo}$, ≈ 7 ciclos/h, operación recomendada 12–18 rpm y tiempo 3–4 min) establece una base técnica sólida para el diseño de la mezcladora, y se alinea con antecedentes que sostienen que el concreto celular requiere un mezclado controlado para asegurar homogeneidad y calidad del producto.

Objetivo 2: “Diseñar la estructura mecánica de la mezcladora semiautomatizada considerando capacidad, productividad, resistencia y seguridad operativa.”

Los resultados del Objetivo 2 demuestran que el diseño mecánico se desarrolló de forma integral, porque se definieron y dimensionaron los elementos estructurales clave de la mezcladora (tambor, paletas, eje, bastidor y sistema de transmisión), asegurando que la máquina pueda operar con la capacidad requerida y con condiciones de funcionamiento seguras. En función de los parámetros definidos en el Objetivo 1, el diseño mecánico se orientó a una capacidad de trabajo aproximada de 2.86 m^3 por ciclo y una operación de ≈ 7 ciclos/h, lo que obligó a dimensionar componentes con resistencia suficiente para cargas dinámicas y esfuerzos de mezclado. Además, se incorporaron criterios de seguridad operativa, al considerar estabilidad estructural y selección adecuada de potencia para evitar sobreesfuerzos en el sistema.

Asimismo, el objetivo se consolida al diseñar el sistema de mezcla considerando componentes que garanticen homogeneidad: el tambor se configura para contener el volumen requerido y las paletas se plantean con geometría de mezcla eficiente, permitiendo que el material circule y se mezcle de manera continua dentro del recipiente. La selección del motor y el reductor se plantea como parte del diseño estructural-mecánico porque define el torque disponible y el régimen de operación, los cuales deben ser coherentes con la velocidad de mezcla recomendada (12–18 rpm) y con un tiempo de mezcla de 3–4 min previamente establecido para concreto celular.

En discusión con los antecedentes, los resultados de este objetivo coinciden con Luque (2019), quien resalta que para lograr uniformidad en el concreto es necesario controlar condiciones de mezcla, lo cual no solo depende del tiempo y rpm, sino también de la capacidad del sistema mecánico (tambor, paletas y transmisión) para mantener ese régimen sin pérdidas por fallas o desbalance. En ese sentido, el diseño mecánico propuesto refuerza el control del proceso al estructurar una máquina capaz de trabajar

dentro del rango operativo recomendado. Del mismo modo, existe una coincidencia parcial con Soultana & Galetakis (2020), porque, aunque su enfoque se centra en optimizar el material, sus hallazgos implican que para obtener propiedades adecuadas del concreto celular es imprescindible una mezcla homogénea; por ello, el diseño de una estructura mecánica robusta (tambor + sistema de paletas + transmisión) contribuye indirectamente a esa homogeneidad al asegurar un mezclado estable y repetible.

En conclusión, el Objetivo 2 demuestra que el diseño estructural y mecánico desarrollado proporciona una solución consistente con la capacidad y productividad exigidas, y fortalece la calidad del concreto celular al garantizar que el sistema pueda operar de forma estable y segura. Además, lo desarrollado se sustenta en antecedentes que resaltan que la homogeneidad del concreto celular depende no solo de parámetros operativos (rpm/tiempo), sino también de contar con un diseño mecánico capaz de sostener esas condiciones sin comprometer resistencia ni seguridad operativa.

Objetivo 3: “Diseñar la lógica de control del sistema, seleccionar la instrumentación requerida y verificar el ciclo automático de operación mediante diagramas GRAFCET y programación en lenguaje ladder.”

Los resultados del Objetivo 3 demuestran que la automatización del ciclo de mezcla fue diseñada y verificada de forma completa, porque se estructuró un sistema de control con dos modos de operación (manual y automático), se definió la secuencia mediante GRAFCET, se implementó el control con lógica ladder en Zelio Soft, y se seleccionó instrumentación para asegurar dosificación precisa y repetible. En el modo automático, el proceso se estandariza en etapas (carga, mezcla y descarga) y se controla mediante transiciones y condiciones de disparo que garantizan orden y seguridad del ciclo.

De manera cuantitativa, se definen tiempos y volúmenes clave del ciclo: el tambor opera en mezcla durante 180 s (3 minutos); para cada ciclo se controla el ingreso de 120 litros de agua y 0.22 m³ de espuma, los cuales se miden en tiempo real usando sensores de caudal tipo turbina, evitando depender de una dosificación por tiempo fijo. Además, se evidencia la selección técnica de instrumentación: se implementa válvula solenoide + caudalímetro para agua, y generador de espuma + sensor de caudal para espuma, ambos gobernados por el controlador lógico programable Zelio. Para asegurar compatibilidad

eléctrica, se incluye una interfaz que convierte la señal del sensor de 5 V a 24 V, permitiendo la lectura por el controlador.

Asimismo, el objetivo se refuerza mediante la selección del hardware de control: se identifican 5 entradas digitales y al menos 8 salidas digitales para controlar motor, válvulas y actuadores; y se selecciona el modelo Zelio SR2B201BD, compatible con 24 VDC en señales y 220 VAC de alimentación. La lógica ladder gestiona de manera secuencial el encendido del motor (M), el accionamiento de actuadores multivuelta (MV1A, MV1C, MV2A, MV2C) y la apertura/cierre de válvulas de agua (VA) y espuma (VE). Adicionalmente, se consideran retardos/tipos de respuesta del sistema, por ejemplo: 0.1 s (retardo de apertura), 0.15 s (cierre) y 0.3 s (respuesta del actuador principal), lo que evidencia una lógica diseñada con criterio de sincronización y funcionamiento realista.

En discusión con antecedentes, estos resultados coinciden con lo señalado por Ferreira et al. (2024), quienes indican que integrar monitoreo y diseño funcional en mezcladoras permite optimizar fases del ciclo y reducir tiempos muertos; en la tesis esto se evidencia al estructurar el proceso por etapas secuenciales controladas (carga–mezcla–descarga) y al automatizar la dosificación con sensores, lo que elimina dependencia de acciones manuales y mejora la repetibilidad del proceso. Del mismo modo, existe coincidencia con Reichenbach & Kromoser (2021), quienes resaltan que la incorporación de control funcional en mezcladoras estandariza la calidad de la mezcla y mejora las condiciones del operario; esto se refleja en la implementación de modo automático, interbloqueos y alarmas que reducen intervención humana directa y aumentan seguridad de operación.

Finalmente, los resultados también se alinean con el criterio de calidad señalado por Sultana & Galetakis (2020), quienes destacan la necesidad de control del proceso para sostener homogeneidad en concreto celular; aquí, la dosificación volumétrica basada en sensores (120 L de agua y 0.22 m³ de espuma por ciclo) y el tiempo de mezcla fijo de 180 s son mecanismos que respaldan la consistencia del material, independientemente de variaciones de caudal o presión.

En conclusión, el desarrollo del Objetivo 3 demuestra que la automatización propuesta permite un ciclo de operación controlado, repetible y seguro, sustentado en una secuencia validada con GRAFCET, una implementación en lógica ladder, y una instrumentación que mide y gobierna cantidades reales (120 L de agua, 0.22 m³ de

espuma, 180 s de mezclado) por cada ciclo. Esto confirma, en relación con los antecedentes seleccionados, que el uso de monitoreo e instrumentación (Ferreira et al., 2024) y de control funcional (Reichenbach & Kromoser, 2021) contribuye a reducir tiempos muertos, estandarizar la calidad y mejorar la seguridad operativa, lo cual es coherente con la necesidad de control del proceso para lograr concreto celular homogéneo (Soultana & Galetakis, 2020).

Objetivo 4: “Simular los elementos mediante software y análisis por elementos finitos (finite element analysis/análisis de elementos finitos) para validar el desempeño estructural de la mezcladora.”

Los resultados del Objetivo 4 demuestran que el diseño estructural propuesto fue validado técnicamente mediante simulación, ya que se realizaron análisis por elementos finitos en condiciones críticas de trabajo, verificando que el tambor y el conjunto estructural soportan esfuerzos operativos sin alcanzar fallas. En la tesis se ejecutan dos escenarios principales de análisis estático: (1) tambor sin carga + aplicación de torque, y (2) tambor con carga + aplicación de torque, lo que permite evaluar tanto el comportamiento en vacío como en operación real. Como resultado, se obtienen factores de seguridad mínimos aproximados entre 3.8 y 3.9, evidenciando que, incluso bajo las condiciones evaluadas, el diseño mantiene un margen de resistencia adecuado para operación industrial.

De manera cuantitativa, el análisis confirma que el componente crítico (tambor y elementos asociados) trabaja por debajo del límite de fluencia del material, mostrando que las deformaciones y tensiones se mantienen dentro de rangos aceptables. Esto es clave, porque el proceso de mezclado implica cargas dinámicas por el movimiento del material y el torque del sistema, por lo que validar el comportamiento estructural en estos dos escenarios aporta evidencia directa de que la mezcladora puede operar de forma segura y estable en condiciones reales de trabajo.

En discusión con los antecedentes, los resultados del objetivo coinciden con lo señalado por Reichenbach & Kromoser (2021), quienes destacan que un diseño eficiente de mezcladoras requiere verificación estructural y un enfoque orientado a asegurar desempeño mecánico y condiciones seguras de operación; en la tesis esto se refleja en el uso del análisis por elementos finitos y en el hallazgo de factores de seguridad elevados ($\approx 3.8-3.9$), los cuales respaldan confiabilidad del sistema. Además, existe coincidencia

parcial con Ferreira et al. (2024), quienes asocian el rendimiento y confiabilidad de equipos con una integración de diseño funcional y evaluación del sistema; aunque su enfoque está más ligado al monitoreo y desempeño, los resultados de simulación aquí aportan la base estructural necesaria para que el equipo pueda operar continuamente sin riesgos, lo que también contribuye a productividad y continuidad del proceso.

Finalmente, la validación estructural también se relaciona indirectamente con lo indicado por Luque (2019) y Sultana & Galetakis (2020): ambos enfatizan la importancia de mantener condiciones de mezclado estables para lograr homogeneidad y calidad del producto; por tanto, el hecho de que el análisis confirme resistencia y estabilidad del tambor bajo carga y torque demuestra que el equipo puede sostener el régimen de mezclado sin deformaciones que alteren el proceso (por ejemplo, desalineación, vibración excesiva o pérdida de eficiencia en la mezcla).

En conclusión, el desarrollo del Objetivo 4 demuestra que el diseño estructural es mecánicamente viable y seguro, ya que el análisis por elementos finitos en condiciones de operación (con y sin carga, con torque) arroja factores de seguridad mínimos ≈ 3.8 – 3.9 , confirmando que el sistema cuenta con un margen adecuado frente a esfuerzos críticos. Esto, en relación con los antecedentes seleccionados, evidencia que la verificación estructural es un componente clave para garantizar confiabilidad, seguridad y continuidad operativa, condiciones necesarias para sostener la calidad del concreto celular y el desempeño del proceso de mezclado.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se demuestra que los parámetros de diseño fueron definidos con base en la demanda real y criterios técnicos, lo que permitió dimensionar la mezcladora para cumplir producción y mantener homogeneidad. En concreto, se estableció una demanda entre 10 000 y 15 000 ladrillos (promedio $\approx 12\,571$) y un volumen unitario de ladrillo de 0.010374 m^3 , lo que sirvió para definir capacidad de mezcla. Como resultado, se fijó una producción aproximada de 2.86 m^3 por ciclo y ≈ 7 ciclos por hora. Además, se determinó un régimen de mezclado recomendado de 12–18 rpm, 70–100 revoluciones, y un tiempo de mezclado ajustado para concreto celular de 3–4 min, garantizando que el diseño responda a productividad y calidad del material.

- Se demuestra que la estructura mecánica se diseñó de forma coherente con la capacidad y operación definidas en el Objetivo 1, integrando componentes (tambor, paletas, eje, bastidor y transmisión) para garantizar funcionamiento estable y seguro en régimen de trabajo. La estructura se plantea para operar conforme a la capacidad estimada de $\approx 2.86\text{ m}^3/\text{ciclo}$ y una productividad de ≈ 7 ciclos/h, lo cual exige resistencia estructural y transmisión capaz de soportar esfuerzos por carga y torque durante la mezcla. Asimismo, el diseño mecánico es consistente con las condiciones operativas clave del proceso (12–18 rpm y 3–4 min por mezcla), demostrando que el planteamiento mecánico se alinea con el rendimiento requerido y reduce riesgos operativos al estructurar un sistema robusto y funcional.

- Se demuestra que el ciclo de operación fue automatizado y verificado mediante una lógica secuencial clara (GRAFCET) y su implementación en lógica ladder (ladder logic/lógica de escalera), con selección de instrumentación que asegura control real del proceso y repetibilidad. El ciclo automático controla valores cuantitativos críticos: 180 s (3 min) de mezclado, ingreso de 120 L de agua y 0.22 m^3 de espuma por ciclo, medidos con sensores de caudal tipo turbina (evitando depender de “tiempo de apertura” como medida). Además, se seleccionó el controlador Zelio SR2B201BD, con 24 VDC para señales, alimentado a 220 VAC, e identificado con 5 entradas digitales y al menos 8 salidas digitales, lo que demuestra una arquitectura funcional para controlar motor, actuadores y válvulas. También se consideraron retardos operativos (0.1 s, 0.15 s, 0.3 s) que evidencian una automatización diseñada con lógica realista y orientada a seguridad.

- Se demuestra que el diseño estructural es técnicamente viable y seguro, porque fue validado mediante análisis por elementos finitos (finite element analysis/análisis de elementos finitos) en condiciones críticas: (1) tambor sin carga + torque, y (2) tambor con carga + torque. Los resultados indican factores de seguridad mínimos $\approx 3.8-3.9$, evidenciando que los esfuerzos se mantienen por debajo del límite de fluencia del material y que el sistema presenta un margen adecuado frente a cargas operativas. Esto confirma que la estructura puede sostener operación continua sin riesgo de falla, manteniendo estabilidad del proceso de mezclado y respaldando la confiabilidad mecánica del diseño.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar capacitaciones técnicas periódicas al personal de las ladrilleras artesanales sobre dosificación, proporciones de mezcla y control de calidad, con el fin de reducir la variabilidad en el producto final y optimizar el rendimiento, aun cuando se mantenga una modalidad de operación manual.
- Se recomienda implementar el prototipo diseñado en un entorno de prueba real dentro de una ladrillera, a fin de validar el desempeño operativo del equipo y realizar los ajustes necesarios en el sistema de control, dosificación y alimentación para asegurar un funcionamiento óptimo a largo plazo.
- Se recomienda buscar financiamiento público o privado para la fabricación e implementación de la mezcladora, dado que los indicadores financieros muestran una rápida recuperación de la inversión y una alta rentabilidad sostenida, lo cual representa una oportunidad viable para escalar la producción en ladrilleras de pequeña y mediana capacidad.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Concrete Institute. (n.d.). *What factors affect the mixing time?* **Recuperado el 17 de diciembre de 2025**, de <https://www.concrete.org/frequentlyaskedquestions/faqid/770.aspx>
- Alturki, S. F., Swadi, S. H. A., Al-Rubaye, A. H., Suwaed, M. Sh., & Al-Mashhadani, S. A. (2023). Design the mechanical–chemical reactor for oily wastewater treatment. *Results in Engineering*, 20, 101494. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101494>
- Ardila, C. E., & Buitrago Diaz, A. (2010). *Diseño y construcción de una mezcladora de cemento refractario para una potencia de 5 hp*. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/24360>
- ASTM International. (s. f.). *ASTM C94/C94M: Standard specification for ready-mixed concrete* (Especificación estándar para concreto premezclado). ASTM International.
- Bouglada, M. S., Ammar, N., & Larbi, B. (2021). Optimization of Cellular Concrete Formulation with Aluminum Waste and Mineral Additions. *Civil Engineering Journal*, 7(7), Article 7.
- Buratto, W. G., Muniz, R. N., Nied, A., Barros, C. F. D. O., Cardoso, R., & Gonzalez, G. V. (2024). A Review of Automation and Sensors: Parameter Control of Thermal Treatments for Electrical Power Generation. *Sensors*, 24(3), 967. <https://doi.org/10.3390/s24030967>
- Condo, F. R. (2016). *Diseño de mezcladora de concreto* [bachelorThesis, Espol]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/36984>

- Crespo, D. A., Cepeda, J. S., & Martínez, E. (2020). *Diseño de una máquina semiautomática para la fabricación de bloques de hormigón con una capacidad de 8 000 bloques diarios* [Thesis, ESPOL. FIMCP.]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51573>
- Ferreira, D., Moutinho, F., Matos-Carvalho, J. P., Guedes, M., & Deusdado, P. (2024). Generic FPGA Pre-Processing Image Library for Industrial Vision Systems. *Sensors*, 24(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/s24186101>
- Fife, S. T., & Gossner, J. D. (2024). Deductive Qualitative Analysis: Evaluating, Expanding, and Refining Theory. *International Journal of Qualitative Methods*, 23, 16094069241244856. <https://doi.org/10.1177/16094069241244856>
- Hameed, A., Rasool, A. M., Ibrahim, Y. E., Afzal, M. F. U. D., Qazi, A. U., & Hameed, I. (2022). Utilization of Fly Ash as a Viscosity-Modifying Agent to Produce Cost-Effective, Self-Compacting Concrete: A Sustainable Solution. *Sustainability*, 14(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/su141811559>
- Li, P.-C., & Ma, H. (2020). Evaluating the environmental impacts of the water-energy-food nexus with a life-cycle approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 157, 104789. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104789>
- Meiringer, M., Kugi, A., & Kemmetmüller, W. (2023). Semi-autonomous operation of a mobile concrete pump. *Automation in Construction*, 156, 105079. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105079>
- Mendoza, L., & Yuen, E. (2020). *Diseño de una máquina mezcladora de alimento balanceado para pequeñas granjas ganaderas*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/3bdec432-73c2-4893-ab92-6099acb1da26>

- Meng, Y., Liu, W., Liu, X., Zhang, J., Peng, M., & Zhang, T. (2021). A review on analytical methods for pharmaceutical and personal care products and their transformation products. *Journal of Environmental Sciences*, *101*, 260-281. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.08.025>
- Müller, J. T. I., Rattenbacher, B., Tell, K., Rösch, C., Welsch, T., Maurer, M., Sperl, M., & Schnellenbach-Held, M. (2023). Space hardware for concrete sample production on ISS “MASON concrete mixer”. *Npj Microgravity*, *9*(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41526-023-00304-0>
- National Ready Mixed Concrete Association. (s. f.). *Guías de obra (Jobsite guides) sobre mezclado y homogeneidad en camiones mezcladores* (Guía). NRMCA.
- Ng, K. K. H., Chen, C.-H., Lee, C. K. M., Jiao, J. (Roger), & Yang, Z.-X. (2021). A systematic literature review on intelligent automation: Aligning concepts from theory, practice, and future perspectives. *Advanced Engineering Informatics*, *47*, 101246. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101246>
- Portland Cement Association. (n.d.). *Batching, mixing, transporting, and handling concrete* (Chapter 10). **Recuperado el 17 de diciembre de 2025**, de https://scetcivil.weebly.com/uploads/5/3/9/5/5395830/batching_mixing_transporting_handling_concrete.pdf
- Reichenbach, S., & Kromoser, B. (2021). State of practice of automation in precast concrete production. *Journal of Building Engineering*, *43*, 102527. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102527>
- Shang, X., Li, J., & Zhan, B. (2020). Properties of sustainable cellular concrete prepared with environment-friendly capsule aggregates. *Journal of Cleaner Production*, *267*, 122018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122018>

- Soultana, A., & Galetakis, M. (2020). Utilization of Quarry Dust and Calcareous Fly Ash for the Production of Lightweight Cellular Micro-Concrete—Synthesis and Characterization. *Buildings*, *10*(12), 214. <https://doi.org/10.3390/buildings10120214>
- Tsugeno, Y., Sakai, M., Yamazaki, S., & Nishinomiya, T. (2021). DEM simulation for optimal design of powder mixing in a ribbon mixer. *Advanced Powder Technology*, *32*(5), 1735-1749. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2021.03.026>
- Wallevik, J. E., & Wallevik, O. H. (2017). Analysis of shear rate inside a concrete truck mixer. *Cement and Concrete Research*, *95*, 9-17. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.02.007>
- WEG. (2024). *Guía de especificaciones para motores WEG*. WEG. <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hf9/hcf/WEG-WMO-motores-eléctricos-guia-de-especificacion-50039910-brochure-spanish-web.pdf>
- Zhang, S., Cao, K., Wang, C., Wang, X., Wang, J., & Sun, B. (2020). Effect of silica fume and waste marble powder on the mechanical and durability properties of cellular concrete. *Construction and Building Materials*, *241*, 117980. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117980>

AGRADECIMIENTO

Willian Marin Yntor Hintor

Deseo expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a mis padres, Martha Flora Hintor Boñon y Juan Yntor Yntor, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida. Su amor incondicional, sus acertadas orientaciones y los innumerables sacrificios que realizaron a lo largo de los años han sido el motor que me impulsó a perseverar en cada etapa de mi formación académica. Su ejemplo de esfuerzo, dedicación y compromiso constituye una guía invaluable en mi desarrollo personal y profesional.

