



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN DE HORNOS REGENERATIVOS UTILIZADOS PARA FUNDICIÓN DE  
VIDRIO CALIZO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE ENVASES EN GUATEMALA**

**Welter Iván Contreras Rojas**

Asesorado por el MA. Ing. Luis Renato Vanegas Canjura

Guatemala, agosto de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN DE HORNOS REGENERATIVOS UTILIZADOS PARA FUNDICIÓN DE  
VIDRIO CALIZO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE ENVASES EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**WELTER IVÁN CONTRERAS ROJAS**

ASESORADO POR EL MA. ING. LUIS RENATO VANEGAS CANJURA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE HORNOS REGENERATIVOS UTILIZADOS PARA FUNDICIÓN DE VIDRIO CALIZO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE ENVASES EN GUATEMALA**

Tema que me fue asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 06 de mayo de 2022.

**Welter Iván Contreras Rojas**



**EEPFI-PP-0671-2022**

Guatemala, 6 de mayo de 2022

**Director**  
**César Ernesto Urquizú Rodas**  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial  
Presente.

**Estimado Ing. Urquizú**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SISTEMA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE HORNOS REGENERATIVOS UTILIZADOS PARA FUNDICIÓN DE VIDRIO CALIZO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE ENVASES EN GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gerencia Estratégica - Planeación de proyectos**, presentado por el estudiante **Welter Ivan Contreras Rojas** carné número **9615570**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. Luis Renato Vanegas Canjura  
Asesor(a)

Mtro. Kenneth Lubeck Corado Esquivel  
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-0671-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SISTEMA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE HORNOS REGENERATIVOS UTILIZADOS PARA FUNDICIÓN DE VIDRIO CALIZO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE ENVASES EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Welter Ivan Contreras Rojas**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2022

LNG.DECANATO.OI.611.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE HORNOS REGENERATIVOS UTILIZADOS PARA FUNDICIÓN DE VIDRIO CALIZO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE ENVASES EN GUATEMALA**, presentado por: **Welter Iván Contreras Rojas**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Inga. Aurelia Anabela Cordova   
Decana

Guatemala, agosto de 2022

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser el Señor de mi vida, mi guía en mi caminar, dándome fortaleza en todo momento.
- Mi esposa** Catherine Danielle Remis Salguero, por ser mi ayuda idónea y el aliento que me hace ser cada día mejor.
- Mi hija** Jimena Isabel Contreras Remis, por ser el milagro más grande en mi vida.
- Mis padres** Belter Contreras y Carol Rojas, por ser un ejemplo para mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser una importante influencia en mi carrera,  
entre otras cosas.

**Facultad de Ingeniería**

Por brindarme todos los conocimientos  
necesarios para desarrollarme como  
profesional.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
3.1. Contexto general .....	9
3.2. Descripción del problema .....	10
3.3. Formulación del problema .....	10
3.3.1. Pregunta central.....	10
3.3.2. Preguntas auxiliare.....	11
3.4. Delimitación del problema .....	11
4. JUSTIFICACIÓN .....	13
5. OBJETIVOS .....	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos .....	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	17
6.1. Etapas de investigación.....	17

7.	MARCO TEÓRICO .....	21
7.1.	La industria del vidrio .....	21
	7.1.1. Composición de vidrio.....	21
	7.1.2. Fundición de vidrio.....	22
	7.1.3. Distribución de vidrio hacia las máquinas.....	23
7.2.	Definición de proyectos .....	24
	7.2.1. Proyectos.....	24
	7.2.2. La importancia en la dirección de proyectos.....	25
7.3.	Gestión de proyectos .....	25
	7.3.1. Acta de constitución del proyecto.....	26
	7.3.2. Plan para la dirección de un proyecto.....	26
	7.3.3. Dirección y gestión de un proyecto.....	26
	7.3.4. Gestión de conocimiento de un proyecto.....	26
	7.3.5. Control y monitoreo de actividades de un proyecto....	27
	7.3.6. Gestión de cambios.....	27
	7.3.7. Cierre del proyecto.....	27
7.4.	Gestión de alcance.....	27
	7.4.1. Planificar la gestión del alcance.....	28
	7.4.2. Recopilar requisitos.....	28
	7.4.3. Definir alcance.....	30
	7.4.4. Validar alcance.....	30
	7.4.5. Controlar alcance.....	30
7.5.	Gestión del cronograma del proyecto.....	30
	7.5.1. Planificación de la gestión del cronograma.....	31
	7.5.2. Definición de actividades.....	31
	7.5.3. Estimación de duración de actividades y desarrollo de cronograma.....	31
	7.5.4. Controlar el cronograma.....	32
7.6.	Gestión de costos del proyecto .....	33

7.6.1.	Planificar la gestión de costos.....	33
7.6.2.	Estimar costos.....	33
7.6.3.	Determinar el presupuesto.....	34
7.6.4.	Controlar los costos.....	35
7.7.	Herramientas para monitoreo y control de costos .....	35
7.7.1.	Variación del cronograma.....	36
7.7.2.	Variación del costo.....	36
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO.....	39
9.	METODOLOGÍA.....	43
9.1.	Enfoque .....	43
9.2.	Diseño .....	43
9.3.	Tipo de estudio.....	44
9.4.	Alcance.....	44
9.5.	Variables e indicadores .....	44
9.6.	Fases.....	45
9.7.	Resultados esperados.....	47
9.8.	Unidad de análisis .....	48
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	49
10.1.	Herramientas de diagnóstico .....	49
10.2.	Análisis de la información.....	49
11.	CRONOGRAMA.....	53
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	55
13.	REFERENCIAS.....	57

14. APÉNDICES .....61

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Esquema de solución .....	18
2.	Horno regenerativo.....	23
3.	Partes de hornos regenerativos .....	24
4.	Matriz de trazabilidad de requisitos .....	29
5.	Secuencia de actividades.....	31
6.	Componentes del presupuesto del proyecto .....	34
7.	Matriz de riesgos .....	51
8.	Cronograma de actividades .....	53

### TABLAS

I.	Operacionalización de variables .....	44
II.	Fórmulas para análisis de datos .....	50
III.	Presupuesto de la investigación.....	55



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	Arena sílice
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Caliza
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	Carbonato sódico
<b>AC</b>	Costo real
<b>EAC</b>	Estimación a la conclusión
<b>CPI</b>	Índice de desempeño del costo
<b>SPI</b>	Índice de desempeño del cronograma
<b>SV</b>	Medición del cronograma
<b>EV</b>	Valor ganado
<b>PV</b>	Valor planificado
<b>BAC</b>	Valor planificado total del proyecto a la conclusión
<b>VAC</b>	Variación a la conclusión
<b>CV</b>	Variaciones en los costos del proyecto



## GLOSARIO

<b>Alimentadores</b>	Canales de distribución del vidrio hacia las máquinas formadoras de envases.
<b>Burbuja</b>	Defecto visualizado en el interior de las paredes del envase de vidrio.
<b>Garganta</b>	Parte del horno en donde pasa el vidrio hacia el distribuidor o refinador.
<b>Horno regenerativo</b>	Tipo de horno utilizado para fundir vidrio para envases.
<b>PMBOK®</b>	Guía para gestión de proyectos.
<b>PMI</b>	Project Management Institute.
<b>Refinación</b>	Fase del proceso de fundición del vidrio, donde se eliminan las semillas y burbujas.
<b>Refinador</b>	Parte del horno donde se termina de realizar el proceso de refinación del vidrio.
<b>Semilla</b>	Defecto visualizado en el interior de las paredes del envase de vidrio, más pequeña que la burbuja.

