



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

“Diseño de un silo de alimentación para granos en poliéster reforzado con fibra de vidrio  
(PRFV) de capacidad 18 toneladas”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
**Ingeniero Mecánico**

AUTOR:

Sanjinez Ccarhuaypiña, Leandro Miguel (ORCID: 0000-0001-8443-0275)

ASESOR:

Dr. Olortegui Yume, Jorge (ORCID: 0000-0001-5734-040X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Equipos y Máquinas

TRUJILLO – PERÚ  
2020

## DEDICATORIA

Este logro profesional y personal es el resultado del apoyo incondicional que he recibido de mi señor padre CANDELARIO SANJINEZ L. y mi señora madre ANA LUCIA CCARHUAYPIÑA O.; quienes siempre me supieron guiar por el buen camino, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi perseverancia, mi coraje para conseguir los objetivos que deseo lograr en la vida.

Así mismo un reconocimiento especial a VIVIAN P. A., CLAUDIA S. C. y LUCIANA S. C., por su apoyo en muchos momentos de mi vida, por su paciencia, comprensión y fuente inagotable de motivación para el éxito de esta meta. A mis amigos por ser parte de mi historia, a los que considero mis hermanos.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento sincero a aquellas personas que compartieron sus conocimientos para hacer posible la conclusión de esta tesis.

Un especial agradecimiento a mi asesor el Dr. Jorge Antonio Olórtegui Yume por su asesoría siempre dispuesta aun en la distancia; además darle gracias al Ing. Enrique Rodriguez Zamora por su apoyo incondicional; al darnos las facilidades pertinentes para adquisición de datos en el área de fibra de la empresa AYNI S.A.C.

**El Autor**

## ÍNDICE

<b>Dedicatoria</b> .....	iii
<b>Agradecimiento</b> .....	iv
<b>Índice</b> .....	v
<b>Resumen</b> .....	viii
<b>Abstract</b> .....	ix
<b>I. Introducción</b> .....	1
<b>II. Método</b> .....	8
2.1. Diseño de investigación .....	8
2.2. Variables .....	8
2.3. Diagrama de caja negra.....	9
2.4. Operacionalización de variables .....	10
2.5. Población y muestra.....	11
2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	11
2.7. Métodos de análisis de datos.....	11
2.8. Aspectos éticos.....	12
<b>III. Resultados</b> .....	16
3.1. Necesidades de la empresa.....	16
3.2. Normativa asociada a diseño de silos .....	20
3.3. Especificaciones ingenieriles del silo .....	20
3.4. Diseño conceptual .....	21
3.5. Selección de concepto mediante matriz de pesos ponderados .....	24
3.6. Diseño de configuración .....	27
3.7. Dimensionamiento general del silo.....	31
3.8. Selección de materiales .....	32
3.9. Cargas de diseño .....	34
3.10. Diseño paramétrico .....	36

3.11. Gui de análisis paramétricos .....	39
3.12. Comparación económica.....	42
<b>IV. Discusión.....</b>	<b>46</b>
<b>V. Conclusiones.....</b>	<b>48</b>
<b>VI. Recomendaciones.....</b>	<b>49</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>50</b>
<b>Anexo .....</b>	<b>53</b>

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó el diseño de un silo en fibra de vidrio con una capacidad de almacenamiento de 18 toneladas, para almacenar granos. En el desarrollo del diseño fue necesario realizar entrevistas a la empresa AYNI SAC para determinar los requerimientos de dicha empresa a fin de dar inicio al diseño. Con la búsqueda bibliográfica se encontraron normas relacionadas a la fabricación de silo. En la secuencia de cálculo se tomó como base el método simplificado para determinar las presiones dentro del silo proporcionado por el Eurocodigo 1 (UNE-ENV 1991-4 Rev.1998). Posteriormente se establecieron las variables a utilizar para el diseño del silo, de los cuales se obtuvieron como resultado el coeficiente de seguridad (SR) y el espesor de pared (h).

A continuación, se elaboró una tabla con especificaciones de ingeniería y se procedió a hacer el dimensionamiento de general del silo. Adicionalmente a esto se establecieron diversos conceptos de diseño para seleccionar la mejor opción de entre ellos, para el filtrado de estos conceptos se empleó una matriz de selección de criterios ponderados. De la misma forma se realizaron diversas configuraciones a las que se les aplicó una matriz de selección obteniendo de esta manera la configuración óptima y que cumpla con los requerimientos de la empresa.

Para agilizar los cálculos y hacer más intuitivo el análisis paramétrico se elaboró una GUI en Matlab, en la cual se ingresan los valores de la geometría del silo, el peso específico del grano y la presión interna del silo, así como también las propiedades de la fibra (Mat y W. Roving) y la resina. En la graficas paramétricas se encuentran representados la relación entre el coeficiente de seguridad y el número de láminas para cada tipo de laminado. De este análisis se seleccionó como la opción optima seis capas para el tipo de laminado Chopped-Strand-MAT/Woven-Roving el cual brinda un factor de seguridad de  $SR = 39.12$ .

Finalmente se observa que fabricar silos en fibra de vidrio deja un gran margen de ganancia (S/. 15704.72) si el silo es vendido a un precio similar al de los silos en acero inoxidable.

*Palabras clave:* diseño de silo, poliéster reforzado con fibra de vidrio, almacenamiento de granos.

## ABSTRACT

In the present work the design of a fiberglass silo with a storage capacity of 18 tons was carried out, to store grains. In the development of the design it was necessary to conduct interviews with the company AYNI SAC to determine the requirements of said company in order to begin the design. With the literature search, standards related to the manufacture of silo were found. The simplified method was used in the calculation sequence to determine the pressures within the silo provided by Eurocode 1 (UNE-ENV 1991-4 Rev.1998). Subsequently, the variables to be used for the design of the silo were established, from which the safety coefficient (SR) and the wall thickness (h) were obtained.

Next, the table with engineering specifications was prepared and the silo general sizing was carried out. In addition to this, various design concepts were established to select the best option among them, for weighting these concepts a matrix of selection of weighted criteria was used. In the same way, various configurations were made to which a selection matrix was applied, obtaining in this way the optimal configuration and that meets the requirements of the company.

To expedite the calculations and make the parametric analysis more intuitive, a GUI was developed in Matlab, in which the values of the wing geometry of the silo, the density of the grain and the internal pressure of the silo, as well as the properties of the fiber ( Mat and W. Roving) and the resin. The relationship between the safety coefficient and the number of sheets for each type of laminate are represented in the parametric graphs. From this analysis, six layers were selected as the optimal option for the type of Chopped-Strand-MAT / Woven-Roving laminate which provides a safety factor of  $SR = 39.12$ .

Finally it is observed that manufacturing silos in fiberglass leaves a large profit margin (S /. 15704.72) if the silo is sold at a price similar to that of stainless steel silos.

Keywords: design of a silo; fiberglass reinforced polyester silo; grain feed silo.