De igual manera, extendiendo mi gratitud a mis hermanos, quienes, con su apoyo constante. palabras de aliento y confianza, han sido una Fuente de motivación inquebrantable en los momentos de mayor dificultad. Su compañía y respaldo emocional han contribuido de manera significativa a que este proceso formativo se lleve a término con éxito.

Este logro académico no es únicamente el resultado de mi esfuerzo individual, sino también de la presencia, paciencia y fe de mi familia, quienes han estado a mi lado en cada desafío. A ellos dedico este importante paso en mi vida profesional, reconociendo que su apoyo ha sido decisivo para la culminación de este proyecto de investigación.

Expreso un agradecimiento especial a mi asesor el Dr. Edwin Carlos Lenin Felix Poicon, por su orientación y conocimiento científico, así como también por su paciencia en guiarme durante todo el desarrollo de la Tesis.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis amados padres, Martha flora Hintor Boñon y Juan Yntor Yntor, quienes han sido el sostén y guía esencial en mi vida. Su amor incondicional, su entrega y su orientación constante me han otorgado la fortaleza necesaria para afrontar cada reto y alcanzar este importante logro académico. Esta tesis es también un reflejo del sacrificio, las enseñanzas y el apoyo firme que me brindaron, convirtiéndose en una fuente permanente de inspiración y motivación a lo largo de mi desarrollo personal y profesional.

ANEXOS

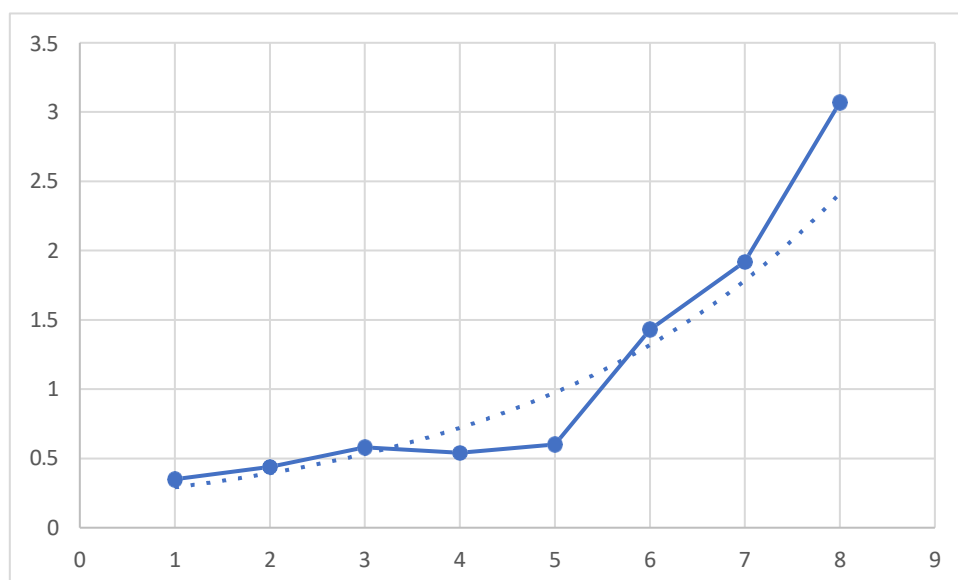
Anexo 01: Cuatro de operacionalización de variables

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador
Independiente	Diseño de mezcladora semiautomatizada	Es el proceso de ideación, modelado y validación técnica de un equipo mecánico destinado a automatizar parcialmente la operación de mezcla de materiales, optimizando el esfuerzo humano y garantizando la homogeneidad del producto final (Mendoza & Yuen, 2020)	El diseño de la mezcladora semiautomatizada se operativizará mediante la determinación del volumen de mezcla por ciclo (litros o metros cúbicos), el cálculo de la potencia requerida para su funcionamiento (HP o kW), la validación estructural de los componentes a través del factor de seguridad obtenido en simulaciones, y la evaluación del nivel de automatización según el porcentaje de operaciones ejecutadas automáticamente.	Capacidad de mezclado	Volumen de concreto celular que puede mezclar por ciclo (litros o m ³)
				Potencia requerida	Potencia del motor necesaria para el funcionamiento del sistema de mezcla (HP o kW)
				Validación estructural	Factor de seguridad obtenido en la simulación de esfuerzos
				Nivel de automatización	Porcentaje de funciones automatizadas respecto al total de operaciones necesarias
Dependiente	Producción de concreto celular	Es el proceso de elaboración de un material de construcción liviano compuesto por cemento, agua, aditivos expansivos y agentes espumantes, cuyo objetivo es obtener un producto con propiedades mecánicas adecuadas, baja densidad y buenas capacidades de aislamiento, optimizando los recursos utilizados en su fabricación (Bouglada et al., 2021)	La producción de concreto celular se operativizará mediante la medición del volumen producido por lote en litros o metros cúbicos, la evaluación de la homogeneidad del producto a través del espesor y densidad promedio obtenidos, el análisis del consumo de insumos por metro cúbico de mezcla (cemento, agua y espumante) y la determinación del tiempo promedio requerido para la elaboración de cada lote de concreto celular.	Productividad	Volumen de concreto celular producido por lote (litros o metros cúbicos).
				Calidad del producto	Homogeneidad del espesor y densidad del concreto celular elaborado (valor promedio de mediciones).
				Consumo de recursos	Cantidad de insumos consumidos por metro cúbico de concreto producido (kg/m ³ de cemento, litros/m ³ de agua, dosis de espumante).
				Tiempos de elaboración	Tiempo promedio de preparación por lote (minutos).

Anexo 03: Análisis exponencial de relación V/r

Con el objetivo de estimar el radio óptimo para el tambor de una mezcladora con capacidad de 2.86 m³, se recopiló información técnica de ocho mezcladoras de concretos comerciales. A partir de sus fichas técnicas se extrajeron los datos de volumen y radio del tambor, calculándose la relación V/r como parámetro comparativo para el diseño del nuevo equipo.

Mezcladora	Volumen (m ³)	Radio (m)	V/r
Bauker	0.12	0.345	0.35
IMER Ultra 10	0.136	0.3075	0.44
CEMAP 11P3	0.25	0.4315	0.58
Maquitech 0.5B	0.40	0.745	0.54
Maquitech M2	0.50	0.835	0.60
MC94SP	0.74	0.5175	1.43
Kushlan 600	1.50	0.78	1.92
Toro 12CF	2.27	0.74	3.07



Al analizar los valores obtenidos, se evidenció que la relación V/r no presenta un crecimiento lineal uniforme. En consecuencia, se descartó el uso de un promedio simple o un modelo exponencial, ya que este último mostraba inestabilidad al extrapolarse a volúmenes superiores a 2 m³. Para evitar estimaciones poco fiables, se optó por una interpolación lineal basada únicamente en los modelos comerciales más cercanos al

volumen de diseño: Kushlan 600 (1.50 m³) y Toro 12CF (2.27 m³), en la gráfica se muestra este comportamiento. La interpolación se realiza mediante la siguiente relación:

$$\frac{V}{r} = y_1 + \left(\frac{V - x_1}{x_2 - x_1}\right)(y_2 - y_1)$$

Donde:

Símbolo	Descripción	Valor
V	Volumen objetivo (m3)	2.86
x ₁	Volumen de la Kushlan 600 (m3)	1.50
x ₂	Volumen de la Toro 12CF (m3)	2.27
y ₁	Relación V/r de la Kushlan 600	1.92
y ₂	Relación V/r de la Toro 12CF	3.07

La aplicación de la fórmula de interpolación lineal con estos dos modelos permitió calcular la relación V/r para un volumen de 2.86 m³, obteniéndose un valor aproximado de 3.95. Este resultado refleja una proporción coherente con el comportamiento de crecimiento observado en la muestra analizada como se puede ver en la siguiente tabla y gráfico.

Mezcladora	Volumen (m³)	V/r
MC94SP	0.74	1.43
Kushlan 600	1.5	1.92
Toro 12CF	2.27	3.07
MEZCLADORA PROPUESTA	2.86	3.95

Anexo 04: Dosificación del agua

Para automatizar el ingreso del agua durante cada ciclo de mezcla, se ha previsto la implementación de una válvula solenoide controlada mediante un sistema lógico programable. Este componente debe ser capaz de operar de manera confiable en condiciones industriales, permitiendo el paso de agua únicamente durante el proceso de dosificación. Se requiere que su diseño permita un accionamiento rápido y seguro, compatible con el sistema eléctrico disponible en planta y con un caudal suficiente para suministrar el volumen necesario sin retrasos. Asimismo, deberá presentar una construcción robusta y un grado de protección adecuado frente al polvo y la humedad presentes en entornos de producción. Las características técnicas requeridas se detallan en la Tabla.

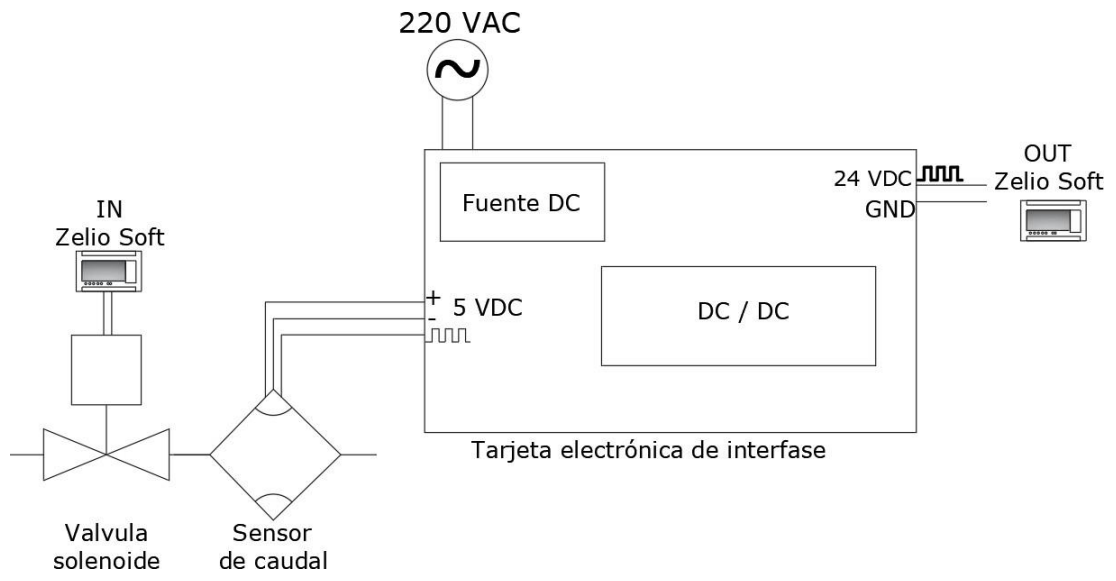
Parámetro	Valor requerido	Justificación técnica
Tipo de válvula	Normalmente cerrada (NC)	Asegura que el flujo permanezca bloqueado por defecto, abriendo solo durante la dosificación.
Diámetro nominal	1 ½"	Permite alcanzar rápidamente los 486.2 litros requeridos por carga sin restricciones de caudal.
Material del cuerpo	Latón	Alta resistencia a la corrosión para agua; buena relación costo-beneficio.
Voltaje de operación	220 V AC	Debido a que es el voltaje con el que se cuenta en la empresa
Presión de trabajo	0 – 6 bar (agua)	Presión en sistemas de agua alimentados por red o tanque elevado.
Temperatura del fluido	-5 °C a 80 °C	Condiciones ambientales y del agua usada en la mezcla.
Tiempo de respuesta	< 1 segundo	Garantiza cierre rápido una vez alcanzado el volumen objetivo, evitando sobrellenado.
Grado de protección	IP65	Asegura resistencia contra polvo y salpicaduras en entornos industriales.
Modo de operación	Directa	No requiere presión diferencial mínima, lo que mejora la confiabilidad en condiciones variables.

De acuerdo con las condiciones operativas previamente descritas, se seleccionó una válvula solenoide modelo 2W-400-40D del fabricante COSMIO, la cual cumple con los requerimientos la ficha técnica correspondiente se presenta en el Anexo 06. Para la medición del volumen de agua ingresado por ciclo, se selecciona un sensor de caudal tipo turbina con salida de pulsos, compatible con controladores lógicos como el Zelio Logic. Este tipo de sensor debe permitir una lectura precisa en tiempo real del caudal acumulado, facilitando la automatización del cierre de la válvula al alcanzar el volumen objetivo. Las características técnicas requeridas se resumen en la tabla.

Parámetro	Valor requerido	Justificación técnica
Tipo de sensor	Sensor tipo turbina con pulsos	Permite medir el caudal acumulado y enviar señales al controlador para automatizar la válvula.
Fluido compatible	Agua limpia	Es el fluido principal en el proceso de mezclado; el sensor debe garantizar lectura estable.
Rango de caudal	5 – 50 l/min (mínimo)	Cubre el volumen necesario por ciclo dentro del tiempo operativo estimado.
Precisión	±2 %	Asegura exactitud en la medición para evitar subdosificación o sobrellenado.
Salida eléctrica	Pulso (NPN/PNP)	Compatible con Zelio Logic y controladores básicos industriales.
Alimentación	12–24 V DC	Voltaje estándar de sensores industriales, fácilmente integrable.
Material del cuerpo	Plástico reforzado o latón	Resistente a humedad, presión y condiciones abrasivas moderadas.
Protección IP	IP65 o superior	Para asegurar durabilidad en ambientes con presencia de polvo y salpicaduras.

El sensor seleccionado fue el modelo YF-DN50, de 2 pulgadas de diámetro, con salida de pulsos digitales proporcionales al caudal de agua. Cada pulso representa un volumen aproximado de 83.3 mL, lo que permite controlar con precisión el ingreso de los 486.2 litros por carga completa. Para su correcta integración al sistema de automatización, este sensor no puede conectarse directamente al Zelio Logic, ya que opera a niveles lógicos de 5 V y no está aislado eléctricamente. Por ello, se requiere una tarjeta electrónica de adaptación que actúe como interfaz entre el sensor y el controlador lógico.

El funcionamiento general del sistema de dosificación automatizada de agua se representa en la figura, donde se muestra el esquema de conexión entre el sensor de caudal, la tarjeta electrónica de interfaz y el controlador lógico Zelio Soft. En dicho esquema se aprecia cómo el sensor es alimentado a 5 V y entrega una señal de pulsos digitales que es acondicionada por la tarjeta, elevando su nivel lógico a 24 V mediante un sistema de conversión aislado. Esta salida es la que se conecta directamente a una entrada digital del Zelio Soft, permitiendo el conteo de pulsos para el control volumétrico. Adicionalmente, desde el mismo controlador se activa la válvula solenoide, que permite el paso del agua durante el proceso de dosificación. La fuente de alimentación y la etapa de conversión DC/DC incluidas en la tarjeta garantizan la independencia eléctrica y la compatibilidad con los niveles requeridos para cada componente.