**Vidrio**

Líquido subenfriado de una viscosidad infinita.

## RESUMEN

La presente investigación está desarrollada dentro de las actividades de una planta productora de envases de vidrio, el cual será un apoyo a los departamentos de Fundición y Mantenimiento General de la compañía, para lograr gestionar de una manera eficiente la construcción de un horno, que es donde se funde la materia prima que da como resultado el vidrio que se utiliza para formar diferentes tipos de envases que serán el empaque primario de una gran variedad de productos alimenticios.

Su finalidad es la de proveer una herramienta útil para la administración de cualquier proyecto relacionado con la reparación, construcción o reconstrucción de un horno regenerativo para la fundición de vidrio y que el mismo sea exitoso desde el punto de vista financiero, así también, que cumpla con el plazo de entrega estipulado desde su concepción hasta su finalización.

El diseño de investigación está estructurado de tal forma que el lector pueda con facilidad llevar una secuencia lógica de los pasos necesarios para desarrollar un plan efectivo tanto de las actividades a realizar durante la reparación o construcción del horno, como también el control de los costos asociados a dichas actividades, logrando dar un monitoreo minucioso en cada fase del proyecto.



# 1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación consiste en desarrollar una sistematización de gestión de proyectos para la construcción de hornos para fundir vidrio. En toda industria se realizan proyectos de diferente índole, el éxito de ellos depende específicamente de si se tiene o no una metodología adecuada desde que nacen hasta que cierran. Los proyectos exitosos son aquellos que cumplen con las expectativas bajo los cuales nacieron, cumpliendo su propósito con la calidad esperada dentro del presupuesto aprobado y en el tiempo estipulado.

Esta gestión de proyectos no es algo nuevo, desde la antigüedad el ser humano ha sido testigo de grandes proyectos como la construcción de grandes pirámides, el suministro de armamento para una guerra, el llevar el hombre a la luna, la implementación de un sistema informático en una compañía, entre otros. Todos los proyectos nacen con un propósito, y solo las técnicas o prácticas que se ejecuten para dirigirlos, hacen que el propósito quede satisfecho, con los recursos previstos al tiempo acordado.

Por esa razón los directores o gestores de proyectos han buscado la forma de establecer fundamentos a seguir para garantizar su éxito, por lo que han surgido varias escuelas o institutos con certificaciones o sin certificaciones en la gestión de proyectos. Algunos países han desarrollado sus propias metodologías, entre ellas se encuentran: Price2 de Reino Unido, P2M de Japón, ISO 21500 y PMI de Estados Unidos, este último es uno de los estándares más reconocidos en la gestión y dirección de proyectos a nivel mundial.

La construcción de un horno para la fundición de vidrio es el proyecto más grande de una vidriera e involucran actividades como diseño del horno, suministro de materiales, materiales refractarios, construcción de obra civil, diseño y construcción de estructura metálica, diseño y fabricación de equipos de combustión, control electrónico del horno, construcción en sitio, calentamiento y arranque; involucran personal y proveedores de todo el mundo, en diferentes idiomas y todo debe estar totalmente coordinado para que el horno se lleve a cabo en el tiempo preciso con los costos dentro del presupuesto.

El presente trabajo buscará adoptar los principios del Project Management Institute (PMI) bajo la guía del PMBOK®, para crear un diseño de gestión de proyectos de construcción de un horno para fundición de vidrio, y su importancia radica en que ayudará a garantizar el éxito económico, en tiempo y en propósito o alcance previstos. El beneficio esperado será contar con un diseño documentado para Vidriera Guatemalteca, S. A., el cual podrá ser repetido cada vez que un horno se construya o reconstruya.

Para llevar a cabo la realización de esta investigación se realizará bajo el siguiente esquema de solución:

- Realizar una revisión documental sobre los registros contables y registros de entregables de un proyecto de construcción de horno.
- Desarrollar los procesos de gestión, involucrados en la construcción de un horno.
- Establecer indicadores de medición para monitorear el control de costos, tiempo y alcance del proyecto.

- Analizar cuáles serían los riesgos de no contar con una metodología o una guía definida para la construcción de un horno para fundición de vidrio.
- Evaluar los beneficios que se obtendrán con el nuevo sistema de gestión par construcción de un horno.

El informe final estará conformado por cinco capítulos, los cuales son:

El primer capítulo se proporcionará los antecedentes relacionados a la búsqueda de solucionar el problema planteado, se harán preguntas que originarán los objetivos que persigue esta investigación.

El segundo capítulo cubrirá el marco teórico que brindará conceptos clave de la guía PMBOK® que ayudará a comprender los fundamentos y buenas prácticas en la dirección de proyectos. Esta será la base teórica para el diseño de los procesos de gestión de la construcción de un horno.

El tercer capítulo se desarrollará la investigación de acuerdo con los objetivos planteados.

El cuarto capítulo se hará una presentación de los resultados obtenidos de la investigación y los beneficios que se pretenden obtener con seguir la metodología propuesta.

El quinto capítulo tratará sobre la discusión de los resultados de la investigación.



## 2. ANTECEDENTES

El proyecto más grande que se realiza en una vidriera productora de envases es la construcción o reconstrucción de horno donde se funden las materias primas para la obtención de vidrio, luego la producción de los envases. El horno es el activo más oneroso de una vidriera, el total de la inversión para su construcción o reconstrucción puede alcanzar fácilmente los diez millones de dólares, dependiendo de su tamaño y alcance. Por tal motivo, la búsqueda del éxito en la realización de un proyecto de esta magnitud es clave para la empresa.

Marroquín (2017), en su trabajo de graduación habla de lo importante que es utilizar procesos y metodologías que guíen la gestión de cualquier proyecto, para alcanzar los objetivos y metas trazadas, y las acciones que se deben implementar para llegar a alcanzarlos. Resalta la importancia de la correcta finalización de un proyecto de cualquier índole y propone en su solución la utilización de la guía PMBOK® como base para documentar los procesos de la gestión y control de proyectos. El aporte que brinda esta investigación es que sustenta la utilización de la guía PMBOK® como base metodológica para la gestión de un proyecto de construcción de un horno.

Martínez (2015), en su monografía para optar como especialista en evaluación y gerencia de proyectos, demuestra las falencias diagnosticadas en su caso de estudio, hace una comparación importante de los procesos actuales de los proyectos versus la metodología propuesta para la gestión de proyectos de su caso de estudio, que es un proyecto de electrificación. El estándar propuesto en su trabajo es el que dicta el Project Management Institute (PMI) y logra demostrar que facilita el manejo de las actividades críticas del proyecto, por

lo que el beneficio de esta investigación es que el presente trabajo intentará comparar el proceso actual contra el sistema propuesto para extraer sus beneficios.

El estándar propuesto por el PMI es altamente adaptable a un proyecto de cualquier índole, debido a que las buenas prácticas que promueve contribuyen a una alta participación de las partes interesadas en el monitoreo constante de las actividades en los proyectos.

López (2019), en su artículo de revisión bibliográfica, enumera diez casos de resultados exitosos en proyectos bajo los lineamientos del Project Management Institute, en los que se destaca el caso de la planta de separación de gas más grande del mundo, la cual fue terminada en el tiempo estipulado y por debajo del presupuesto, la empresa encargada del proyecto fue Samsung Engineering Co., Ltd., quienes utilizaron la guía PMBOK® para implementar métodos en integración de proyectos de construcción. Este proyecto fue galardonado con el Premio al Proyecto Distinguido del Año del PMI, cuyas prácticas fueron cruciales para el resultado positivo del proyecto. El artículo en mención aporta información de cómo proyectos de tal magnitud pueden concluir en el tiempo acordado y bajo presupuesto utilizando la guía que proporciona el Project Management Institute, incluso cuando las obras quedan paradas por algún motivo, tal y como pasó con la planta de separación de gas del artículo.