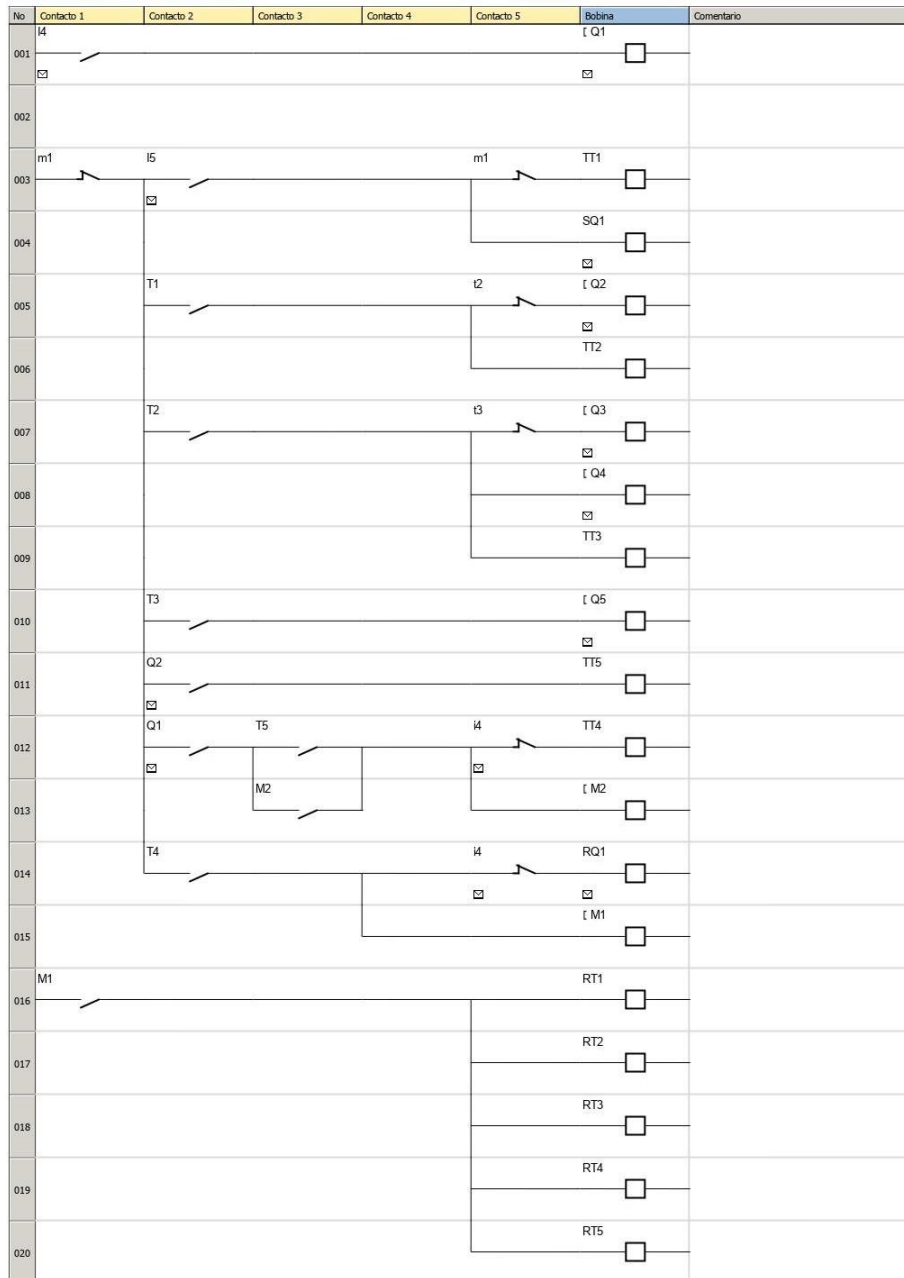
Anexo 05: Diagrama de control zelio sof

Automatizacion.zm2 - v0.0



Título

Esquema del programa





No	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Contacto 4	Contacto 5	Bobina	Comentario
021	T1		I1	m3		CC1	
022			I2			I Q6	
023				m4		CC2	
024						I Q7	
025	C1					I M3	
026	C2					I M4	



Entradas físicas

N.º	Símbolo	Función	Candado	Parámetros	Localización (L/C)	Comentario
I1		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(21/3)	SCA
I2		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(23/3)	SCE
I4		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(1/1) (12/5) (14/5)	PMM
I5		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(3/2)	PMA

Salidas físicas

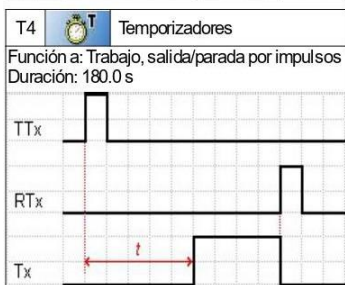
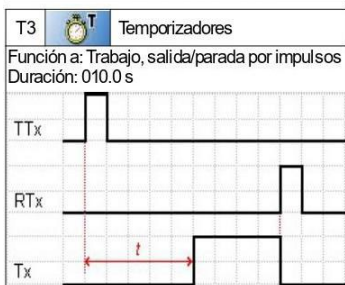
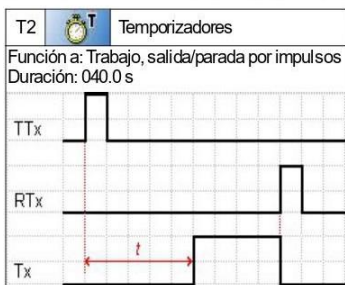
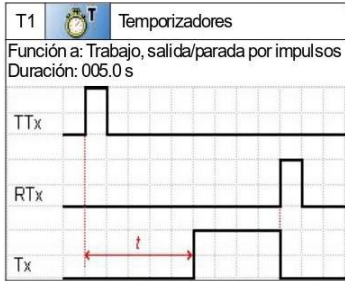
N.º	Símbolo	Función	Remanencia	Localización (L/C)	Comentario
Q1		Salidas DIG	No	(1/6) (4/6) (12/2) (14/6)	M
Q2		Salidas DIG	No	(5/6) (11/2)	MV1AMV1C-ON
Q3		Salidas DIG	No	(7/6)	MV2A/MV2C-ON
Q4		Salidas DIG	No	(8/6)	MV1AMV1C-OFF
Q5		Salidas DIG	No	(10/6)	MV2A/MV2C-OFF
Q6		Salidas DIG	No	(22/6)	VA
Q7		Salidas DIG	No	(24/6)	VC

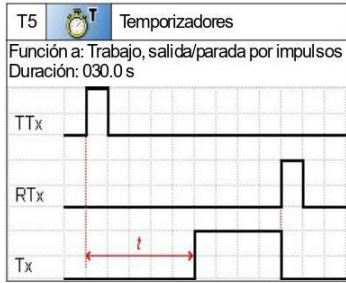
Funciones configurables

N.º	Símbolo	Función	Candado	Remanencia	Parámetros	Localización (L/C)	ren
C1		Contadores	No	No	Valor que se desea alcanzar: 420 Impulsos Salida ON cuando el valor alcanza la preselección	(21/6) (25/1)	
C2		Contadores	No	No	Valor que se desea alcanzar: 430 Impulsos Salida ON cuando el valor alcanza la preselección	(23/6) (26/1)	
M1		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(3/1) (3/5) (15/6) (16/1)	
M2		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(13/3) (13/6)	
M3		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(21/4) (25/6)	
M4		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(23/4) (26/6)	
T1		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(3/6) (5/2) (16/6) (21/1)	
T2		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(5/5) (6/6) (7/2) (17/6)	
T3		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(7/5) (9/6) (10/2) (18/6)	
T4		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(12/6) (14/2) (19/6)	
T5		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(11/6) (12/3) (20/6)	



Temporizador





Anexo 06: Fichas técnicas

FLOWSTAT TURBINE FLOW SENSOR

Ideal for monitoring various fluids in applications such as chillers/cooling circuits, HVAC, medical equipment, batching and industrial process control applications.



TECHNICAL SPECIFICATIONS

Measuring Accuracy
±2% of full scale

Repeatability
±0.5% of full scale

Flow Measuring Range
1/2" porting: 5-15 GPM (20-60 LPM)
1/2" porting low flow option: 2.5-4.5 (10-17 LPM)
3/4"-1" porting: 15-50 GPM (60-200 LPM)

Turn Down Ratio
10:1

Fluid Temperature Range
20-225°F (-7° to 107°)

Maximum Operating Pressure
Stainless steel cover: 500 PSIG (34 Bar)
Clear polycarbonate cover: 200 PSIG (14 Bar)

Filtration Requirements
150 Micron filter recommended

Standard Calibration Fluid
Water @ 70°F (21°C), 1.0 sg

BENEFITS

Choice of Three Port Sizes
Select from 1/2", 3/4" or 1" NPT porting to meet system requirements.

NOTE: Using reduced ID fittings will affect calibrated range.

Encapsulated Circuitry
Withstands the harshest environments.

Several Outputs Available
The standard interface is a 2-wire, 4-20mA current loop. Sensor signal may be transmitted on a low cost wire without degradation. Pulse, relay and 0-5 VDC (regulated) are also available.

Connects Directly to your Flow Monitoring Instruments
Can be connected directly to analog acquisition cards, chart recorders or other monitoring instruments, without external signal conditioning.

Simply Plumb and Apply Power
Comes factory calibrated to your flow range specifications.

Twenty-Four Different Ports Available
Standard selection of NPT, SAE and BSP ports reduces the amount of adapters required for installation.

Low Cost Accuracy
Mid-scale measuring accuracy within ±2.5%. Full-scale accuracy within ±4%.

MATERIALS OF CONSTRUCTION

Wetted Components	
Component	Materials
Casing	Stainless Steel 316
Cover	Clear polycarbonate (Optional Stainless Steel 316)
Seal	Buna-N® (other options available)
Impeller	Acetal Copolymer
Bearing	PEEK (Polyetheretherketone)
Shaft	316 Stainless Steel

Non-Wetted Components	
Component	Materials
Encapsulant	Epoxy
Strain Relief	Nylon
Lock Ring	Stainless Steel
Wire Insulation	High-Temperature PVC

Buna-N is a registered trademark of Chemische Werke Huls.

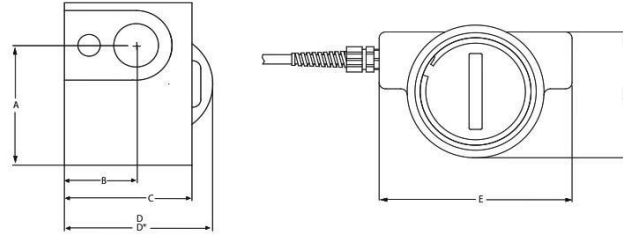


2440 W. Corporate Preserve Dr. #600, Oak Creek, WI 53154 | www.aw-lake.com

©2016 AW-Lake Company. All rights reserved. Doc ID: FSD516 REV 11.24

FLOWSTAT TURBINE FLOW SENSOR

Ideal for monitoring various fluids in applications such as chillers/cooling circuits, HVAC, medical equipment, batching and industrial process control applications.



MECHANICAL DIMENSIONS

DIM	1/2" NPTF	3/4" NPTF - 1" NPTF
A	1.94" (49mm)	3.06" (78mm)
B	1.13" (29mm)	1.33" (34mm)
C	2.00" (51mm)	2.46" (62mm)
D	2.45" (62mm)	2.78" (71mm)
D*	2.45" (62mm)	2.88" (73mm)
E	3.70" (94mm)	5.25" (133mm)
F	2.63" (67mm)	3.80" (97mm)

*Dimensions with clear polycarbonate cover installed.

ELECTRONIC SPECIFICATIONS

4-20 mA version		0-5 VDC (regulated) version	
Power Requirements	12-24 VDC, Regulated, Loop powered	Power Requirements	12-24 VDC, Regulated
Load driving capacity	Use the following equation to calculate maximum load resistance: Max Loop Load (Ω) = 50 (Power supply volts - 12).	Maximum Current	25 mA DC, Regulated
Maximum Transmission Distance	Limited only by wire resistance & supply voltage	Minimum Load resistance	1000 Ohms
Response time	2 seconds to 90% (step change)	Maximum Transmission Distance	200 feet recommended
Resolution	Infinite	Resolution	Infinite
Over-current limit	Self limiting at 35 mA	Response time	< 5 seconds to 90% (step change)
Other protection	Reverse polarity		
Relay Output		Pulse Output Version	
Power Requirements	12-24 VDC, Regulated	Power Requirements	12-24 VDC, Regulated
Maximum Transmission Distance	200 feet recommended	Response Time	<100 mS
Switch Contact	Form C, 5A max 120 or 240 VAC	Maximum Current	25 mA DC, Regulated
Set Point Repeatability	1% of full scale	Maximum Transmission Distance	200 feet recommended
		Minimum Load Resistance	1000 Ohms
		Protection	Short circuit & reverse polarity
		K-Factor	1/2" port = 200 pulses/gallons 3/4" & 1" ports = 60 pulses/gallons



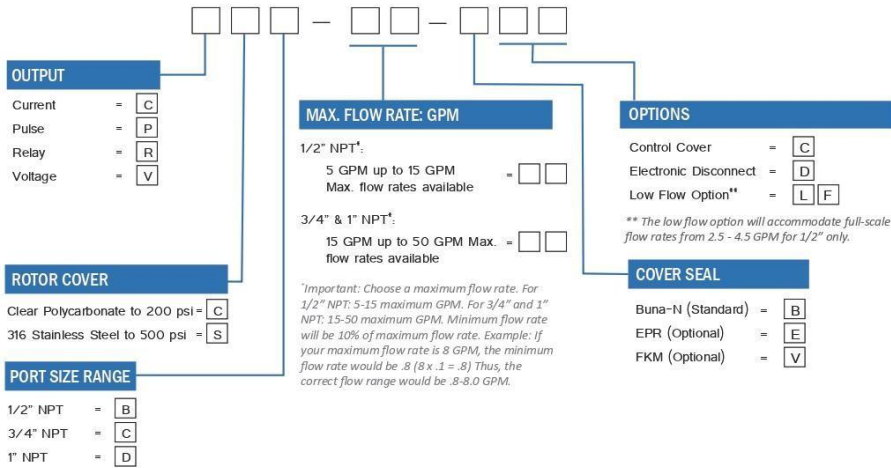
2440 W. Corporate Preserve Dr. #600, Oak Creek, WI 53154 | www.aw-lake.com

© 2016 AW-Lake Company. All rights reserved. Doc ID: FSDS16 REV 11.24

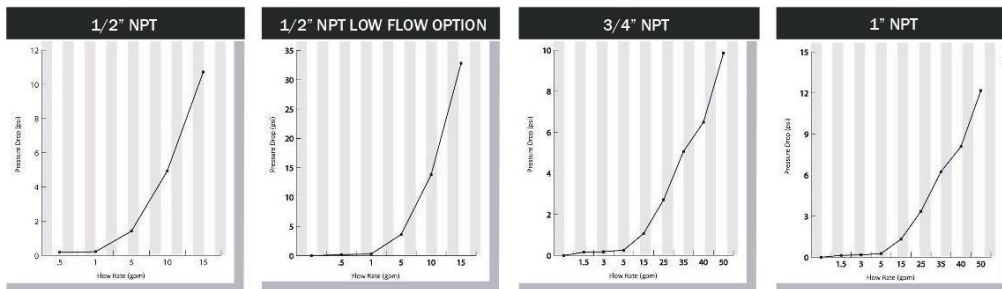
FLOWSTAT TURBINE FLOW SENSOR

Ideal for monitoring various fluids in applications such as chillers/cooling circuits, HVAC, medical equipment, batching and industrial process control applications.

PART NUMBER GUIDE



TYPICAL PRESSURE DIFFERENTIALS



Products may be subject to change without notice - Contact factory for the most up-to-date product information.



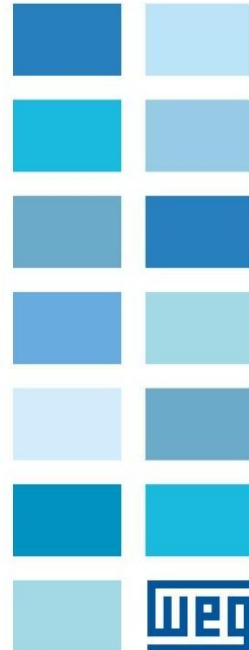
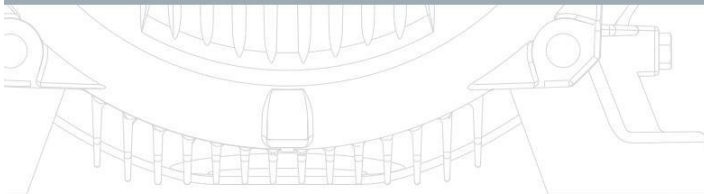
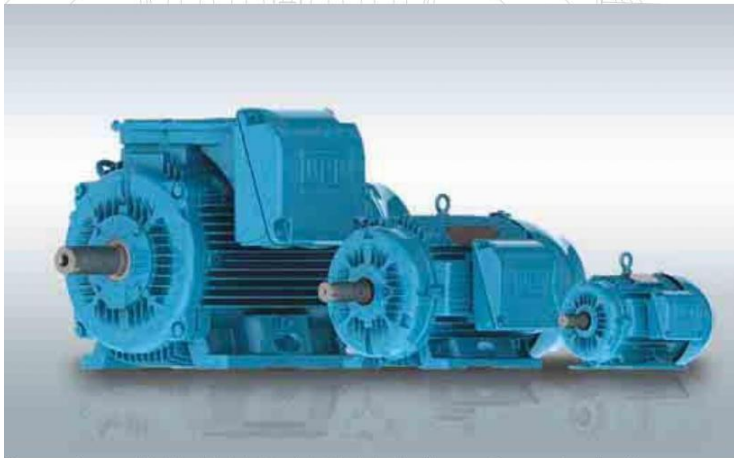
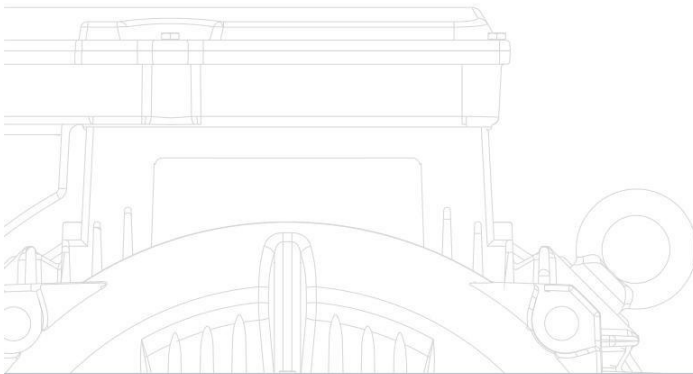
2440 W. Corporate Preserve Dr. #600, Oak Creek, WI 53154 | www.aw-lake.com

©2016 AW-Lake Company. All rights reserved. Doc ID: FSDS16 REV.11.24

W22

Motor Eléctrico Trifásico

Catálogo Técnico
Mercado
Latinoamericano

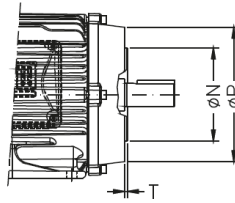
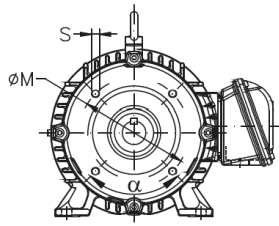