Aunque, la mundialmente reconocida guía PMBOK® orienta a implementar las mejores prácticas en la gestión de proyectos, el grado de compromiso de las partes interesadas es fundamental para el éxito de todo proyecto. Fonseca, Moreno, Ramírez y Torres (2019) explican en su trabajo de investigación la relación que existe entre el compromiso y las responsabilidades de los participantes en el éxito del proyecto con base en encuestas realizadas a

funcionarios integrantes de cualquier proyecto intentando correlacionar su éxito con el ambiente laboral del mismo. Por lo que la contribución de esta investigación es que el presente trabajo contendrá información detallada de cómo debe intervenir las partes interesadas al inicio, durante y al final del proyecto de horno.

Adicional a lo anterior, el líder del proyecto juega un papel clave en la planeación, ejecución sana y cierre de cualquier proyecto. Zakielarz (2021) dice que una de las partes más importantes del éxito de un proyecto, es cuánto valor comercial ofrece a las partes interesadas. Por lo que los líderes de los proyectos deben orientar sus esfuerzos a tener un resultado final saludable para la compañía, reconociendo que cada proyecto tiene desafíos diferentes, por lo que el liderazgo es parte esencial para su éxito, de acuerdo con este artículo, el aporte obtenido es que, sin duda, el presente trabajo será una guía práctica para la persona encargada de liderar un proyecto de construcción de horno.

Por tal motivo, adicional a tener una guía mundialmente reconocida como base para estandarizar los procesos en una gestión de proyectos, se hace notar la importancia de un liderazgo sobrio y el compromiso en todo momento de las partes interesadas como eslabones poderosos en la cadena de actividades de monitoreo y control que conllevan los proyectos exitosos.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Contexto general**

En la región centroamericana existen únicamente dos empresas que se dedican a la manufactura de envases de vidrio que forman parte de un mismo grupo vidriero, satisfaciendo las necesidades de los mercados de Centro América y exportación. Este grupo vidriero centroamericano cuenta, actualmente con cuatro hornos de última generación, capaces de fundir 900 toneladas diarias de vidrio, que equivale a más de 1,000 millones de botellas al año. (Grupo VICAL, 2021)

En el proceso de producción de envases de vidrio, una de las fases más importantes es la fundición a altas temperaturas de la materia prima, esta fundición se realiza en hornos contruidos para tal propósito. Existen varios tipos de horno para la fundición del vidrio, hay varios factores que influyen en determinar el tipo de horno a utilizar, uno de ellos es el tipo de vidrio. El tipo de vidrio que produce Vidriera Guatemalteca es conocido como vidrio calizo, con el cual es posible producir envases que suplen las necesidades de empaque primario de diferentes productos, como bebidas carbonatadas, licores, alimentos, conservas, entre otros.

El tipo de horno que se utiliza en Vidriera Guatemalteca es regenerativo. Por su importancia dentro del proceso de manufactura de envases, un horno de vidrio se convierte en el activo más importante y el de más alta inversión en una empresa vidriera. Por tal motivo, su construcción y mantenimiento juegan un papel importante en los resultados económicos y operativos de la compañía.

Cualquier desviación no controlada que se tenga en la fase de construcción de un horno impacta financieramente y en la vida útil del mismo.

### **3.2. Descripción del problema**

La vidriera ubicada en la ciudad de Guatemala cuenta con dos hornos con capacidad de fundir 450 toneladas diarias de vidrio que se traduce en 500 millones de botellas por año, su nombre es Vidriera Guatemalteca, S. A. En la última construcción de un horno para fundir vidrio calizo se tuvieron variaciones negativas importantes respecto al presupuesto inicial del proyecto, por tal motivo se está requiriendo realizar un sistema de gestión de proyectos de construcción de hornos regenerativos utilizados para la fundición de vidrio, para cumplir con el presupuesto aprobado como inversión, ya sea en la construcción o reconstrucción del horno, así como el tiempo de entrega estipulado para ponerlo en marcha y capitalizar el activo.

### **3.3. Formulación del problema**

El sistema de gestión de proyectos de construcción de hornos está orientado a encontrar respuestas a las siguientes preguntas.

#### **3.3.1. Pregunta central**

¿Cómo debe ser el sistema de gestión de proyectos para la construcción de hornos regenerativos utilizados para la fundición de vidrio calizo en una planta productora de envases en Guatemala?

### **3.3.2. Preguntas auxiliares**

- ¿Cuáles son los impactos económicos que se han generado en un proyecto de construcción de un horno regenerativo para la fundición de vidrio calizo?
- ¿Cuál sería la metodología y recursos utilizados para la gestión de proyectos de construcción de hornos regenerativos para la fundición de vidrio calizo?
- ¿Qué indicadores servirán para el control de coste, alcance y tiempo de un proyecto de construcción de hornos regenerativos para la fundición de vidrio calizo?
- ¿Cuáles son los riesgos que existen al no seguir una metodología definida en la gestión de un proyecto de construcción de hornos regenerativos para la fundición de vidrio calizo?
- ¿Cuáles son los beneficios de tener una metodología, según Project Management Institute para la gestión de proyectos de construcción de hornos de vidrio calizo?

### **3.4. Delimitación del problema**

El sistema de gestión de proyecto de construcción de hornos se deberá realizar para la empresa Vidriera Guatemalteca S. A., ubicada en ciudad de Guatemala, en un periodo no mayor a 12 meses, el alcance de la investigación deberá comprender el diseño de todas las fases que involucra un proyecto de

construcción o reconstrucción de un horno para fundición de vidrio, es decir, desde el inicio hasta el cierre del proyecto.

## 4. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación en la cual se desarrollará el presente trabajo es la de Gerencia Estratégica en Planeación de Proyectos de la Maestría en Gestión Industrial, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Este trabajo está alineado con el pénsum de estudios en los cursos: Sistemas de Planeación Industrial y Evaluación de Proyectos Industriales, el cual está dirigido a desarrollar un sistema de gestión para la construcción y reconstrucción de hornos para fundir vidrio en una planta de envases ubicada en la ciudad de Guatemala.

El activo más importante de cualquier vidriera en el mundo es el horno de fundición de la materia prima, su importancia radica no solo en su valor económico de la inversión, sino que sin este componente es imposible lograr fabricar vidrio para la fabricación de envases. Por tal motivo es necesario que la empresa cuente con un sistema que ayude a gestionar la construcción de un horno con base en una metodología que ayude a normar todos los procesos involucrados, con este sistema se espera obtener que los proyectos de construcción o reconstrucción de hornos sean exitosos, cumpliendo con los alcances económicos y de tiempo acordados.

La guía seleccionada para tal motivo es la desarrollada por el Project Management Institute (PMI), quien ofrece una guía de los fundamentos para la dirección de proyectos a través de estándares certificados a nivel mundial conocido como PMBOK®. Existen varias filosofías modernas para la gestión de proyectos, tales como, Prince2, P2M, IPMA, pero se elige a PMI debido a que sus estándares son únicos, reconocidos y son base para certificaciones a nivel internacional en el ámbito de gestión de proyectos.

Utilizando los fundamentos que ofrece el PMBOK® como guía de buenas prácticas en la gestión y dirección de proyectos aumentará las posibilidades de éxito en la construcción de hornos para vidrio fundido en Vidriera Guatemalteca S. A., dejando una base sólida para futuros proyectos similares o de menor magnitud que se realicen en esta compañía.

La relevancia social de la construcción de un horno de vidrio para la fabricación de envases radica en que brinda empleo directo a 300 personas, por lo que las familias guatemaltecas son beneficiadas con sustento económico proveniente de esta actividad manufacturera, adicional el aporte que se obtiene al tener un sistema normado para la construcción de un horno reside en que los alcances financieros y de tiempos puedan llegar a cumplirse, tal y como la alta dirección lo ha concebido.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Diseñar un sistema de gestión de proyectos de construcción de hornos regenerativos utilizados para la fundición de vidrio calizo en una planta productora de envases en Guatemala.

### **5.2. Específicos**

- Identificar el impacto económico que se genera en un proyecto de construcción de un horno regenerativo para la fundición de vidrio fundido.
- Desarrollar los procesos de gestión de proyectos de construcción de hornos regenerativos para la fundición de vidrio calizo con base en la metodología Project Management Institute.
- Establecer los indicadores que muestren el control del coste, alcance y tiempo de un proyecto de construcción de hornos regenerativos para la fundición de vidrio calizo.
- Describir los riesgos potenciales al no seguir una metodología definida para la gestión de proyectos de construcción de hornos de vidrio calizo.
- Evaluar el beneficio de desarrollar un sistema de gestión de proyectos de construcción de hornos de vidrio calizo basado en la metodología Project Management Institute.



## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

### **6.1. Etapas de investigación**

Primera etapa, revisión documental: investigación documental de los registros contables y registros de entregables del último proyecto de construcción de horno durante 6 semanas.

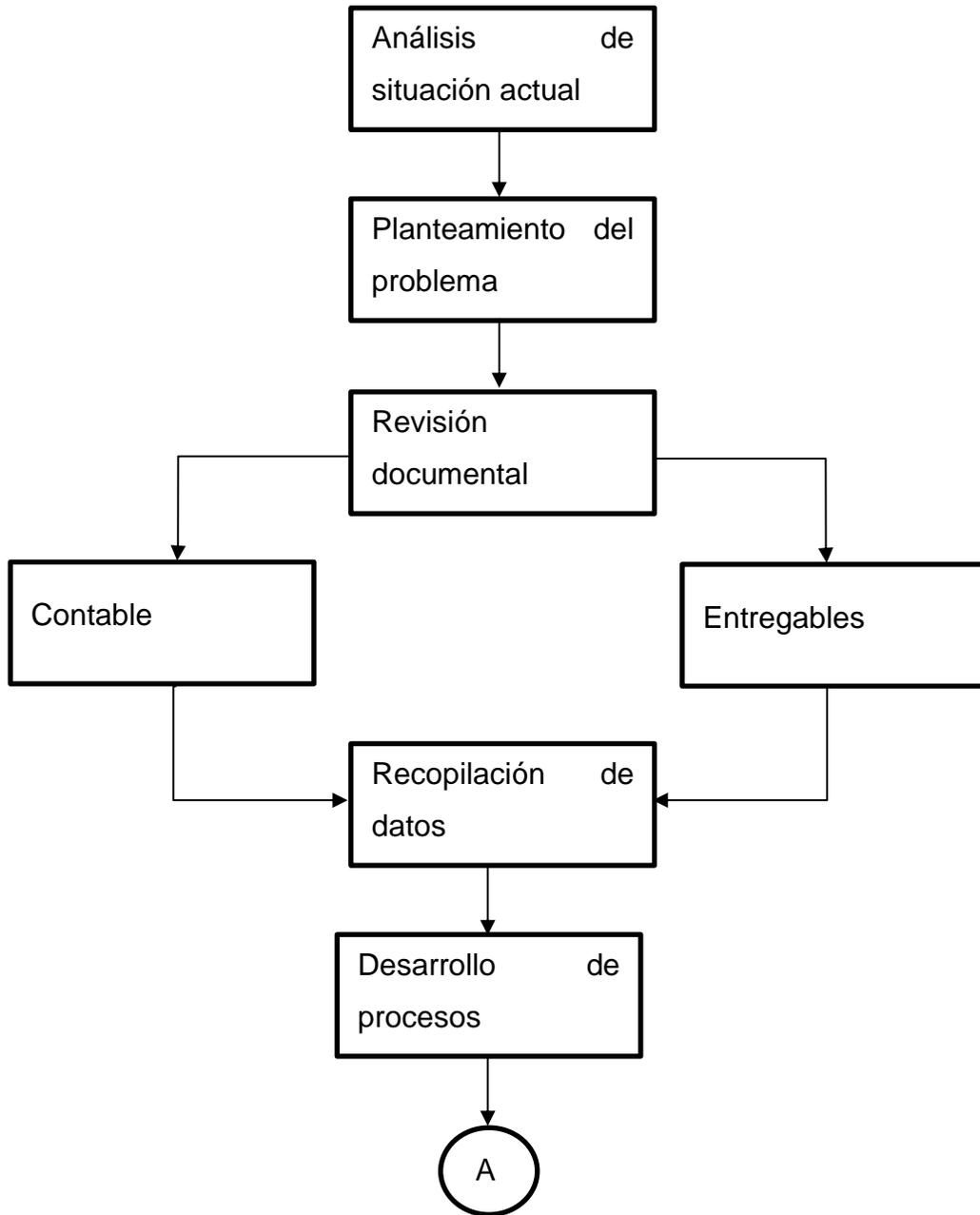
Segunda etapa, desarrollo de los procesos de gestión: elaboración de los procesos involucrados en la construcción de un horno para fundición de vidrio con base en la metodología Project Management Institute, durante 6 semanas.

Tercera etapa, establecimiento de indicadores: se utilizará el análisis de valor ganado (*earned value management*) para la propuesta de los indicadores que monitoreen los costes, tiempo y alcance del proyecto, durante 5 semanas.