W22 - IE1 Standard Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabajado I/In	Par con rotor trabajado TU/Tn	Par máximo Tb/Tn	Momento de inercia J (kgm²)	Tiempo máximo con rotor trabajado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	220 V						Corriente nominal In (A)	
								Caliente	Frio			% de la potencia nominal			Factor de potencia				
												Rendimiento			50	75	100		50
IV Polos																			
0,09	0,12	63	0,051	5,2	3,2	3,4	0,0003	22	48	7,0	48	1725	45,0	53,0	55,0	0,44	0,52	0,61	0,704
0,12	0,16	63	0,068	4,5	2,1	2,4	0,0004	25	55	7,0	48	1710	49,0	55,0	58,0	0,45	0,57	0,66	0,830
0,18	0,25	63	0,103	4,7	2,2	2,4	0,0004	16	35	7,5	48	1710	51,0	58,0	62,0	0,45	0,58	0,67	1,14
0,25	0,33	63	0,142	4,5	2,3	2,5	0,0006	20	44	8,0	48	1720	50,0	58,0	62,0	0,44	0,55	0,64	1,65
0,37	0,5	71	0,215	4,3	2,1	2,2	0,0007	12	26	10,0	47	1680	60,0	66,0	67,0	0,46	0,59	0,69	2,10
0,55	0,75	71	0,317	5,3	2,5	2,5	0,0008	12	26	11,5	47	1690	65,0	68,0	69,0	0,46	0,67	0,69	3,05
0,75	1	80	0,422	6,8	2,4	2,7	0,0032	9	20	12,5	48	1730	75,0	78,0	78,2	0,63	0,76	0,82	3,07
1,1	1,5	80	0,627	6,4	2,5	2,8	0,0030	9	20	14,0	48	1710	76,0	79,0	79,2	0,61	0,74	0,81	4,50
1,5	2	90S	0,845	6,4	2,1	2,6	0,0049	10	22	18,5	51	1730	80,5	81,5	82,0	0,59	0,71	0,79	6,08
2,2	3	90L	1,25	5,7	2,1	2,4	0,0060	9	20	22,0	51	1720	82,0	83,0	83,1	0,62	0,74	0,81	8,58
3	4	100L	1,70	6,8	2,4	2,7	0,0097	7	15	30,0	54	1720	83,5	84,0	84,1	0,63	0,77	0,83	11,3
3,7	5	100L	2,11	6,4	2,7	2,9	0,0097	11	24	33,0	54	1710	85,0	85,5	85,5	0,63	0,75	0,81	14,0
4,5	6	112M	2,50	7,2	2,1	2,8	0,0182	8	18	42,0	58	1750	84,5	86,0	86,2	0,63	0,75	0,81	16,6
5,5	7,5	112M	3,08	6,0	2	2,7	0,0167	11	24	43,0	58	1740	86,0	87,0	87,0	0,61	0,74	0,80	20,6
7,5	10	132S	4,15	7,2	2	2,8	0,0528	8	18	63,0	61	1760	86,5	88,0	87,5	0,67	0,78	0,83	27,2
9,2	12,5	132M	5,14	6,4	2,6	2,6	0,0645	8	18	70,0	61	1755	88,0	88,5	88,0	0,60	0,70	0,81	35,0
11	15	132M	6,10	8,3	2,3	2,8	0,0563	6	13	73,0	61	1755	87,0	88,5	88,6	0,68	0,80	0,83	39,2
15	20	160M	8,28	6,2	2,1	2,6	0,1046	9	20	105	64	1765	89,0	90,2	90,2	0,68	0,79	0,84	52,0
18,5	25	160L	10,2	6,3	2,2	2,7	0,1258	9	20	122	64	1765	89,5	91,0	91,0	0,68	0,79	0,84	63,6
22	30	180M	12,2	6,0	2,2	2,5	0,1392	12	26	150	64	1760	89,6	91,0	91,1	0,68	0,79	0,84	75,4
30	40	200M	16,5	6,0	2	2,4	0,2406	12	26	195	68	1770	91,0	91,8	91,8	0,71	0,80	0,85	101
37	50	200L	20,4	6,0	2	2,4	0,2918	12	26	222	68	1770	92,0	92,5	92,5	0,71	0,81	0,85	123
45	60	225S/M	24,7	6,8	2,3	2,6	0,4914	10	22	367	70	1775	92,3	93,1	93,1	0,75	0,83	0,87	146
55	75	225S/M	30,2	6,9	2,3	2,6	0,5632	9	20	386	70	1775	92,8	93,4	93,3	0,75	0,83	0,87	178
75	100	250S/M	41,2	7,0	2,4	2,7	0,8767	10	22	470	70	1775	93,0	93,6	93,6	0,75	0,84	0,88	238
90	125	280S/M	49,2	6,5	1,9	2,5	1,47	17	37	625	73	1780	93,0	93,9	94,0	0,74	0,82	0,86	292
110	150	280S/M	60,0	7,3	2,2	2,7	1,87	16	35	684	73	1785	93,2	94,1	94,3	0,74	0,83	0,86	356
132	180	315S/M	71,8	6,5	2	2,3	2,33	24	53	880	75	1790	93,0	94,3	94,6	0,73	0,81	0,85	430
132	180	315S/M	71,8	6,5	2	2,3	2,33	24	53	880	75	1790	93,0	94,3	94,6	0,73	0,81	0,85	430
150	200	315S/M	81,6	6,8	2	2,4	2,88	20	44	947	75	1790	93,5	94,5	94,7	0,74	0,83	0,86	484
185	250	315S/M	101	6,6	2,1	2,3	3,42	17	37	1018	75	1790	94,0	94,6	94,8	0,75	0,83	0,86	596
200	270	315S/M	109	7,3	2,3	2,3	3,76	18	40	1062	75	1790	94,2	94,8	95,0	0,76	0,83	0,86	642
220	300	315L	120	6,6	2,3	2,4	5,80	16	35	1180	79	1790	94,4	94,9	95,2	0,75	0,83	0,86	706
260	350	315L	141	7,6	2,6	2,6	6,86	13	29	1287	79	1790	94,6	95,2	95,4	0,75	0,83	0,87	822
300	400	315L	163	7,7	2,7	2,6	8,12	14	31	1398	79	1790	94,8	95,3	95,6	0,76	0,84	0,87	946
330	450	355M/L	180	7,0	2,1	2,3	8,61	19	42	1662	81	1790	95,2	95,6	95,7	0,77	0,83	0,86	1050
370	500	355M/L	201	7,6	2,6	2,6	10,2	12	26	1833	81	1790	95,3	95,7	95,8	0,75	0,82	0,85	1190
400	550	355M/L	218	7,3	2,5	2,6	11,1	14	31	1916	81	1790	95,4	95,8	95,9	0,74	0,82	0,86	1270
440	600	355M/L	239	7,1	2,2	2,5	11,6	16	35	1966	81	1790	95,5	95,9	96,0	0,74	0,82	0,86	1430
High-output design																			
9,2	12,5	132S	5,11	7,5	2,2	2,9	0,0488	7	15	70,0	61	1755	87,5	88,5	88,0	0,67	0,79	0,83	33,0
45	60	200L	24,8	6,0	2,1	2,5	0,3322	12	26	237	68	1770	92,5	93,0	93,0	0,71	0,80	0,84	151
90	125	250S/M	49,2	7,9	2,5	3	1,05	8	18	505	70	1780	93,0	93,6	93,6	0,73	0,83	0,87	290
150	200	280S/M	81,8	7,9	2,5	2,6	2,78	13	29	819	73	1785	93,8	94,5	94,7	0,76	0,84	0,87	478
220	300	355M/L	120	7,2	2,2	2,3	5,42	23	51	1350	81	1790	94,5	95,2	95,3	0,77	0,84	0,86	704
260	350	355M/L	141	7,3	2,4	2,3	6,30	15	33	1431	81	1790	94,8	95,2	95,4	0,77	0,84	0,87	822
300	400	355M/L	163	7,0	2,4	2,3	7,20	14	31	1527	81	1790	95,0	95,3	95,6	0,77	0,84	0,87	946

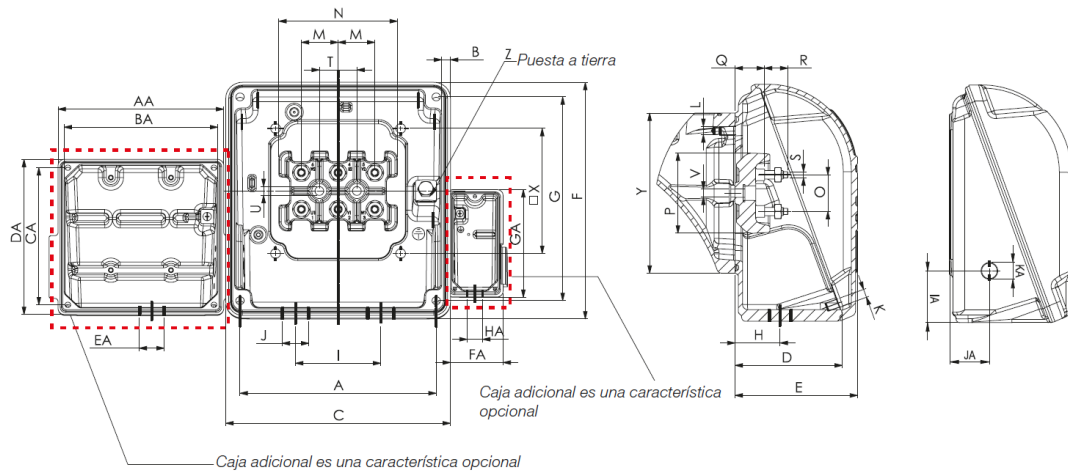
Notas:
¹ Fijados con deflector de aire en la tapa delantera.
² Motores con elevación de temperatura ΔT 105 K.

Brida "C-DIN"



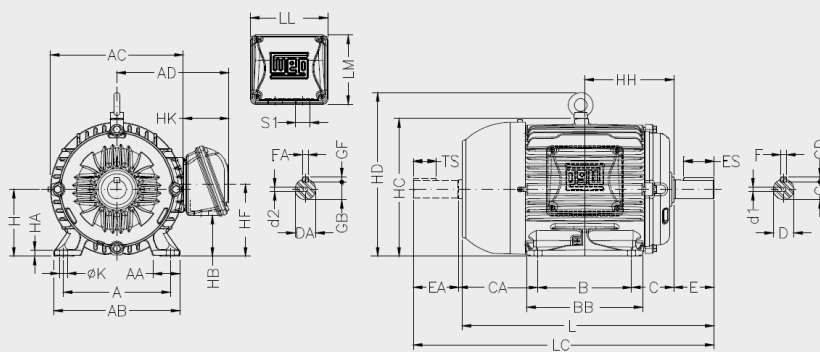
Carcasa	Brida	LA	M	N	P	S	T	α	Nº de agujeros
63	C-90	9,5	75	60	90	M5	2,5	45°	4
71	C-105	8	85	70	105	M6			
80	C-120	10,5	100	80	120		M8		
90S	C-140		115	95	140	3			
90L		12	130	110	160				
L90L							C-160		
100L	M10	15,5	165	130	200				
112M						C-200	6,3		
132S	M12x1,75	215	180	249					
132M					C-250	-	215		
132M/L	-	215	180	249				M12x1,75	6,3
160M					-	215	180		
160L	-	215	180	249				M12x1,75	6,3

18. Datos Mecánicos de la Caja de Conexiones



Carcasa	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
63	90	8	108,5	50	59	99	85	27	42	2xM20x1,5	M5x0,8	M5x0,8	16	53	16	35	15,5	12	M4x0,7	20	5,8
71																					
80	98	7	115	58	67	104	91	31	31	2xM25x1,5	M5x0,8	M5x0,8	16	53	16	35	15,5	12	M4x0,7	20	5,8
90																					
100																					
112																					
132	117	140	69	80	133	117	36	54	2xM32x1,5	M6x1,0	M6x1,0	23	75	23	52	17	16	M5x0,8	23	6,5	
160	175	8,5	198,5	86	101	190	175	46	84	2xM40x1,5	M8x1,25	M8x1,25	28	90	28	60	21,5	20,5	M6x1,0	28	6,6
180																					
200	204	9,5	230	101,5	119,5	220	204	56	94	2xM50x1,5	M8x1,25	M8x1,25	35	112	35	74	24	24	M8x1,25	35	9,5
225S/M	235	12,5	269	127	153	285	260	68	110	2xM63x1,5	M10x1,5	M10x1,5	44	140	44	94	32,5	28	M10x1,5	45	10,5
250S/M																					
280S/M	275	13,5	314	130	147	312	275	82	126	2xM63x1,5	M12x1,75	M12x1,75	45	153	45	108	35,5	40	M12x1,75	65	
315S/M	340	379	156	176	382	345	82	160	200												
315L	365	14,5	404	195,5	220	436	390	97	200	2xM63x1,5	M12x1,75	M14x2,0	65	210	65	146	51	45	M16x2,0	65	
355M/L																					
355A/B	415	460	250	290	544	480	127	160	2xM80x1,5	M10x1,5	M10x1,5	80	-	105	-	-	-	-	M20x2,5	-	-

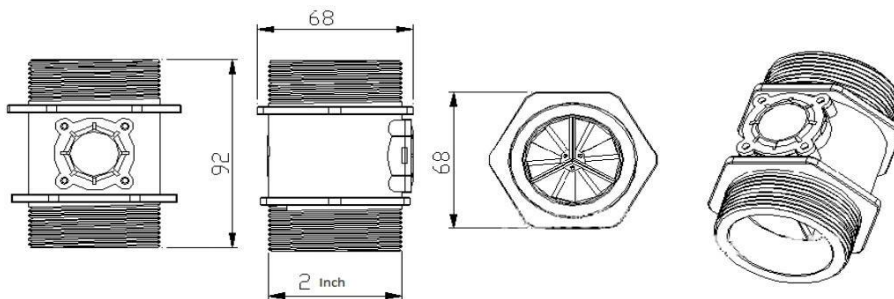
Carcasas 63 hasta 132M/L



Carcasa	A	AA	AB	AC	AD	AD'	B	BA	BB	BD	C	CA	Eje											
													D	DA	E	EA	ES	F	FA	G	GB	GD	GF	TS
63	100	25,5	116	125	122	122	80		95		40	78	11j6	9j6	23	20	14	4	3	8,5	7,2	4	3	12
71	112	28,5	132	141	130	130	90		113,5		45	88	14j6	11j6	30	23	18	5	4	11	8,5	5	4	14
80	125	30,5	149	159	139	139			125,5		50	93	19j6	14j6	40	30	28	6		15,5	11	6		18
90S							100		131			104												
L90S	140	36,5	164	179	157	157					56	135	24j6	16j6	50	40	36		5	20	13		5	28
90L							125		156			104												
L90L												135												
100L	160	40	188	199	167	167			173		63	118		22j6				8						
L100L							140					162	28j6		60	50	45		6	24	18,5		6	36
112M	190	40,5	220	222	192	192			177		70	128		24j6						20				
L112M									187			158												
122S									225															
132M	225	45	248	272	218	218	178		225		89	150	38k6	28j6	80	60	63	10	8	33	24		7	45
132M/L							178/203		250															
160M							210		254															
160L	254	64	308	329	264	264		63	298		108	174	42k6	42k6					12	12	37	37	8	
180M							241		294															
180L	279	78	350	360	279	279		70	332		121	200	48k6	48k6	110	110	80		14	14	42,5	42,5	9	80
200L	318	82	385	402	317	317	305	82	370		133	222	55m6						16	14	49		10	

Nota.- Diámetro del eje para carcasa 132M es de 38mm

Water Flow Meter YF-DN50 - Technical Parameters		
	Range of application	
1	Minimum rated operating voltage.	DC 5V
2	Maximum operating current.	15mA (DC 5V)
3	Operating voltage range.	DC5 ~ 18V
4	Load capacity.	≤10mA (DC 5V)
5	Using temperature range.	≤80°C
6	Use humidity scope.	35%~90%RH (Frost free condition)
7	Operating pressure.	> 2.0MPa (Burst Pressure > 3.5MPa)
8	Storage temperature.	-25~+80°C
9	Storage Relative Humidity.	25%~95%RH
10	Output pulse high level.	>DC 4.5 V (input voltage DC 5 V)
11	Output pulse low level.	<DC 0.5 V (input voltage DC 5 V)
12	Accuracy (Flow rate - pulse output).	10-300L/min ±3%
13	Output pulse duty ratio.	50±10%
14	Output Rise Time.	0.04μs
15	Output Fall Time.	0.18μs
16	Flow-pulse characteristic.	Horizontal test pulse frequency (Hz)=[0.2 *Q] ±3%(horizontal test) (Q=L/min)
17	Impact resistance.	The product is well packed and falls freely from the X, Y and Z directions of 50cm height to the concrete surface without any abnormality.
18	Insulation resistance.	Insulation resistance between hall sensor and copper valve body 100MΩ (DC 500V)
19	High Temperature resistance.	In the environment of 80°C for 48hrs, return to room temperature for 1 to 2 hrs without exception, no crack, relaxation and parts, expansion and deformation phenomenon, change within 10%
20	low temperature resistance.	In the environment of -20 °C for 48hrs, no abnormality was found in the return temperature of 1 to 2hrs, and the parts were free from cracks, looseness and deformation, and the accuracy was within 10%
21	Moisture-proof.	In 40°C, relative humidity 90% ~ 95% RH environment output
22	Pull strength.	The pulling force of 10N is applied on the drawing line for 1 minute, no looseness, break and performance change.
23	Durability.	At room temperature, from the inlet to the 0.1 MPa water pressure, to get through 1 Sec, disconnect 0.5 Sec for a cycle, to test 300,000 times without exception.





Solenoid Valve



2W-025-08D



2W-160-15D



2W-200-20D



2W-250-25D



2W-400-40D



2W-500-50D

Description

Working Medium	Action Method	Form	Body material	Environment Temperature	Voltage
<ul style="list-style-type: none"> • Air. • Water. • Oil. • Gas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Straight pull style film configuration. 	<ul style="list-style-type: none"> • Normal close or Normally open. 	<ul style="list-style-type: none"> • Brass 	<ul style="list-style-type: none"> • -5~+60°C 	<ul style="list-style-type: none"> • AC380V. • AC220V. • AC110V. • DC24V.

Specifications

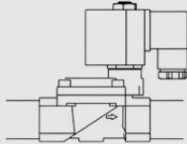
Model code	2W-025-08D	2W-160-15D	2W-200-20D	2W-250-25D	2W-400-40	2W-500-50D
Operating Mode	Direct acting					
Orifice	2.5mm	16mm	20mm	25mm	40mm	50mm
Cv Factor	0.23	4.8	7.6	12	29	48
Pipe Size	1/4"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
Operating Pressure (bar)	Water: 0-6 Air: 0-8 Oil: 0-4				0-10	
Fluid Temp.	-5 - 80°C					
Available Voltage	±10%					
Seals Materia	FKM					



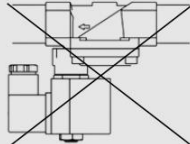
Installation and notice

- Before installing, make sure the system is clean, not containing impurity. It is better that fist install a filter in the system, then connect pipe. Please pay attention that the belt winding can not exceed the flare of valve.
- Please refer to figure 1 for proper installation.
- 2L steam solenoid valve should be installed horizontally, can not be inverted or vertical installation, please refer to figure 2 and 3.
- If medium are gas, heavy oil and corrosive fluids or other special occasions, please inform us when ordering.
- If need normally open type, please inform us when ordering.

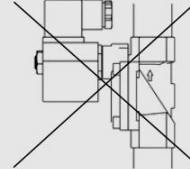
1



2



3





ACTUADORES ELÉCTRICOS
para la automatización de válvulas industriales



ACTUADORES MULTIVUELTAS SA Y ACTUADORES DE FRACCIÓN DE VUELTA SQ

ACTUADORES MULTIVUELTAS PARA SERVICIO TODO-NADA SA

Los siguientes datos tienen validez para actuadores con motores de corriente trifásica que se operan en el modo de funcionamiento S2 - 15 min/clases A y B según EN 15714-2. Datos detallados sobre otros tipos de motor y sus modos de funcionamiento se encuentran en las hojas aparte de datos técnicos y eléctricos.

Tipo	Velocidades a 50 Hz ¹		Rango de ajuste del par de desconexión		Número de arrancadas máximo admisible	Brida de conexión de la válvula	
	1/min	[Nm]	[Nm]	[1/h]		EN ISO 5210	DIN 3210
SA 07.2	4 - 180	10 - 30		60		F07 o F10	G0
SA 07.6	4 - 180	20 - 60		60		F07 o F10	G0
SA 10.2	4 - 180	40 - 120		60		F10	G0
SA 14.2	4 - 180	100 - 250		60		F14	G1/2
SA 14.6	4 - 180	200 - 500		60		F14	G1/2
SA 16.2	4 - 180	400 - 1 000		60		F16	G3
SA 25.1	4 - 90	630 - 2 000		40		F25	G4
SA 30.1	4 - 90	1 250 - 4 000		40		F30	G5
SA 35.1	4 - 45	2 500 - 8 000		30		F35	G6
SA 40.1	4 - 32	5 000 - 16 000		20		F40	G7
SA 48.1	4 - 16	10 000 - 32 000		20		F48	-

ACTUADORES MULTIVUELTAS PARA SERVICIO DE REGULACIÓN SAR

Los siguientes datos tienen validez para actuadores con motores de corriente trifásica que se operan en el modo de funcionamiento S4 - 25 %/clase C según EN 15714-2. Datos detallados sobre otros tipos de motor y sus modos de funcionamiento se encuentran en las hojas aparte de datos técnicos y eléctricos.