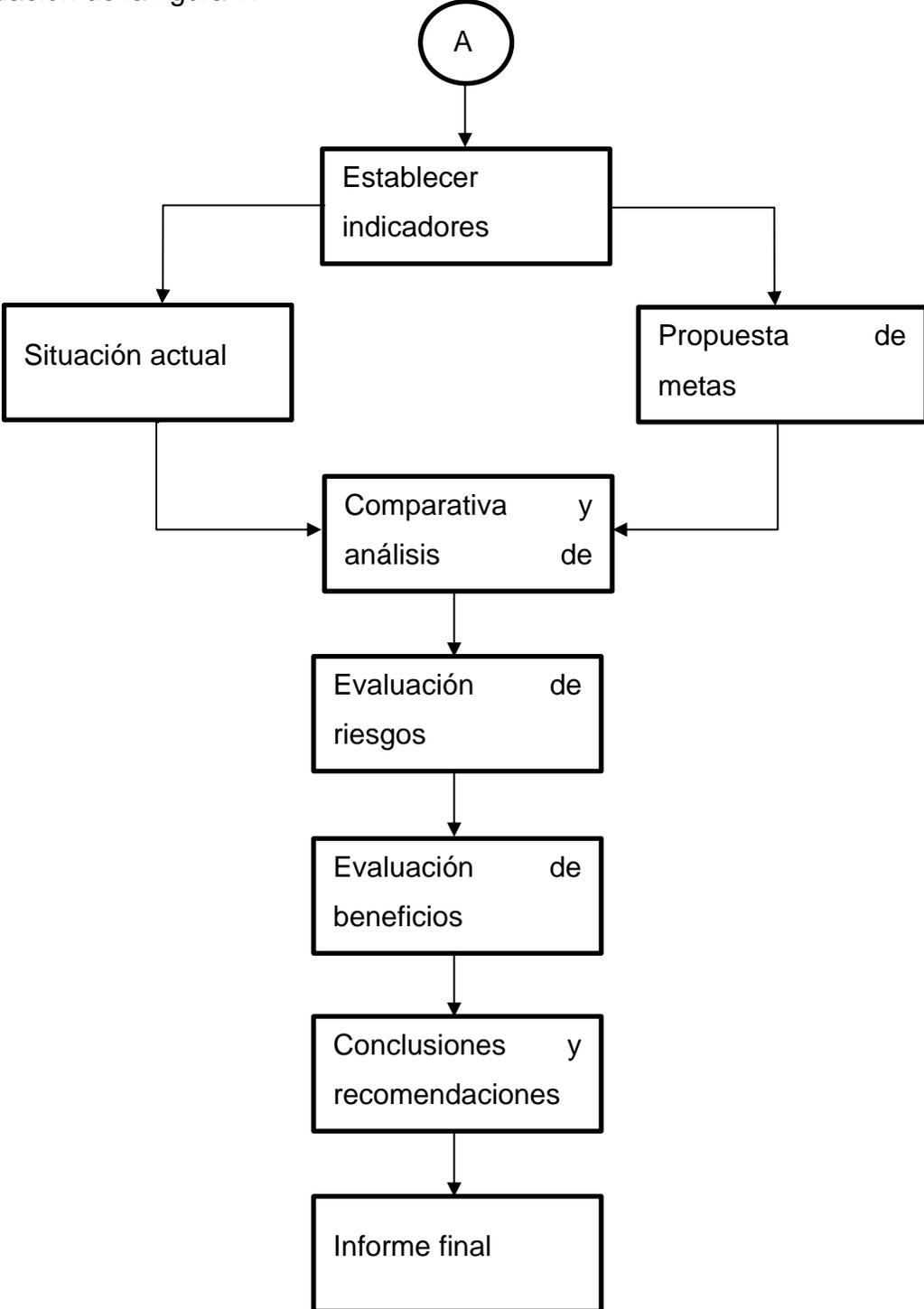
Cuarta etapa, descripción de riesgos: analizar cuáles serían los riesgos potenciales de seguir sin una metodología definida para la gestión de un proyecto de construcción de horno, durante 5 semanas.

Quinta etapa, análisis de beneficio: desarrollar una evaluación de los beneficios que se obtendrán al contar con un sistema de gestión de proyecto para la construcción o reconstrucción de un horno para fundir vidrio, adaptando la metodología propuesta por el Project Management Institute, durante 4 semanas.

Figura 1. **Esquema de solución**



Continuación de la figura 1.



Fuente: elaboración propia.



## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. La industria del vidrio**

La fabricación de los primeros objetos de vidrio como material para almacenamiento o transporte de alimentos se les ha asignado a los antiguos egipcios, en excavaciones se encontraron las primeras vasijas de vidrio pertenecientes a la época del reinado de Tutmosis III (1504-1450 a.C.), se puede decir que este material tiene más de 3,500 años de historia. Durante más de tres milenios, la transformación de la arena sílice es lo que se conoce como el vidrio ha venido evolucionando dramáticamente para atender su alta demanda mundial, no solo como un material propio para envasado de alimentos, sino también como material de construcción, vehículos, usos decorativos, entre otros.

#### **7.1.1. Composición del vidrio**

Castells (2012) indica que el vidrio es un líquido subenfriado de una viscosidad infinita, lo que indica es que a temperatura ambiente el vidrio es sólido con apariencia dura, pero cuando está fundido no se considera como líquido al no tener un equilibrio interno.

Existen diferentes tipos de vidrio, generalmente se compone por la fusión de tres materiales: arena sílice ( $\text{SiO}_2$ ), carbonato sódico ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y caliza ( $\text{CaCO}_3$ ). La fusión de estos tres componentes a una temperatura superior a los 1,500 grados centígrados da como resultado lo que se conoce como vidrio.

### **7.1.2. Fundición del vidrio**

El vidrio es un material inorgánico que ha sido fundido a altas temperaturas para luego enfriarlo y lograr su estado rígido. La fundición del vidrio se realiza en hornos contruidos de material refractario, existen diferentes tecnologías en el diseño de hornos para fundir vidrio y depende mucho de la utilización que se le dará al producto final de vidrio. Entre las utilizaciones más comunes para el vidrio se encuentran: vidrio para contenedores o envases, vidrio plano para automóviles o construcción, vidrio borosilicato como envase de medicamentos o vacunas, vidrio para cristalería, por mencionar algunos.

El vidrio utilizado para contenedores o envases, también se le conoce como vidrio hueco, y por su contenido de caliza también se le llama vidrio calizo. La materia prima mezclada que forma el vidrio ingresa a un horno a temperatura ambiente y llega a una cama o lecho de vidrio que se funde a alta temperatura, regularmente cerca de los 1,500 grados centígrados. Este proceso se le conoce como fundición del vidrio. Los hornos son calentados por quemadores internos que están colocados en la parte trasera del horno o también en las paredes laterales del mismo.

Existen diferentes tecnologías en el diseño de la construcción de un horno de vidrio. Los tipos más comunes de hornos son: regenerativos y recuperativos.

Ross y Tincher (2004) refieren que “la tecnología de hornos regenerativos se perfeccionó en la década de 1950 y es uno de los más comunes hasta la fecha para la fundición de vidrio para envases”. (p. 2) El presente diseño de investigación se enfocará en este tipo de horno que son los que actualmente utiliza la compañía donde se realizará dicho estudio.

### 7.1.3. Distribución del vidrio hacia las máquinas

Luego de la fusión de las materias primas da origen a lo que se conoce como vidrio fundido y pasa por una fase de refinación que inicia dentro del mismo horno, este proceso ayuda a eliminar burbujas o semillas que se originan por la reacción de las materias primas al proceso de fundición. El vidrio fundido pasa por una garganta hacia el refinador, y es aquí donde el vidrio termina de refinarse y alcanzar la calidad deseada antes de llegar a las máquinas formadoras de envase.