Tipo	Velocidades a 50 Hz ¹		Rango de ajuste del par de desconexión		Par máximo en servicio de regulación	Número de arrancadas máximo admisible ²	Brida de conexión de la válvula	
	1/min	[Nm]	[Nm]	[1/h]			EN ISO 5210	DIN 3210
SAR 07.2	4 - 90	15 - 30	15	1 500		F07 o F10	G0	
SAR 07.6	4 - 90	30 - 60	30	1 500		F07 o F10	G0	
SAR 10.2	4 - 90	60 - 120	60	1 500		F10	G0	
SAR 14.2	4 - 90	120 - 250	120	1 200		F14	G1/2	
SAR 14.6	4 - 90	250 - 500	200	1 200		F14	G1/2	
SAR 16.2	4 - 90	500 - 1 000	400	900		F16	G3	
SAR 25.1	4 - 11	1 000 - 2 000	800	300		F25	G4	
SAR 30.1	4 - 11	2 000 - 4 000	1 600	300		F30	G5	

ACTUADORES DE FRACCIÓN DE VUELTA PARA SERVICIO TODO-NADA SQ

Los siguientes datos tienen validez para actuadores con motores de corriente trifásica que se operan en el modo de funcionamiento S2 - 15 min/clases A y B según EN 15714-2. Datos detallados sobre otros tipos de motor y sus modos de funcionamiento se encuentran en las hojas aparte de datos técnicos y eléctricos.

Tipo	Tiempos de maniobra a 50 Hz ¹	Rango de ajuste del par de desconexión	Número de arrancadas máximo admisible	Brida de conexión de la válvula	
	[s]			[Nm]	[1/h]
SQ 05.2	4 – 32	50 – 150	60	F05/F07	F07, F10
SQ 07.2	4 – 32	100 – 300	60	F05/F07	F07, F10
SQ 10.2	8 – 63	200 – 600	60	F10	F12
SQ 12.2	16 – 63	400 – 1 200	60	F12	F10, F14, F16
SQ 14.2	24 – 100	800 – 2 400	60	F14	F16

ACTUADORES DE FRACCIÓN DE VUELTA PARA SERVICIO DE REGULACIÓN SQR

Los siguientes datos tienen validez para actuadores con motores de corriente trifásica que se operan en el modo de funcionamiento S4 - 25 %/clase C según EN 15714-2. Datos detallados sobre otros tipos de motor y sus modos de funcionamiento se encuentran en las hojas aparte de datos técnicos y eléctricos.

Tipo	Tiempos de maniobra a 50 Hz ¹	Rango de ajuste del par de desconexión	Par máximo en servicio de regulación	Número de arrancadas máximo admisible	Brida de conexión de la válvula	
	[s]				[Nm]	[Nm]
SQR 05.2	8 – 32	75 – 150	75	1 500	F05/F07	F07, F10
SQR 07.2	8 – 32	150 – 300	150	1 500	F05/F07	F07, F10
SQR 10.2	11 – 63	300 – 600	300	1 500	F10	F12
SQR 12.2	16 – 63	600 – 1 200	600	1 500	F12	F10, F14, F16
SQR 14.2	36 – 100	1 200 – 2 400	1 200	1 500	F14	F16

RANGOS DE ÁNGULO DE APERTURA

El ángulo de apertura se puede ajustar de forma continua dentro de los rangos indicados.

	Rango de ángulo de apertura
Estándar	75° – 105°
Opción	15° – 45°; 45° – 75°; 105° – 135°; 135° – 165°; 165° – 195°; 195° – 225°

VIDA ÚTIL DE LOS ACTUADORES MULTIVUELTAS Y DE LOS ACTUADORES DE FRACCIÓN DE VUELTA

Los actuadores multivoltas y los actuadores de fracción de vuelta AUMA de las series SA y SQ superan los requisitos de vida útil de la EN 15714-2. Puede obtener más información previa solicitud.

¹ Velocidades fijas o tiempos de maniobra escalonados con el factor 1,4

² A las velocidades más altas indicadas, el número de arrancadas máximo admisible es inferior; véanse las hojas de datos técnicos.

ACTUADORES MULTIVUELTAS SA Y ACTUADORES DE FRACCIÓN DE VUELTA SQ

UNIDAD DE MANDO

Rangos de ajuste del final de carrera de SA y SAR

La unidad de mando registra el número de revoluciones por carrera de los actuadores multivueeltas. Existen dos versiones para distintos rangos.

	Vueltas por carrera	
	Unidad de mando electromecánica	Unidad de mando electrónica
Estándar	2 – 500	1 – 500
Opción	2 – 5 000	10 – 5 000

UNIDAD DE MANDO ELECTRÓNICA

Cuando se utiliza la unidad de mando electrónica se registran digitalmente el alcance de una posición final, la posición de la válvula, el par, la temperatura en la unidad y las vibraciones y se transmiten al control integrado AC. El AC procesa internamente todas las señales y proporciona las señales correspondientes mediante el interface de comunicación correspondiente.

La conversión de las magnitudes mecánicas en señales electrónicas se produce sin contacto físico y, por tanto, prácticamente exenta de desgaste. La unidad de mando electrónica es la condición para el ajuste no intrusivo del actuador.

UNIDAD DE MANDO ELECTROMECAÁNICA

Las señales digitales y analógicas de la unidad de mando electromecánica se procesan internamente cuando se utiliza un control integrado AM o AC. En los actuadores sin control integrado, las señales se sacan al exterior mediante la conexión eléctrica. En este caso, se necesitan los siguientes datos técnicos de los switches y de los sensores remotos.

Interruptores de final de carrera y limitadores de par

Modelos	Aplicación/Descripción	Tipo de contacto
Interruptor sencillo	Estándar	Un contacto de apertura y uno de cierre (1 NC y 1 NO)
Interruptor tándem (opción)	Para conectar dos potenciales distintos. Los interruptores tienen en una carcasa dos cámaras de contacto con elementos de conmutación galvánicamente separados, siendo un interruptor para la señalización anticipado.	Dos contactos de apertura y dos de cierre (2 NC y 2 NO)
Interruptor triple (opción)	Para conectar tres potenciales distintos. Este modelo se compone de un interruptor sencillo y un tándem.	Tres contactos de apertura y tres de cierre (3 NC y 3 NO)

Potencias de conmutación	
Contactos recubiertos de plata	
U mín.	24 V AC/DC
U máx.	250 V AC/DC
I mín.	20 mA
I máx. corriente alterna	5 A a 250 V (carga resistiva) 3 A a 250 V (carga inductiva, $\cos \varphi = 0,6$)
I máx. corriente continua	0,4 A a 250 V (carga resistiva) 0,03 A a 250 V (carga inductiva, $L/R = 3 \mu s$) 7 A a 30 V (carga resistiva) 5 A a 30 V (carga inductiva, $L/R = 3 \mu s$)

Potencias de conmutación	
Contactos recubiertos de oro (opción)	
U mín.	5 V
U máx.	50 V
I mín.	4 mA
I máx.	400 mA

Interruptor - características especiales

Accionamiento	Palanca plana
Elemento de contacto	Contacto de acción rápida (interrupción doble)

Intermitente de indicación de marcha

Potencias de conmutación	
Contactos recubiertos de plata	
U mín.	10 V AC/DC
U máx.	250 V AC/DC
I máx. corriente alterna	3 A a 250 V (carga resistiva) 2 A a 250 V (carga inductiva, $\cos \varphi = 0,8$)
I máx. corriente continua	0,25 A a 250 V (carga resistiva)

Intermitente - características especiales

Accionamiento	Accionador de rueda
Elemento de contacto	Contacto de salto
Tipo de contacto	Contacto conmutado

UNIDAD DE MANDO ELECTROMEQUÍMICA (CONTINUACIÓN)

Transmisor electrónico de posición

Potenciómetro de precisión para servicio ABRIR-CERRAR		
	Sencillo	Tándem
Linealidad	≤ 1 %	
Potencia	1,5 W	
Resistencia (estándar)	0,2 kΩ	0,2/0,2 kΩ
Resistencia (opción)	0,1 kΩ, 0,5 kΩ, 1,0 kΩ,	0,5/0,5 kΩ, 1,0/1,0 kΩ,
Se pueden solicitar otras variantes	2,0 kΩ, 5,0 kΩ	5,0/5,0 kΩ, 0,1/5,0 kΩ, 0,2/5,0 kΩ
Corriente de bucle máx.	30 mA	
Vida útil	100 000 ciclos	

Potenciómetro de capa de precisión para servicio de regulación		
	Sencillo	Tándem
Linealidad	≤ 1 %	
Potencia	0,5 W	
Resistencia	1,0 kΩ o 5,0 kΩ	1,0/5,0 kΩ o 5,0/5,0 kΩ
Se pueden solicitar otras variantes		
Corriente de bucle máx.	0,1 mA	
Vida útil	5 millones de ciclos	
Temperatura ambiente máx. ¹⁾	+90 °C	

Transmisor electrónico de posición EWG		
	2 hilos	3/4 hilos
Señal de salida	4 – 20 mA	0/4 – 20 mA
Tensión de alimentación	24 V DC (18 – 32 V)	
Temperatura ambiente máx. ¹⁾	+80 °C (estándar)/+90 °C (opción)	

Transmisor electrónico de posición RWG		
	2 hilos	3/4 hilos
Señal de salida	4 – 20 mA	0/4 – 20 mA
Tensión de alimentación	14 V DC + (I x R _s), máx. 30 V	24 V DC (18 – 32 V)

ACTIVACIÓN DEL VOLANTE

Potencias de conmutación del microinterruptor para la señalización de la activación del volante	
Contactos recubiertos de plata	
U mín.	12 V DC
U máx.	250 V AC
I máx. corriente alterna	3 A a 250 V (carga inductiva, cos φ = 0,8)
I máx. corriente continua	3 A a 12 V (carga resistiva)

Microinterruptor de señalización de la activación del volante – otras características	
Accionamiento	Palanca plana
Elemento de contacto	Contacto de salto
Tipo de contacto	Contacto conmutado
Temperatura ambiente máx. ¹⁾	+80 °C

RESISTENCIA A LA FATIGA POR OSCILACIONES

Según EN 60068-2-6.

Los actuadores son resistentes a las oscilaciones y a las vibraciones durante el arranque o en caso de fallos de la instalación hasta 2 g, en un rango de frecuencia de 10 a 200 Hz. Ello no significa que la resistencia sea permanente.

Estos datos tienen validez para actuadores SA y SQ sin el control integrado montado con la conexión eléctrica de AUMA (S) y no en combinación con reductores.

Para los actuadores con control integrado AM o AC y bajo las condiciones antes indicadas tiene validez un valor límite de 1 g.

POSICIÓN DE MONTAJE

Los actuadores AUMA, también con control integrado, se pueden operar en cualquier posición de montaje sin restricciones.

NIVEL DE RUIDO

El nivel de ruido causado por el actuador es inferior a 72 dB (A).

ACTUADORES MULTIVUELTAS SA Y ACTUADORES DE FRACCIÓN DE VUELTA SQ

TENSIONES DE ALIMENTACIÓN/FRECUENCIAS DE RED

A continuación se listan las tensiones de alimentación estándar (se pueden solicitar otras tensiones). No todas las versiones o tamaños de los actuadores se pueden suministrar con todos los tipos de motor o tensiones/frecuencias indicados. Encontrará información detallada en las hojas de datos eléctricos por separado.

Corriente trifásica

Tensiones	Frecuencia
[V]	[Hz]
220; 230; 240; 380; 400; 415; 500; 525; 660; 690	50
440; 460; 480; 575; 600	60

Corriente monofásica

Tensiones	Frecuencia
[V]	[Hz]
230	50
115; 230	60

Corriente continua

Tensiones
[V]
24; 48; 60; 110; 220

Fluctuaciones admisibles de tensión de red y frecuencia

- > Estándar para SO, SQ, AM y AC
 - Tensión de red: $\pm 10\%$
 - Frecuencia: $\pm 5\%$
- > Opción para AC
 - Tensión de red: -30%
 - requiere dimensiones especiales en la elección del actuador

MOTOR

Modos de operación según IEC 60034-1/EN 15714-2

Tipo	Corriente trifásica	Corriente monofásica	Corriente continua
SA 07.2 – SA 16.2	S2 - 15 min, S2 - 30 min/ Clases A, B	S2 - 15 min/ Clases A, B ¹	S2 - 15 min/ Clases A, B
SA 25.1 – SA 48.1	S2 - 15 min, S2 - 30 min/ Clases A, B	–	–
SAR 07.2 – SAR 16.2	S4 - 25 %, S4 - 50 %/ Clase C	S4 - 25 %/ Clase C ¹	–
SAR 25.1 – SAR 30.1	S4 - 25 %, S4 - 50 %/ Clase C	–	–
SQ 05.2 – SQ 14.2	S2 - 15 min, S2 - 30 min/ Clases A, B	S2 - 10 min/ Clases A, B ¹	–
SQR 05.2 – SQR 14.2	S4 - 25 %, S4 - 50 %/ Clase C	S4 - 20 %/ Clase C ¹	–

Los datos sobre el modo de funcionamiento se han obtenido bajo las siguientes condiciones: Tensión nominal, temperatura ambiente 40 °C, carga media con un 35 % del par máximo.

Clases de aislamiento de los motores

	Clases de material aislante
Motores de corriente trifásica	F, H
Motores de corriente monofásica	F
Motores de corriente continua	F, H

Datos característicos de protección del motor

De forma estándar se utilizan termostatos como protección del motor. Cuando se utiliza un control integrado, las señales de protección del motor se procesan internamente. Esto tiene validez también para los termostatos opcionales. En los actuadores sin control integrado, las señales se deben evaluar en el control externo.

Capacidad de carga de los termostatos	
Tensión alterna (250 V AC)	Capacidad de conmutación I _{th}
cos ϕ = 1	2,5 A
cos ϕ = 0,6	1,6 A
Tensión continua	Capacidad de conmutación I _{th}
60 V	1 A
42 V	1,2 A
24 V	1,5 A

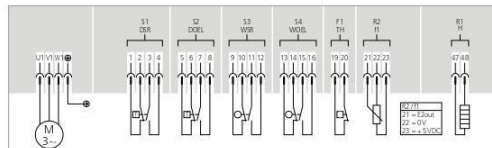
Motores especiales

Para los requisitos especiales se pueden suministrar actuadores con motores especiales, p. ej., motores de freno o motores de doble velocidad.

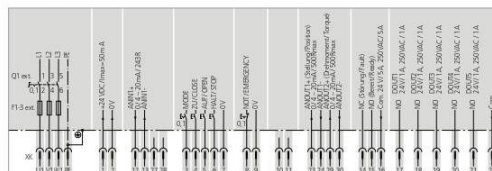
ESQUEMAS ELÉCTRICOS/CONEXIÓN ELÉCTRICA

Todos los esquemas y diagramas muestran en cableado de las señales en el conector múltiple de 50 bornas y sirven de base para la conexión de los cables de mando y para la alimentación de tensión. Se pueden obtener de www.auma.com.

- > TPA para actuadores multivuelta SA/SAR y actuadores de fracción de vuelta SQ/SQR
- > MSP para controles AM
- > TPC para controles AC



Detalle del esquema eléctrico TPA de un actuador



Detalle del esquema eléctrico TPC de un AC

Conector múltiple AUMA			
	Contactos de fuerza	Conductor de toma de tierra	Contactos de mando
Nº máx. de contactos	6 (3 utilizados)	1 (contacto anticipado)	50 clavijas/hembras
Nombres	U1, V1, W1, U2, V2, W2	PE	1 a 50
Tensión de conexión máx.	750 V	–	250 V
Intensidad máx.	25 A	–	16 A
Tipo de conexión cliente	Atornillada	Atornillada con orejeta	Atornillada, crimpada (opción)
Sección máx.	6 mm ²	6 mm ²	2,5 mm ²
Material del aislador	Poliamida	Poliamida	Poliamida
Material de los contactos	Latón	Latón	Latón, recubierto de estaño o de oro (opción)

Tamaño de las roscas de las entradas de cable (selección)		
	Conexión eléctrica S	Conexión eléctrica SH
Rosca M (estándar)	1 x M20 x 1,5; 1 x M25 x 1,5; 1 x M32 x 1,5	1 x M20 x 1,5; 2 x M25 x 1,5; 1 x M32 x 1,5
Rosca Pg (opción)	1 x Pg 13,5; 1 x Pg 21; 1 x Pg 29	1 x Pg 13,5; 2 x Pg 21; 1 x Pg 29
Rosca NPT (opción)	2 x 3/4" NPT; 1 x 1 1/4" NPT	1 x 3/4" NPT; 2 x 1" NPT; 1 x 1 1/4" NPT
Rosca G (opción)	2 x G 3/4"; 1 x G 1 1/4"	1 x G 3/4"; 2 x G 1"; 1 x G 1 1/4"

CALEFACCIÓN

Calefacción en la unidad de mando	Actuadores sin control integrado	Actuadores con AM o AC
Elemento calefactor	Elemento PTC autorregulado	Calefacción de resistencia
Rangos de tensión	110 V – 250 V DC/AC 24 V – 48 V DC/AC 380 V – 400 V AC	24 V DC/AC (alimentación interna)
Potencia	5 W – 20 W	5 W

Calefacción del motor	Actuadores sin control integrado
Tensiones	110 – 120 V AC, 220 – 240 V AC o 380 – 400 V AC (alimentación externa)
Potencia	12,5 W – 25 W ²

Calefacción del control	AM	AC
Tensiones	110 – 120 V AC, 220 – 240 V AC, 380 – 400 V AC	
Potencia regulada por temperatura	40 W	60 W

² depende del tamaño del motor, véanse las hojas de datos técnicos por separado

Motorreductores MOTOX

Catálogo D 87.1 · 2008



MOTOX

SIEMENS

Motorreductores

Motorreductores de ejes paralelos

Motorreductores de hasta 200 kW

Datos para selección y pedidos (continuación)

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción i_{tot}	Referencia	Código (n.º polos)	Peso ^{*)} kg
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹						
9,2 (50 Hz)	FD.188B-LA132ZMP4							
11,0 (60 Hz)	6,2	7,4	14 284	1,4	234,93	2KJ1410 - HT13 - M1		684
	6,9	8,3	12 823	1,6	210,89 ★	2KJ1410 - HT13 - L1		684
	7,5	9,0	11 769	1,7	193,56	2KJ1410 - HT13 - K1		684
	8,7	10,4	10 156	2,0	167,03	2KJ1410 - HT13 - J1		684
	FD.168B-LA132ZIP4							
	5,0	6,0	17 588	0,80	289,26	2KJ1408 - HT13 - S1		503
	5,3	6,4	16 723	0,84 ★	275,03	2KJ1408 - HT13 - R1		503
	5,6	6,7	15 629	0,9	257,04	2KJ1408 - HT13 - Q1		503
	6,4	7,7	13 786	1,0	226,74 ★	2KJ1408 - HT13 - P1		503
	6,8	8,2	13 004	1,1	213,87	2KJ1408 - HT13 - N1		503
	7,5	9,0	11 652	1,2	191,63 ★	2KJ1408 - HT13 - M1		503
	8,2	9,8	10 758	1,3	176,94	2KJ1408 - HT13 - L1		503
	9,6	11,5	9 192	1,5	151,18	2KJ1408 - HT13 - K1		503
	10,6	12,7	8 307	1,7	136,63 ★	2KJ1408 - HT13 - J1		503
	11,0	13,2	8 004	1,7	131,64	2KJ1408 - HT13 - H1		503
	12,7	15,2	6 923	2,0	113,86	2KJ1408 - HT13 - G1		503

3

Diámetro de motor para 132IEC – diámetro 38mm

Motorreductores de ejes paralelos

Versiones de eje

Datos para selección y pedidos

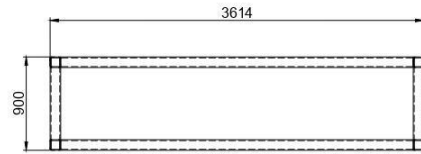
Versión del eje	Referencia 8.ª posición	Apéndice de la referencia	Dimensiones del eje				
Reductores de ejes paralelos de dos etapas FZ y de tres etapas FD, carcasa con patas							
Tamaño			F.28	F.38B	F.48B	F.68B	F.88B
Eje hueco	5		H25 x 104	H30 x 120	H35 x 150	H40 x 180	H50 x 210
	6				H40 x 150 ^{*)}	H45 x 180 ^{*)}	H60 x 210 ^{*)}
Eje hueco con disco de compresión	9	H3A	H25 x 126	H30 x 146 ^{*)}	H40 x 177 ^{*)}	H50 x 209 ^{*)}	H60 x 241 ^{*)}
	9	H3B		H30/31 x 146	H40/41 x 177	H50/51 x 209	H60/61 x 241
Eje hueco estriado	9	H4A	N25x1.25x30x18 x9H x 104	N35x1.25x30x26 x9H x 120	N40x2x30x18x9H x 150	N50x2x30x24x9H x 180	N60x2x30x28x9H x 210
Tamaño			F.108B	F.128B	F.148B	F.168B	F.188B
Eje hueco	5		H60 x 240	H70 x 300	H80 x 350	H100 x 410	H120 x 500
	6		H70 x 240 ^{*)}	H80 x 300 ^{*)}	H90 x 350 ^{*)}	H110 x 410 ^{*)}	
Eje hueco con disco de compresión	9	H3A	H70 x 280 ^{*)}	H80 x 345 ^{*)}	H95 x 404 ^{*)}	H105 x 483 ^{*)}	H125 x 580
	9	H3B	H70/71 x 280	H80/81 x 345	H95/96 x 404	H105/106 x 483	
Eje hueco estriado	9	H4A	N70x2x30x34x9H x240	N80x3x30x25x9H x300	N90x3x30x28x9H x350	N110x3x30x35x9 Hx410	N130x5x30x24x9 H x 500

Diámetro de salida de 100 mm requiere buje para adaptar a 76mm (3")

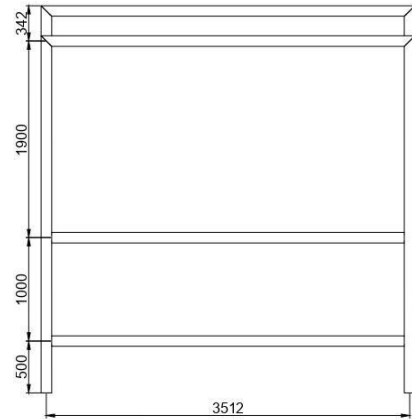
Anexo 07: Planos

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Estructura A	1
2	Estructura B	1
3	Estructura C	1

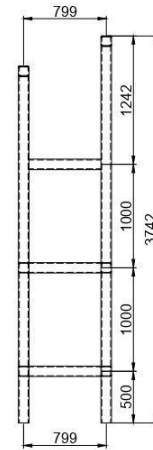
MATERIAL: Tubo Cuadrado 4"x4"x3/16" ASTM A36 A menos que se indique lo contrario	PROPIEDAD: MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR		LAMINA	
	PROYECTO: MEZCLADORA			EST-1
	PLANO: ESTRUCTURA DE TOLVAS			
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA	DIBUJO: Y.H.W.M	FECHA: ABRIL 2025



VISTA PLANTA

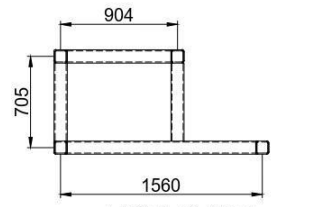


VISTA FRONTAL

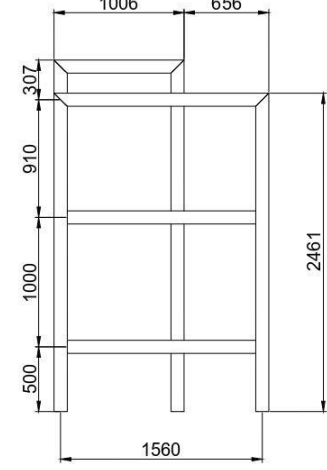


VISTA LATERAL

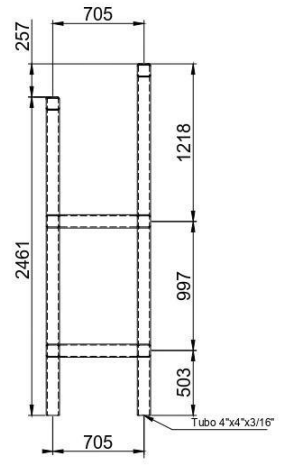
MATERIAL: Tubo Cuadrado 4"x4"x3/16" ASTM A36 A menos que se indique lo contrario	PROPIEDAD: MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR		LAMINA
	PROYECTO: MEZCLADORA		EST-2
	PLANO: ESTRUCTURA DE TOLVAS		
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA	DIBUJO: Y.H.W.M



VISTA PLANTA

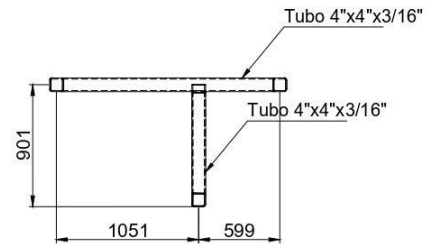


VISTA FRONTAL

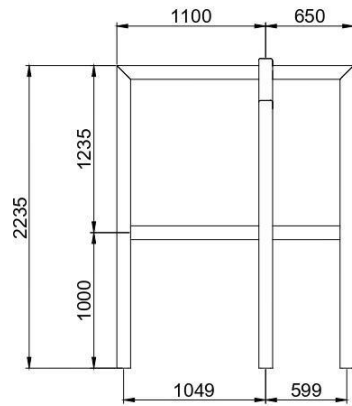


VISTA LATERAL

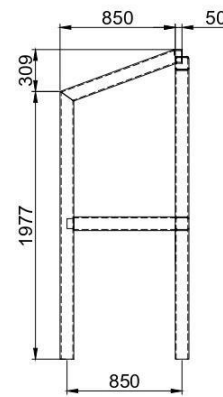
MATERIAL: Tubo Cuadrado 4"x4"x3/16" ASTM A36 A menos que se indique lo contrario	PROPIEDAD: MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR	LAMINA
	PROYECTO: MEZCLADORA	EST-3
	PLANO: ESTRUCTURA DE TOLVAS	
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA
		FECHA: ABRIL 2025



VISTA PLANTA

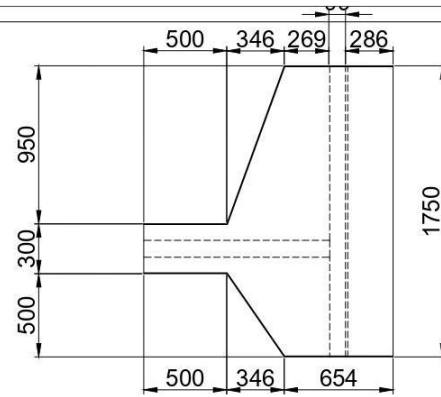


VISTA FRONTAL

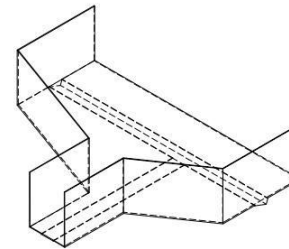


VISTA LATERAL

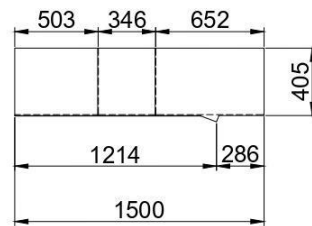
MATERIAL: Tubo Cuadrado 4"x4"x3/16" ASTM A36 A menos que se indique lo contrario	PROPIEDAD: MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR		LAMINA
	PROYECTO: MEZCLADORA		EST-4
	PLANO: ESTRUCTURA DE TOLVAS		
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA	DIBUJO: Y.H.W.M



VISTA PLANTA

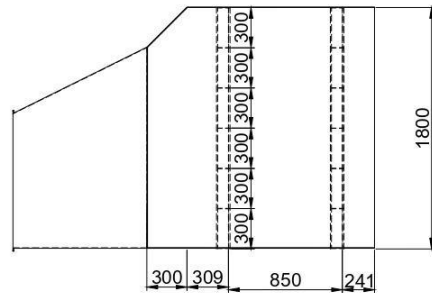


VISTA ISOMETRICA

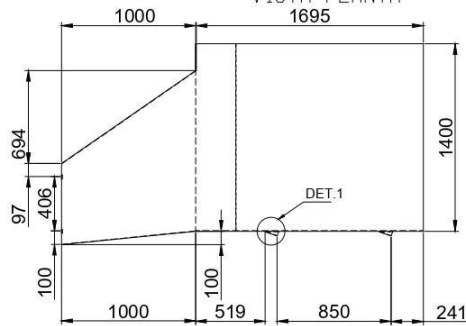


VISTA FRONTAL

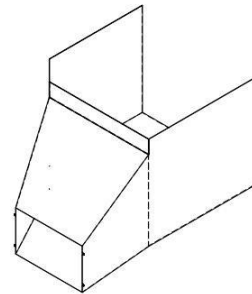
MATERIAL: Plancha espesor $\frac{3}{8}$ " ASTM A36 A menos que se indique lo contrario	PROPIEDAD: MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR		LAMINA
	PROYECTO: MEZCLADORA		CN-1
	PLANO: CANAL ALIMENTADOR		
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA	DIBUJO: Y.H.W.M



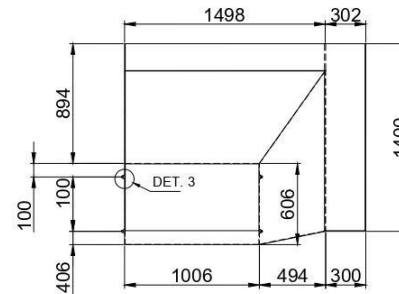
VISTA PLANTA



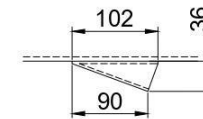
VISTA FRONTAL



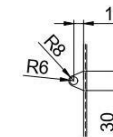
VISTA ISOMETRICA



VISTA LATERAL

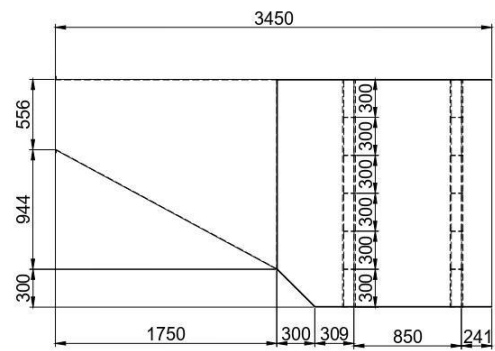


Detalle 1
ESCALA 1 : 5

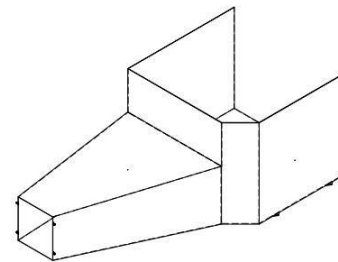


Detalle 2
ESCALA 1 : 10

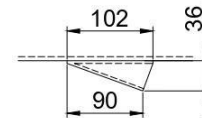
MATERIAL: Plancha espesor $\frac{3}{8}$ " ASTM A36 A menos que se indique lo contrario	PROPIEDAD: MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR		LAMINA
	PROYECTO: MEZCLADORA		TLV-2
	PLANO: TOLVA DE CEMENTO		
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA	DIBUJO: Y.H.W.M



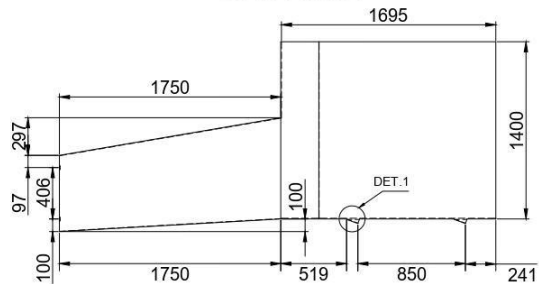
VISTA PLANTA



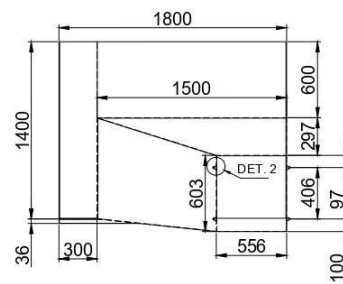
VISTA ISOMETRICA



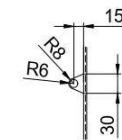
Detalle 1
ESCALA 1 : 5



VISTA FRONTAL

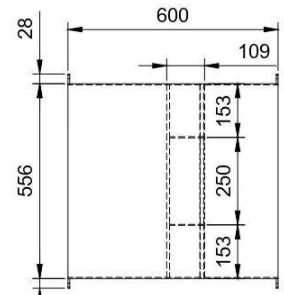


VISTA LATERAL

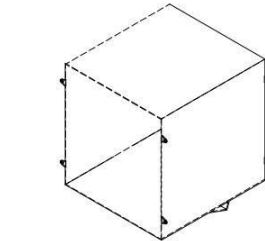


Detalle 2
ESCALA 1 : 10

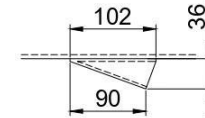
MATERIAL: Plancha espesor $\frac{3}{8}$ " ASTM A36 A menos que se indique lo contrario	PROPIEDAD: MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR	LAMINA
	PROYECTO: MEZCLADORA	TLV-1
	PLANO: TOLVA DE ARENA	
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA
		FECHA: ABRIL 2025



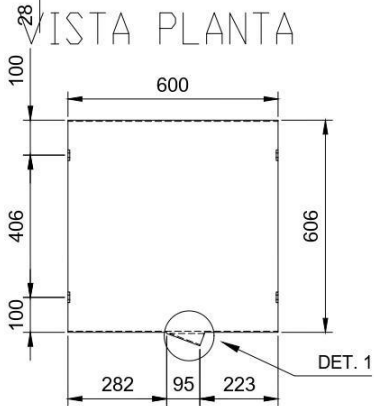
VISTA PLANTA



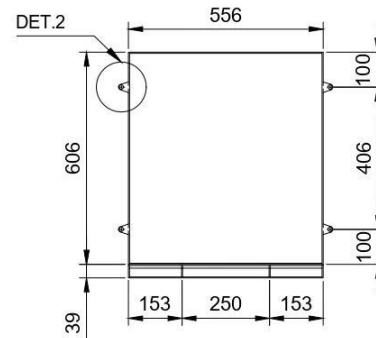
VISTA ISOMETRICA



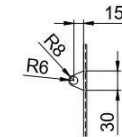
Detalle 1
ESCALA 1 : 5



VISTA FRONTAL

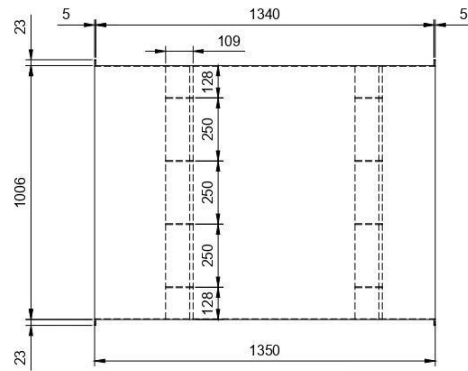


VISTA LATERAL

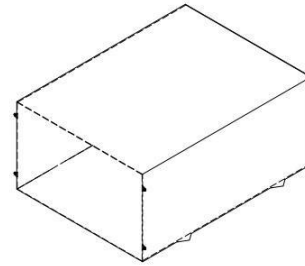


Detalle 2
ESCALA 1 : 10

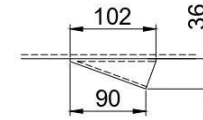
MATERIAL: Plancha espesor $\frac{3}{16}$ " ASTM A36 A menos que se indique lo contrario	PROPIEDAD: MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR		LAMINA
	PROYECTO: MEZCLADORA		M-001
	PLANO: DOSIFICADORAS ARENA		
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA	DIBUJO: Y.H.W.M



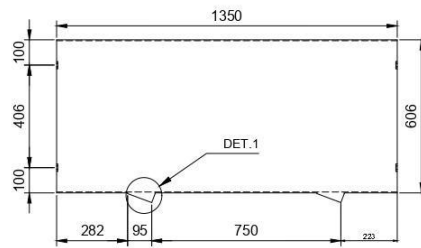
VISTA PLANTA



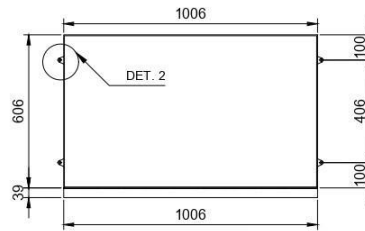
VISTA ISOMETRICA



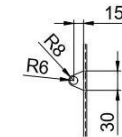
Detalle 1
ESCALA 1 : 5



VISTA FRONTAL



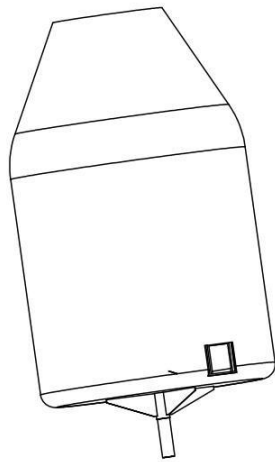
VISTA LATERAL



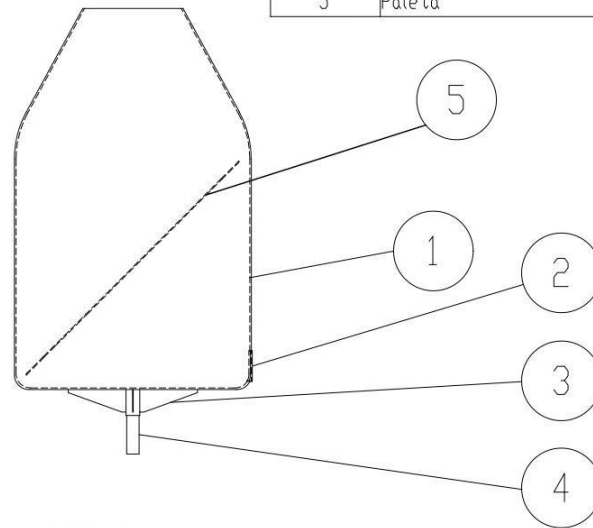
Detalle 2
ESCALA 1 : 10

MATERIAL: Plancha espesor $\frac{3}{8}$ " ASTM A36 A menos que se indique lo contrario	PROPIEDAD: MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR		LAMINA
	PROYECTO: MEZCLADORA		M-001
	PLANO: DOSIFICADORAS CEMENTO		
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA	DIBUJO: Y.H.W.M