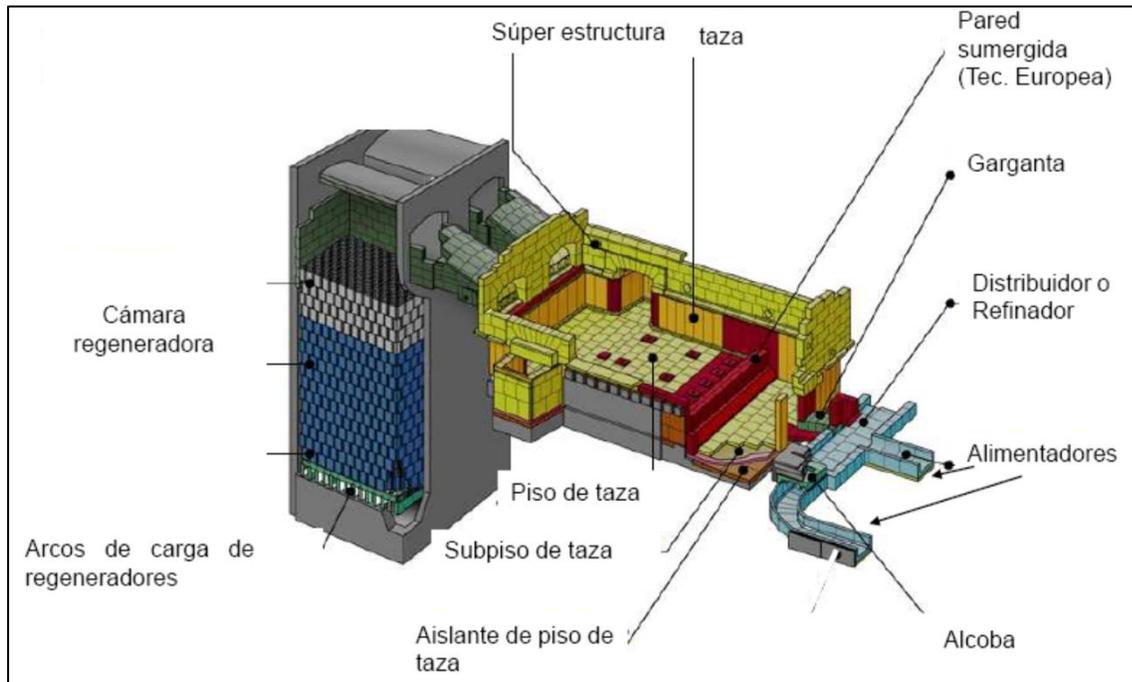
El vidrio fundido llega a las máquinas en canales de material refractario conocidos como alimentadores, estos canales se dividen en zonas donde el vidrio se acondiciona térmicamente para que sea recibido por las máquinas de fabricación de envases.

Figura 2. Horno regenerativo



Fuente: Serna, F. (2014). *Análisis de la transparencia de calor en hornos regenerativos para vidrios sódicos cálcicos*. Nuevo León, México.

Figura 3. Partes de hornos regenerativos



Fuente: Contreras, J. (2021). *Manual de fundición*.

## 7.2. Definición de proyectos

A continuación, una breve reseña para definir el término proyectos en relación con el tema.

### 7.2.1. Proyectos

“Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (PMI, 2017, p. 4). Cualquier proyecto es la búsqueda del cumplimiento de objetivos cuya evidencia de culminación se realiza por medio de entregables, los cuales pueden ser:

- Un producto único
- Un servicio único
- Un resultado único
- Una combinación única de los tres anteriores

Cuando se habla de un esfuerzo temporal, indica que tiene un precio y un fin definidos.

Sarmiento Rojas (2020) realiza un resumen de diferentes manuales de estándares para la gestión de un proyecto, presenta definiciones de la ISO 21500, Price2, PBBOK®, IB4, APMBOK y lo único que se agrega a la definición que brinda PBBOK® es que el proyecto, producto o servicio satisfaga los beneficios de las partes interesadas, así como también sus requisitos.

### **7.2.2. La importancia en la dirección de proyectos**

La guía PMBOK® brinda una definición sobre lo que es una dirección de proyectos. “Es la aplicación de conocimientos, habilidades, y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos de este” (PMI, 2017, p. 10). La falta de una dirección de proyectos puede llevar a que estos tengan problemas de incumplimiento de plazos, sobrecostos, baja calidad, reprocesos, incumplimiento de objetivos, entre otros. De ahí radica la importancia de la dirección de un proyecto.

### **7.3. Gestión de proyectos**

PMI (2017) la llama también gestión de integración del proyecto e incluye todos los procesos para identificar, definir y coordinar los diferentes procesos y actividades de la dirección de proyectos.

Está conformado por grupos de proceso, que, a su vez, se constituyen con entradas, herramientas y técnicas y salidas. Los grupos de proceso de la gestión de proyectos son los siguientes.

### **7.3.1. Acta de constitución del proyecto**

PMI (2017) establece que es el documento emitido por el patrocinador del proyecto y es el que autoriza su existencia y aprobación, además autoriza al director la realización de las actividades relacionadas al proyecto. Este documento es muy importante, ya que establece la relación entre la parte solicitante y la parte ejecutora del proyecto.

### **7.3.2. Plan para la dirección de un proyecto**

PMI (2017), lo define como el documento que describe la manera que el proyecto será ejecutado, monitoreado y controlado. Todas estas actividades se documentan en plan integral para dirigir el proyecto.

### **7.3.3. Dirección y gestión de un proyecto**

“Es el proceso de liderar y llevar a cabo el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto e implementar los cambios aprobados para alcanzar los objetivos del proyecto” (PMI, 2017, p. 90).

### **7.3.4. Gestión del conocimiento de un proyecto**

Esta fase del proyecto es muy importante, ya que ayudará a administrar las lecciones aprendidas que se generen en cualquier proyecto. Gestionar el proyecto es: “el proceso de utilizar el conocimiento existente y crear nuevo

conocimiento para alcanzar los objetivos del proyecto y contribuir al aprendizaje organizacional” (PMI, 2017, p. 98).

### **7.3.5. Control y monitoreo de actividades de un proyecto**

Este proceso consiste en hacer seguimiento a las actividades de un proyecto, es una fase muy importante, ya que es aquí donde se controla si hay atrasos contra el plan inicial. Se debe informar a la dirección las desviaciones que surjan durante el desarrollo del plan. Esta actividad se realiza durante toda la duración del proyecto y compara el desempeño del proyecto en sus diferentes fases o actividades estipuladas en el plan.

### **7.3.6. Gestión de cambios**

La gestión integrar los cambios de un proyecto es de las fases más importantes, lo ideal es que un proyecto no atraviese por cambios importantes, pero es evidente que casi todos los proyectos, normalmente surgen cambios por imprevistos que no se tomaron en cuenta.

### **7.3.7. Cierre del proyecto**

Este es el proceso de realizar la finalización de todas las fases del proyecto, lo importante es que este se realiza una sola vez con los participantes ejecutores del proyecto. Se revisa que todos los objetivos hayan sido cumplidos.

## **7.4. Gestión de alcance**

“La Gestión del Alcance del Proyecto incluye los procesos requeridos para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y únicamente el

trabajo requerido, para completar el proyecto con éxito” (PMI, 2017, p. 129). Esta definición indica claramente lo importante que es el alcance del proyecto y sus implicaciones directas en la conclusión del proyecto.

Charvat, Ho, Ha y Tan (2007) concluyeron que los documentos relacionados con el alcance establecen los parámetros y restricciones del proyecto. El éxito o fracaso de cualquier proyecto se medirá en comparación contra su alcance. Los documentos que amparen los cambios de alcance deberán ser debidamente aprobados.

#### **7.4.1. Planificar la gestión del alcance**

PMI (2017) establece que en esta etapa lo que se pretende es planificar la forma en cómo serán definidos, validados y controlados el alcance de un proyecto. Este proceso se lleva a cabo una sola vez en donde se haya definido en la planificación del proyecto.

#### **7.4.2. Recopilar requisitos**

En esta fase se determinan, documentan y gestionan las necesidades y los requisitos de las partes interesadas para cumplir con los objetivos del proyecto. Esta es la base para definir el alcance del proyecto, es muy importante dentro de la documentación y se realiza solo una vez durante el mismo.

López y Lankenau (2017) indican en su libro que el factor de calidad de un producto depende totalmente del cumplimiento de los requisitos del cliente en cuanto al alcance y su desempeño, por lo que se puede concluir que la calidad del proyecto está relacionada con el cumplimiento de los requisitos que originan el alcance de un proyecto.

Dentro de esta fase es de suma importancia la recopilación y análisis de los datos, para ello suelen utilizarse técnicas como: tormenta de ideas, entrevistas, grupos focales, cuestionarios y encuestas, estudios comparativos, entre otros.

Los requisitos suelen dividirse en grupos para afinar los detalles que conlleva cada uno, por ejemplo: de negocio, de las partes interesadas, de las soluciones, del proyecto, de calidad, entre otros.

Para dar trazabilidad a los requisitos, es importante documentar en un tabular para que fácilmente se pueda controlar desde su inicio hasta su entregable.

Figura 4. **Matriz de trazabilidad de requisitos**

Matriz de Trazabilidad de Requisitos								
Nombre del Proyecto:								
Centro de Costos:								
Descripción del Proyecto:								
ID	ID de Asociado	Descripción de los Requisitos	Necesidades, Oportunidades, Metas y Objetivos del Negocio	Objetivos del Proyecto	Entregables de la EDT/WBS	Diseño del Producto	Desarrollo del Producto	Casos de Prueba
001	1.0							
	1.1							
	1.2							
	1.2.1							
002	2.0							
	2.1							
	2.1.1							
003	3.0							
	3.1							
	3.2							
004	4.0							
005	5.0							

Fuente: PMBOK®. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos*.

#### **7.4.3. Definir el alcance**

Este proceso es clave en todo proyecto, ya que consiste en el desarrollo detallado de lo que en esencia constituye el mismo. Para definir de manera acertada el alcance de un proyecto, se deben seleccionar los requisitos definitivos originados en la sección anterior. El acta de constitución del proyecto es el elemento de entrada por excelencia para la definición del alcance.

#### **7.4.4. Validar el alcance**

Esta es la etapa donde se formaliza la aceptación de los entregables del proyecto. Su importancia radica que se logra la objetividad de la aceptación del proyecto.

#### **7.4.5. Controlar el alcance**

Este proceso sirve para monitorear constantemente el estado del alcance de los proyectos, su importancia radica es que indica si se mantiene la línea de alcance definida.

### **7.5. Gestión del cronograma del proyecto**

“La Gestión del Cronograma del Proyecto incluye los procesos requeridos para administrar la finalización el proyecto a tiempo” (PMI, 2017, p. 173), esta definición implica dentro de ella el otro factor crítico para el éxito de un proyecto, como lo es el tiempo. El cronograma sirve también, para medio de comunicación del avance del proyecto, los cuales se pueden representar como una lista de actividades, diagrama de barras o diagramas de red.

### **7.5.1. Planificación de la gestión del cronograma**

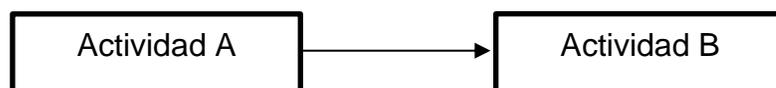
PMI (2017) establece que este proceso se constituyen las políticas, los procedimientos y la documentación necesaria para desarrollar la planificación, desarrollo, gestión, y control del programa del proyecto.

### **7.5.2. Definición de actividades**

En este proceso, se identifican y se documentan las acciones o actividades que se deben realizar para concluir los entregables del proyecto. La importancia de esta fase es que se logra determinar la estimación, programación, ejecución, monitoreo, y control del trabajo de un proyecto.

Luego de que están definidas las actividades se procede a colocarlas en forma secuencial, de forma que se pueda determinar la relación que existe entre cada una de las actividades que conforman el proyecto.

Figura 5. **Secuencia de actividades**



Fuente: elaboración propia.

### **7.5.3. Estimación de duración de actividades y desarrollo de cronograma**

En este proceso se determina el tiempo que llevará realizar cada actividad con el recurso asignado a la misma.

Es importante que esta fase utilice el alcance del proyecto como información de entrada, adicional de conocer cómo se distribuirán los recursos disponibles, calendarios de trabajo y cantidad de tiempo estimado para cada actividad.

Una de las formas más comunes para estimar el tiempo de cada actividad cuando no se tienen históricos, es establecer el tiempo más probable (tM), tiempo optimista (tO) y el tiempo pesimista (tP); para luego hacer un cálculo del tiempo estimado (tE) utilizando la siguiente fórmula:

$$tE = (tM + tO + tP) / 3 \quad \text{(Fórmula 1)}$$

Luego de tener definidas las estimaciones se desarrolla el cronograma, estableciendo las secuencias lógicas de las actividades para hacer un programa donde se pueda monitorear y controlar el cronograma, debe contener los tinos, las fechas de inicio y las fechas de fin de cada una de las actividades. Existen varias técnicas para generar el modelo de programación del cronograma, entre las más utilizadas está el de la ruta crítica.

González, Bravo, Martínez y Carpio (2019), acertadamente indican que las incertezas para la estimación de tiempos son rara vez tomadas en cuenta en los proyectos, lo cual repercute directamente en los costos totales del proyecto.

#### **7.5.4. Controlar el cronograma**

PMI (2017) define este proceso consiste en monitorear el estado del proyecto, actualizando constantemente el cronograma, administrando y comunicando sus cambios. Este proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto.

Turley (2010) expresa que la ruta crítica es la secuencia de actividades que debe tener cero holguras, es decir, que, si esa secuencia de actividades se retrasa, todo el proyecto se retrasa. Por lo que las actividades que componen esa secuencia deben ser monitoreadas y controladas con mayor frecuencia.

## **7.6. Gestión de costos del proyecto**

El siguiente factor crítico para el éxito de cualquier proyecto, es el costo. “El factor costo se refiere a los desembolsos o gastos que se planean y ejercen en el proyecto” (López y Lanckenau, 2017, p. 48).

La gestión de costos del proyecto es la fase que abarca todos los procesos involucrados en la planificación, ejecución, monitoreo y control de costos para que se cumpla con el presupuesto que fue aprobado en su momento.

### **7.6.1. Planificar la gestión de costos**

En esta fase se define cómo se gestionarán los costos a lo largo del proyecto. Estos procesos se concretan en la fase inicial del proyecto.

### **7.6.2. Estimar costos**

Consiste en realizar una aproximación de los costos de los recursos y completar el proyecto, es una estimación cuantitativa. Se expresan en unidades monetarias como también en unidades de tiempo. Como su nombre lo indica, es una estimación y se hace en un momento determinado, por lo que normalmente se acuerda un rango de variación al concluirse el proyecto.

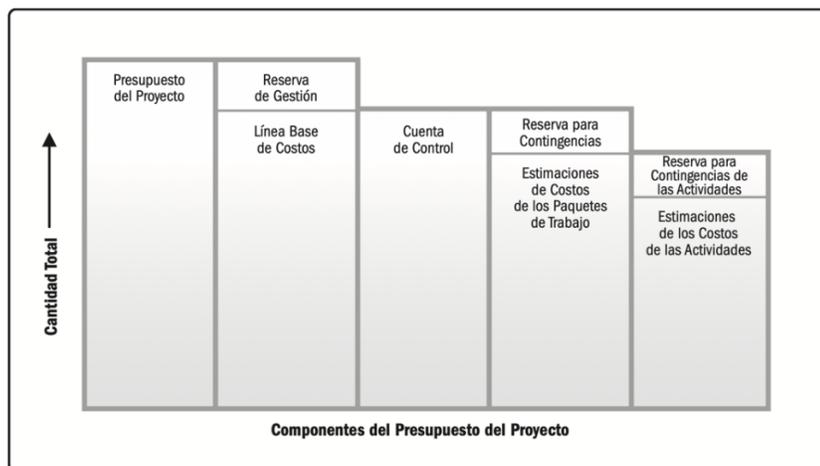
Sapag Chain (2011) propone tres técnicas de estimación de costos a manera de prefactibilidad: técnicas de factores combinados, cálculo de costo exponencial y análisis de regresión.