Nº DE ELEMENTO	Nº DE PIEZA	CANTIDAD
1	Olla del tambor	1
2	Salida de mezcla	1
3	Cartela	4
4	Eje	1
5	Paleta	2

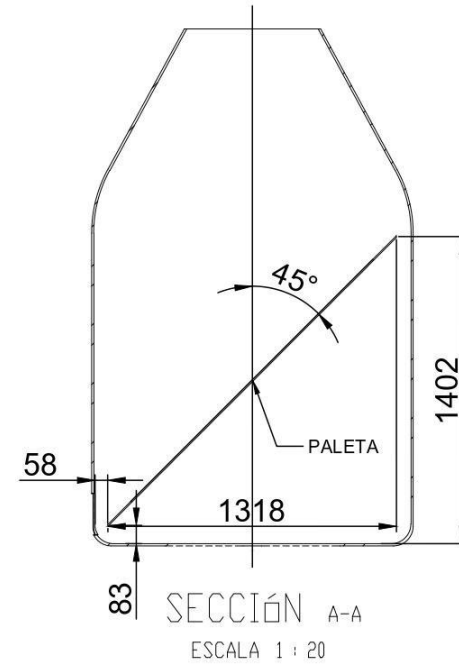
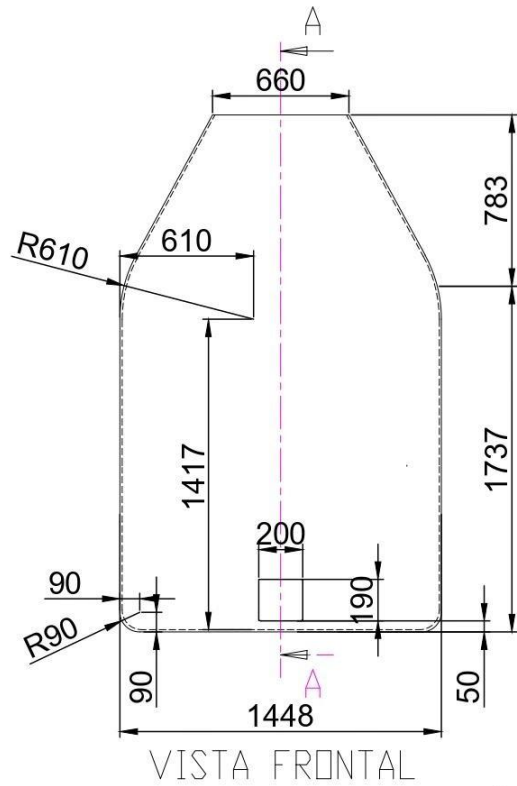


VISTA ISOMETRICA

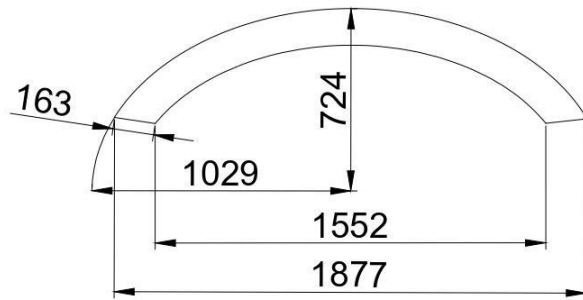


VISTA FRONTAL

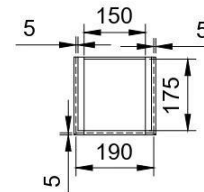
MATERIAL: Segun planos especificos A menos que se indique lo contrario	PROPIEDAD: MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR		LAMINA TAMB-1
	PROYECTO: MEZCLADORA		
	PLANO: TAMBOR -PARTES		
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA	DIBUJO: Y.H.W.M



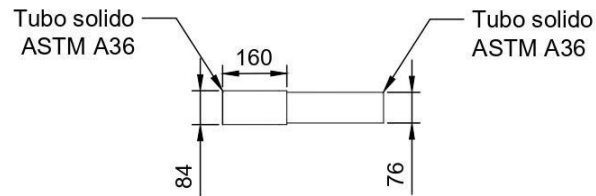
MATERIAL: Plancha espesor 3/8" ASTM A36 A menos que se indique lo contrario	PROPIEDAD: MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR		LAMINA
	PROYECTO: MEZCLADORA		TAMB-2
	PLANO: TAMBOR-OLLA DEL TAMBOR		
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA	DIBUJO: Y.H.W.M



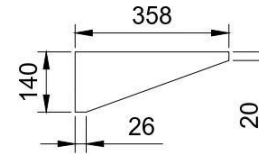
VISTA FRONTAL
⑤ PALETA



VISTA FRONTAL
② SALIDA DE MEZCLA

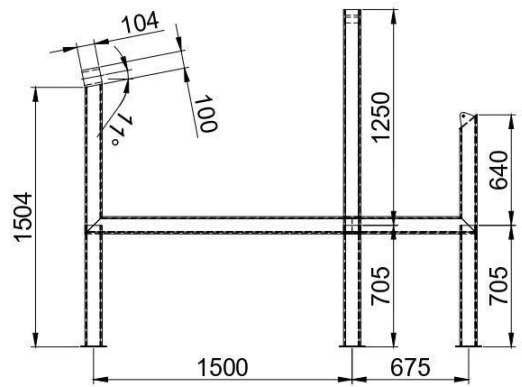


VISTA FRONTAL
④ Eje

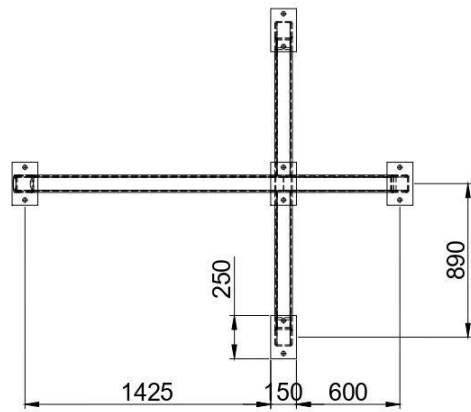


VISTA FRONTAL
③ CARTELA

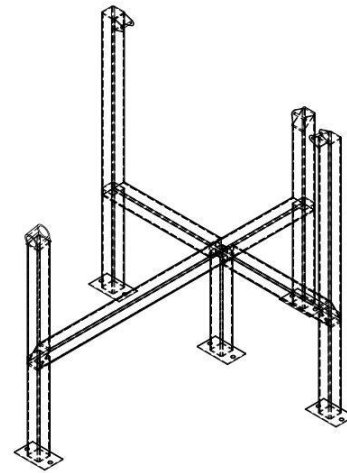
MATERIAL: Plancha espesor 3/16" ASTM A36 A menos que se indique lo contrario	PROPIEDAD: MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR	LAMINA TAMB-3
	PROYECTO: MEZCLADORA	
	PLANO: TAMBOR-PARTES 2 AL 5	
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA
		FECHA: ABRIL 2025



VISTA PLANTA

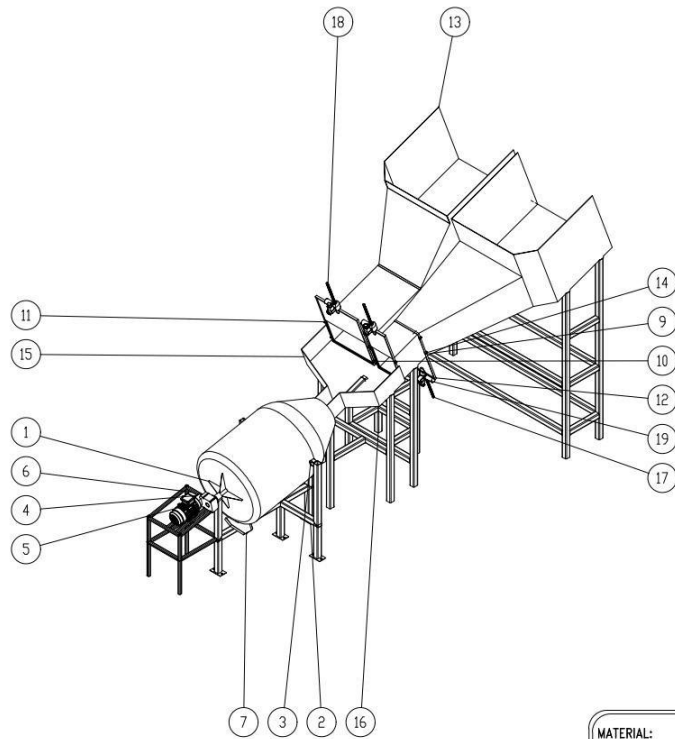


VISTA FRONTAL



VISTA ISOMETRICA

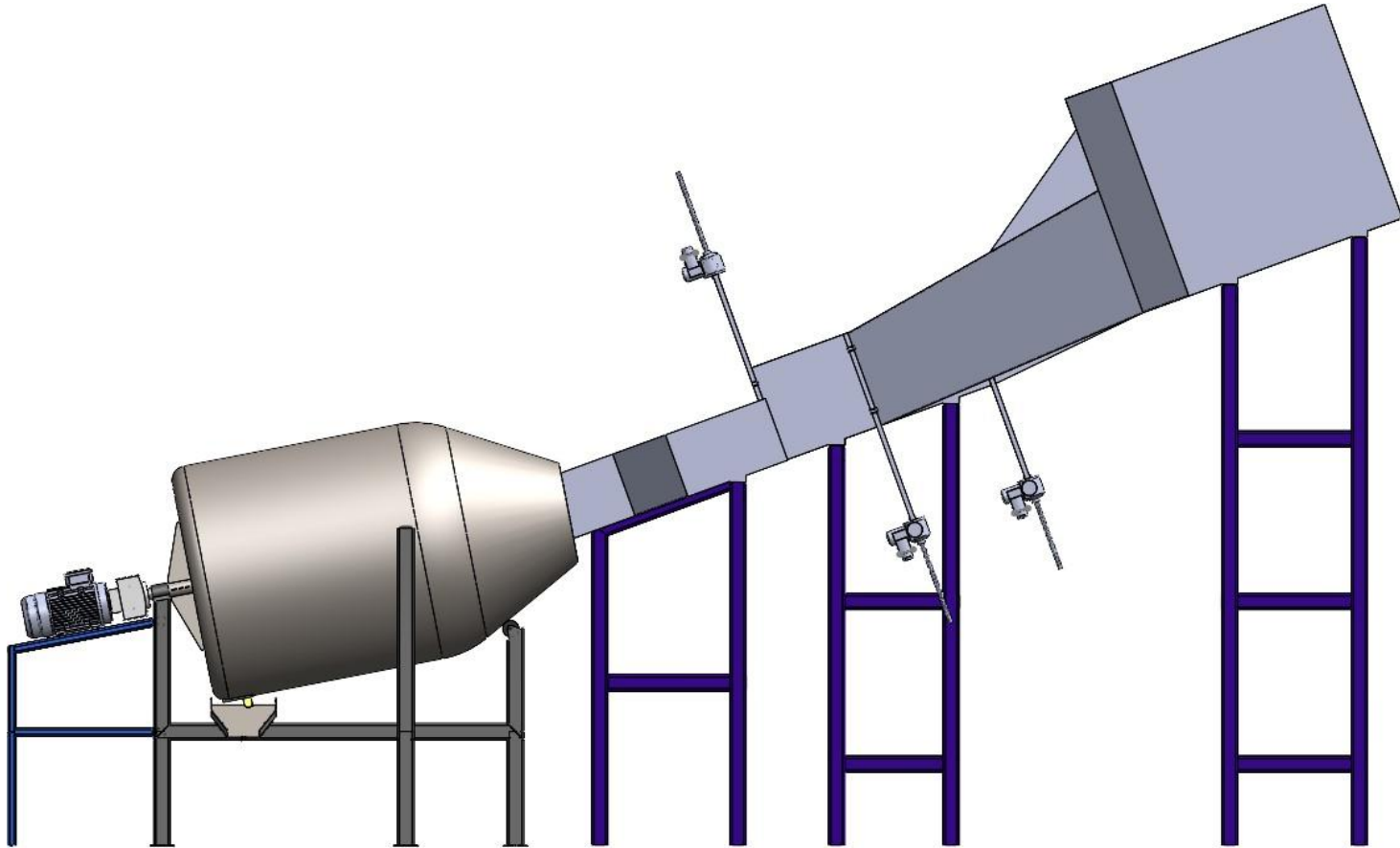
MATERIAL: Tubo Cuadrado 4"x4"x3/16" ASTM A36 A menos que se indique lo contrario	PROPIEDAD: MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR		LAMINA
	PROYECTO: MEZCLADORA		EST-2
	PLANO: ESTRUCTURA DE TAMBOR		
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA	DIBUJO: Y.H.W.M

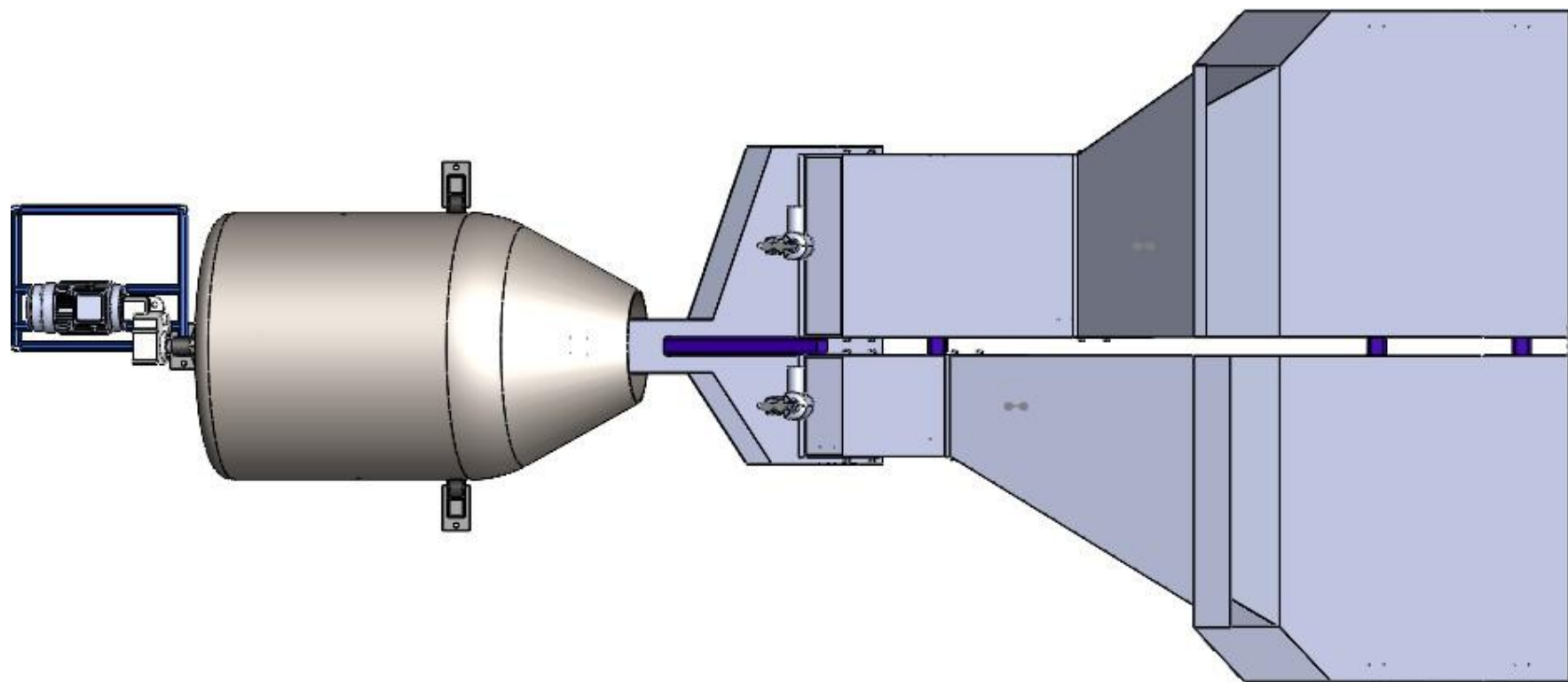


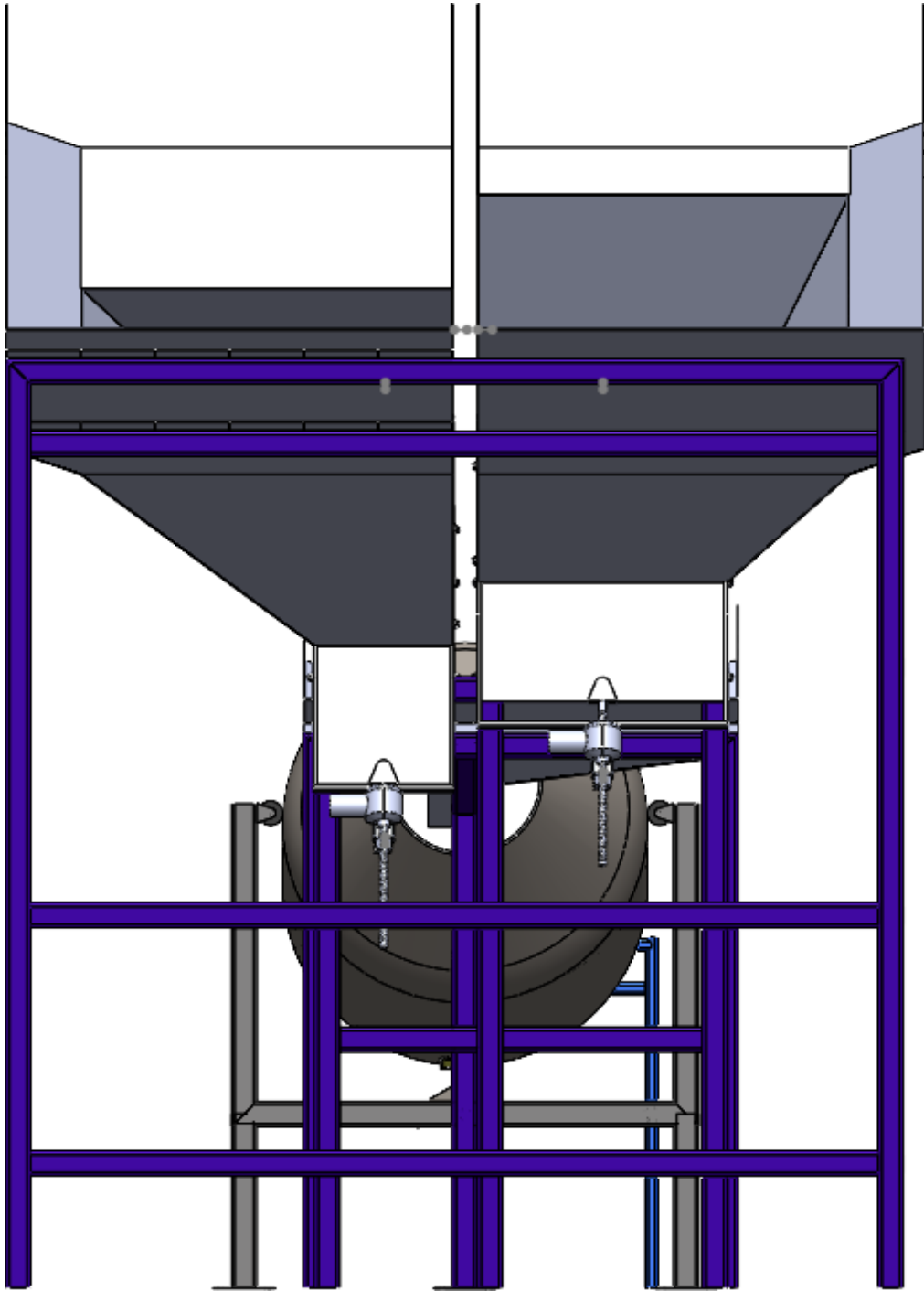
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	tambor	1
2	Estructura	1
3	rodillo	3
4	motoreductor	1
5	Motor trifasico	1
5	estructura soporte motor	1
7	Chute	1
8	tapa de descarga	1
9	caja de arena	1
10	caja de cemento	1
12	Marco guia cemento	2
12	Marco guia	2
13	Tolva Derecha	1
14	Tolva izquierda	1
15	Canal de alimentación	1
16	Estructura de tolvas	1
17	compuerta arena	2
18	Compuerta cemento	2
19	multigiro	4

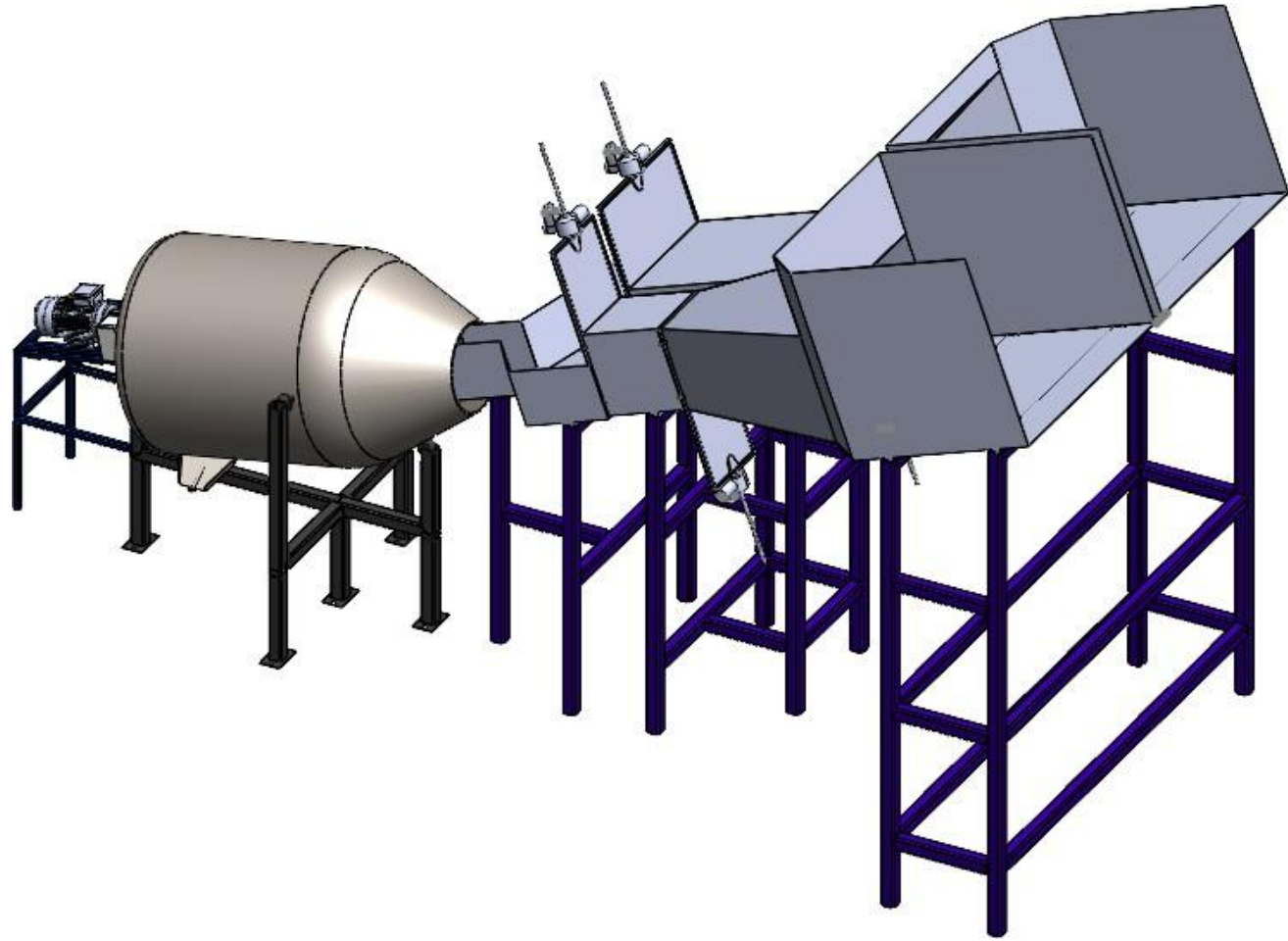
MATERIAL: Según planos especificos	PROPIEDAD:	MEZCLADORA LADRILLERA YNTOR		LAMINA
	PROYECTO:	MEZCLADORA		EST-2
	PLANO:	DISEÑO GENERAL		
	PROFESIONAL RESPONSABLE: YNTOR HINTOR WILLIAN MARIN	ESCALA: INDICADA	DIBUJO: Y.H.W.M	FECHA: ABRIL 2025

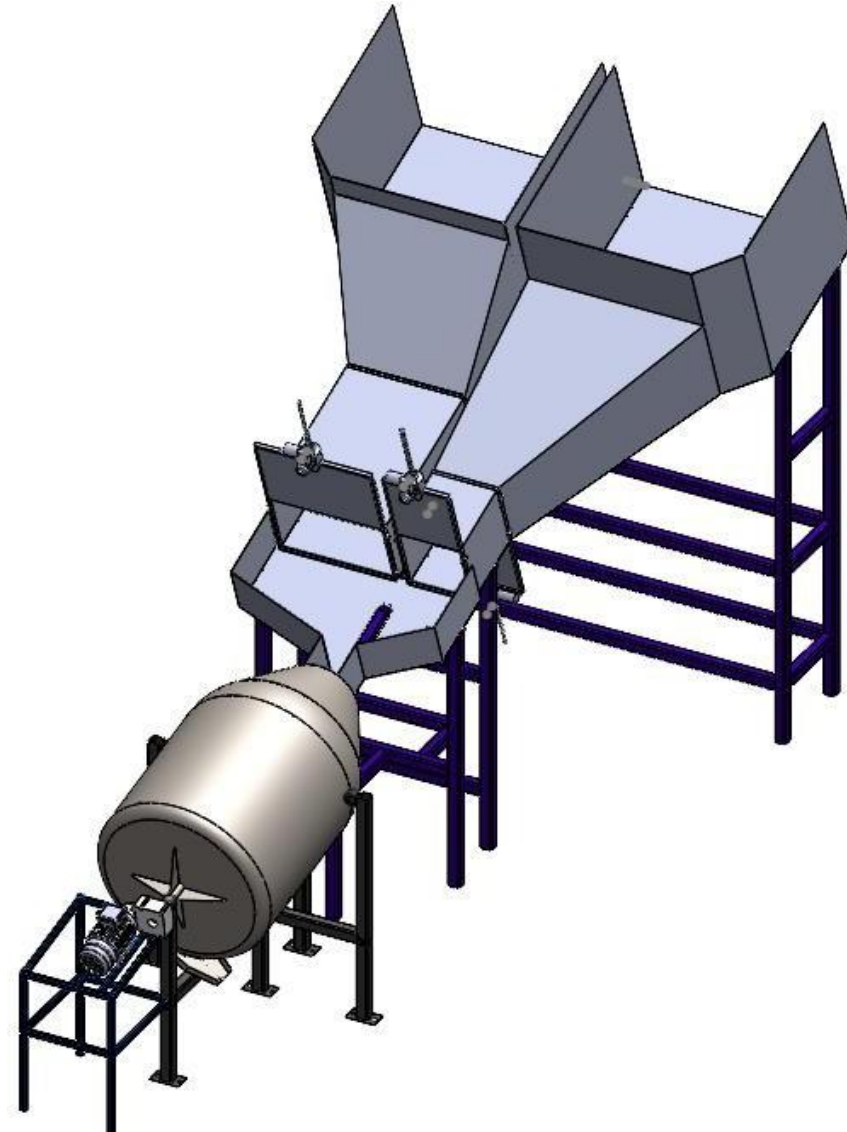
Anexo 08: Imágenes













**MC-94S
MC-94P
MEZCLADORAS
DE
CONCRETO**

Revisión #8 (03/06/09)



MULTIQUIP INC.

18910 WILMINGTON AVE.
CARSON, CALIFORNIA 90746
310-537-3700
800-421-1244
FAX: 310-537-3927

E-mail: mq@multiquip.com • www.multiquip.com

Atlanta • Boise • Dallas • Houston • Newark
Montreal, Canada • Manchester, UK
Rio De Janeiro, Brazil • Guadalajara, Mexico

DEPARTAMENTO DE REFACCIONES:

800-427-1244
FAX: 800-672-7877

DEPTO. DE SERVICIO/ASISTENCIA TECNICA:

800-478-1244
FAX: 310-631-5032

MC-94P/S MEZCLADORA DE CONCRETO — ESPECIFICACIONES

Tabla 1. Especificaciones (Motor/motor eléctrico)

	Modelo	HONDA GX240K1QA2	Baldor 35LYL229
Motor/Motor eléctrico	Tipo	Enfriado por aire de 4 tiempos, un cilindro, OHV, eje horizontal motor a gasolina	1.5 HP, monofásico 115/230 VAC, motor eléctrico
	Carrera X golpe	73 mm x 58 mm (2.90 pulg. X 2.30 pulg.)	N/A
	Desplazamiento	14.81 cc	N/A
	Rendimiento máximo	8.0 H.P./3600 R.P.M.	1.5 HP/1725 R.P.M.
	Capacidad del tanque de combustible	Aprox. 6 litros (1.59 galones U.S.)	N/A
	Combustible	Gasolina sin plomo	N/A
	Capacidad del aceite lubricante	2-1/3 pintas	N/A
	Método de control de velocidad	Balancín de tipo centrifugo	N/A
	Método de arranque	Arranque retráctil	Eléctrico
	Voltaje de entrada	N/A	115/230 VAC monofásico
Dimensiones (L x A x A)	355 X 430 X 410 mm (14.0 x 16.9 X 16.1 pulg.)	395 X 220 X 230 mm (15.55 x 8.65 X 9.06 pulg.)	
Peso seco neto	25 Kg. (55.1 lbs)	Aprox. 5.4 kg. (12 lbs.)	

Tabla 2. MC-94P/S Especificaciones de la mezcladora

Altura	1,600 mm (63 pulg.)
Ancho	1,295 mm (51 pulg.)
Largo	2,185 mm (86 pulg.)
Radio de la olla	517.5 mm (20.37 pulg.)
Capacidad máxima de la olla	350 litros (12.35 pies cu.)
Capacidad máxima de la mezcladora	255 litros (9.0 pies cu.)
Capacidad de sacos	(1 ~ 1.5 sacos)
Peso - sin motor/motor eléctrico	342 Kg. (755 lbs.)



MEZCLADORA DE CONCRETO 11P3

MARCA	CEMAP
MOTOR	HONDA GX – 390 (13HP)
DIMENSIÓN	863MM DE DIÁMETRO POR 1100MM DE PROFUNDIDAD
SUSPENSIÓN	MUELLE PARA TRANSPORTE SUAVE
CAPACIDAD	11P3 (250 lt)
GIRO TOLVA	360°
R.P.M TOLVA	36 – 40
POTENCIA DEL MOTOR	13HP
SISTEMA DE FRENO	TIPO PEDAL
DIMENSIONES APROX. MTS	ANCHO LARGO ALTO 1.4 2.0 1.8
PESO APROX. CON MOTOR	300KG
NEUMÁTICAS	LLANTAS ARO 13”
TUBO DE ARRASTRE	SI
CALIBRE DE LA TOLVA	3/16
CHASIS	ANGULO DE 2 1/2 X 3/16
TRANSMISIÓN DE POTENCIA	POLEA DOBLE CON CANAL FAJA E “ V ”
ARRANQUE	RETRÁCTIL
PALETA DE MEZCLADO	3 LARGOS DE DOBLE PLATINA DE ¼” X 1 ¼”
TAMBOR	PLANCHA LAC 5/32
PRODUCCIÓN	5 – 6 M 3/H
COLOR	ANARANJADO

AV. Huarochiri MZ.L lote 13 Urb. La portada de Ceres – Santa
 E-MAIL: cemap.industrial@gmail.com
 cel. 959280118 fijo: (01)3864380



Ficha técnica – BAUKER

Con capacidad de 210 litros que permitirá mezclar en grandes cantidades, de manera rápida gracias a su tambor con velocidad de rotación de tambor de hasta 35 revoluciones por minuto. Cuenta además con gran resistencia y durabilidad debido a su construcción en hierro. Su carga máxima por mezcla hasta 180 Kg otorgando una capacidad bastante óptima para usos prolongados y su potencia máxima de uso llega hasta los 850 W, cuenta con protector térmico para mayor seguridad.

Características	Gran resistencia y mayor durabilidad
Marca	Bauker
Material	Fierro
Modelo	XH-PCM210
Contenido	1 unidad
Medidas	1.4 x 0.8 x 1.5 m
Potencia máxima	850 W / 1.14 HP
Voltaje	220 - 240 V
Frecuencia	50 / 60 Hz
Velocidad de rotación (tambor)	35 RPM
Velocidad de rotación (motor)	3400 RPM
Capacidad volumétrica (tambor)	210 L / 55 Gal
Carga máxima por mezcla	180 kg / 396 lb
Clase eléctrica	II
Diámetro (tambor)	69 cm / 27.17"
Protector térmico	Sí
Volumen de trabajo	120 L
Peso	76 kg
Color	Naranja
uso	Ideal para mezclado de agregados
Procedencia	China
Tipo	Trompos
Grupo de producto	Herramientas para Construcción
Familia	Herramientas y Maquinarias
Recomendaciones:	
Siempre revise que todos los pernos, tuercas y tornillos estén apretados antes de cada uso, especialmente aquellos protectores de seguridad y mecanismos de tracción	



LÍNEA DE MEZCLADORAS

www.maquitedecolombia.com
info@maquitedecolombia.com
Cra. 22 # 68 - 68 | Bogotá, Colombia.



Maquinaria Liviana

MEZCLADORA 1.5 BULTOS

Mezcladora de concreto de 1.5 Bultos diseñada para trabajo pesado y continuo, con materiales de primera calidad, fácil acceso para servicios y menor costo en mantenimientos, equipada con paletas de mezclado proporcionando una mezcla homogénea de los materiales en ciclos de trabajo reducidos, poleas y correas, reduciendo las revoluciones por minuto.

La máquina en referencia está diseñado para trabajar, con motor a gasolina, diésel o eléctrico.



FICHA TÉCNICA	
Motor	Eléctrico, Gasolina, Diésel
Fabricación	lamina trabajo pesado calibre 3/16" y 1/8"
Chasis	en U de 3"
Cremallera	Completa intercambiable
Cabina	Calibre 16
Producción x hora	2,25 a 3 m3 o 13 a 15 bultos
Corona diente interno	Hierro
Seguridad industrial	Piñón protegido
Rodamientos	Trabajo pesado
Llantas	Nuevas rin N° 13
Peso seco	270 Kg (sin motor)
Tambor	149 cm
Capacidad Máxima	400 Lt (diámetro)
Capacidad de mezcla	300 Lt

SKU:

Sin Motor	M1-5
Motor Eléctrico WEG Monofásico 5HP	M1-5EMW5E
Motor Eléctrico ECO Trifásico 5HP	M1-5ETE5E
Motor Eléctrico WEG Trifásico 5HP	M1-5ETSSW
Motor Gasolina ECO 6,5 HP	M1-5G6,5
Motor Gasolina Ford 7HP	M1-5G7F
Motor Gasolina ECO 9HP	M1-5G9K
Motor Gasolina Kohler 9,5 HP	M1-5G10M
Motor Gasolina Honda 9HP	M1-5G9H
Motor Diésel ECO 7HP	M1-5D7K
Motor Diésel ECO 10HP	M1-5D10K
Motor Diésel Kama 7HP	M1-5D7KA
Motor Diésel Kama 10HP	M1-5D10KA

Maquinaria Liviana

MEZCLADORA DE 2 BULTOS

Mezcladora de concreto de 2 Bultos diseñada para trabajo pesado y continuo, con materiales de primera calidad, fácil acceso para servicios y menor costo en mantenimientos, equipada con paletas de mezclado proporcionando una mezcla homogénea de los materiales en ciclos de trabajo reducidos, poleas y correas, reduciendo las revoluciones por minuto.

La máquina en referencia está diseñado para trabajar, con motor a gasolina, diésel o eléctrico.



FICHA TÉCNICA

Motor	Eléctrico, Gasolina, Diésel
Fabricación	lamina trabajo pesado calibre 3/16" y 1/8"
Chasis	en U de 3"
Cremallera	Completa intercambiable
Cabina	Calibre 16
Producción x hora	3 a 4 m ³ o 15 a 18 bultos
Corona diente interno	Hierro
Seguridad industrial	Piñón protegido
Rodamientos	Trabajo pesado
Llantas	Nuevas rin N° 13
Peso seco	340 Kg (sin motor)
Tambor	167 cm (diámetro)
Capacidad Máxima	500 Lt
Capacidad de mezcla	390 Lt



SKU:

Sin Motor	M2
Motor Eléctrico ECO Trifásico 5 HP	M2ET5E
Motor Eléctrico WEG Monofásico 5HP	M2EM5W
Motor Eléctrico WEG Trifásico 5HP	M2ET5W
Motor Gasolina ECO 9 HP	M2G9K
Motor Kohler 9,5 HP	M2G10M
Motor Gasolina Honda 9HP	M2G9H
Motor Diésel ECO 10HP	M2D10K
Motor Diésel Kama 10HP	M2D10KA

Anexo 09: Boleta de ventas

Marica

NOTA DE VENTA
FECHA

SEÑOR (ES):
DIRECCIÓN:

CANT.	DESCRIPCION	P. UNIT.	TOTAL
01			
02	<i>La dentilla</i>		
03			
04			
05			
06	<i>15000</i>		
07			
08			
09	<i>(milla x 700)</i>		
10			
11			
12			
13			
14			
15	<i>12000</i>		
16			
17			
18			

REVISE BIEN SU MERCADERIA, NO HAY CAMBIOS NI DEVOLUCIONES TOTAL S/

NOTA DE VENTA
FECHA *12 06 25*

Sr.(es):
Dirección:

N°	CANT.	DESCRIPCION	P. UNIT.	TOTAL
01		<i>Sra. Marisol</i>		
02				
03		<i>10 millares</i>	<i>950⁰⁰</i>	<i>9500⁰⁰</i>
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10		<i>Cancelado</i>		
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

REVISE BIEN SU MERCADERIA NO HAY CAMBIO NI DEVOLUCION TOTAL S/