### 7.6.3. Determinar el presupuesto

PMI (2017) explica que este proceso consiste en realizar la sumatoria de todos los costos estimados en cada una de las actividades del proyecto. Su importancia radica que los montos finales serán aprobados y son la base para monitorearlos lo largo del proyecto.

Los componentes del presupuesto del proyecto se presentan en la figura 6.

Figura 6. Componentes del presupuesto del proyecto



Fuente: PMBOK®. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos*.

#### **7.6.4. Controlar los costos**

PMI (2017), lo define como el monitoreo de los costos a lo largo del proyecto. Este proceso se lleva a cabo a todo largo del proyecto, para ello es necesario tener el conocimiento de los costos reales de cada actividad, cualquier desviación importante debe ser autorizada, por eso es muy importante ir registrando los cambios reales en el presupuesto y cuando estos suceden.

#### **7.7. Herramientas para monitoreo y control de costos**

Llevar actividades de control y monitoreo ayuda a reducir la brecha que existe entre la planificación y lo que está sucediendo en la realidad de los proyectos. “Es un proceso sistemático empleado para comprobar la eficiencia y efectividad del proceso de ejecución de un proyecto para identificar los logros y debilidades y recomendar medidas correctivas para optimizar los resultados deseados” (Ortegon, Pacheco y Prieto, 2005, p. 47).

El PMBOK® brinda excelentes herramientas para controlar el cronograma, alcance y los costos del proyecto desde el punto de vista de análisis de costos.

El análisis de valor ganado (EV) compara la línea base contra lo real del cronograma y costo. Hace comparaciones contra el valor planificado total del proyecto hasta su conclusión conocido como Budget At Completion (BAC) y establece tres aspectos clave para controlar cada factor crítico del proyecto.

- Valor planificado (PV): presupuesto autorizado que se ha asignado al trabajo que deberá realizarse para completar cada actividad del programa del proyecto.

- Valor ganado (EV): presupuesto asociado con el trabajo autorizado que se ha completado, nunca deberá ser mayor que el PV. El EV se utiliza, comúnmente, para medir el porcentaje completado del proyecto.
- Costo real (AC): costo real incurrido en cualquier actividad durante un período específico durante el proyecto.

PMI (2017) propone que, en términos cuantitativos, es posible explicar variaciones en el costo, cronograma y variación a la conclusión, utilizando la fórmula de variación a la conclusión (VAC) con la fórmula  $VAC = BAC - EAC$  (fórmula 2). Donde BAC es el valor planificado total del proyecto hasta su conclusión y EAC que es la estimación a la conclusión.

#### **7.7.1. Variación el cronograma**

La medición del cronograma desde el punto de vista de costos se le conoce como SV y establece la diferencia que existe entre el valor ganado (EV) y el valor planificado (PV). Se determina con la fórmula  $SV = EV - PV$  (fórmula 3). Indica un adelanto o un retraso en el cronograma del proyecto en una fecha determinada.

PMI (2017) propone, también un índice de desempeño del cronograma (SPI), que realmente es una medida de eficiencia del cronograma. Se determina por la siguiente relación:  $SPI = EV / PV$  (fórmula 4).

#### **7.7.2. Variación del costo**

PMI (2017) establece que, para controlar las variaciones en los costos del proyecto (CV), el cual es un monto cuantitativo negativo o positivo respecto al

costo presupuestado en una fecha dada. Indica el desempeño del costo del proyecto. Se calcula mediante la fórmula  $CV = EV - AC$  (fórmula 5).

Al igual que en el monitoreo del cronograma, para analizar la eficiencia del costo existe el índice de desempeño del costo (CPI) y se calcula mediante la siguiente relación:  $CPI = EV / AC$  (fórmula 6).



## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La industria del vidrio

2.1.1. Composición del vidrio

2.1.2. Fundición del vidrio

2.1.3. Distribución del vidrio hacia las máquinas

2.2. Definición de proyectos

2.2.1. Proyectos

2.2.2. La importancia en la dirección de proyectos

2.3. Gestión de proyectos

2.3.1. Acta de constitución de un proyecto

2.3.2. Plan para la dirección de un proyecto

2.3.3. Dirección y gestión de un proyecto

2.3.4. Gestión del conocimiento de un proyecto

- 2.3.5. Control y monitoreo de actividades de un proyecto
- 2.3.6. Gestión de cambios
- 2.3.7. Cierre de proyecto
- 2.4. Gestión de alcance
  - 2.4.1. Planificar la gestión de alcance
  - 2.4.2. Recopilar requisitos
  - 2.4.3. Definir alcance
  - 2.4.4. Validar alcance
  - 2.4.5. Controlar alcance
- 2.5. Gestión de cronograma del proyecto
  - 2.5.1. Planificación de la gestión del cronograma
  - 2.5.2. Definición de actividades
  - 2.5.3. Estimación de duración de actividades y desarrollo de cronograma
  - 2.5.4. Controlar el cronograma
- 2.6. Gestión de costos del proyecto
  - 2.6.1. Planificar la gestión de costos
  - 2.6.2. Estimar costos
  - 2.6.3. Determinar el presupuesto
  - 2.6.4. Controlar los costos
- 2.7. Herramientas para monitoreo y control de costos
  - 2.7.1. Variación del cronograma
  - 2.7.2. Variación del costo

### 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

### 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Impacto económico en un proyecto de construcción de un horno regenerativo para la fundición de vidrio fundido

- 4.2. Desarrollo de procesos de gestión de proyectos de construcción de hornos regenerativos para la fundición de vidrio calizo con base en la metodología Project Management Institute
- 4.3. Indicadores que muestren el control del coste, alcance y tiempo de un proyecto de construcción de hornos regenerativos para la fundición de vidrio calizo
- 4.4. Descripción de los riesgos potenciales al no seguir una metodología definida para la gestión de proyectos de construcción de hornos de vidrio calizo
- 4.5. Evaluación del beneficio de desarrollar un sistema de gestión de proyectos de construcción de hornos de vidrio calizo basado en la metodología Project Management Institute

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES



## **9. METODOLOGÍA**

En la presente sección se encuentra el marco metodológico del diseño de investigación, el cual explica el enfoque, diseño, tipo de estudio, alcance, variables, indicadores, fases y resultados esperados.

### **9.1. Enfoque**

El enfoque de la investigación es mixto, ya que se tendrá un enfoque cuantitativo debido a que se realizará una evaluación del impacto económico de proyectos anteriores, también se desarrollarán indicadores numéricos que proporcionen información para el monitoreo de los proyectos; adicional, se tendrá un enfoque cualitativo debido a que la investigación evaluará de forma descriptiva sus antecedentes y desarrollo de propuesta con sustento teórico.

### **9.2. Diseño**

Este diseño de investigación es no experimental debido a que no se realizarán pruebas o ensayos de laboratorio ni se estará manipulando ningún tipo de variables para obtener resultados, en su lugar, la investigación está realizada con base en observar el caso de estudio tal y como se está realizando actualmente, para luego analizar y desarrollar procesos de mejora al proceso. También es no participativa debido que el investigador no interviene en el caso de estudio y únicamente se dedica a relatar los hechos y proponer soluciones.

### 9.3. Tipo de estudio

El tipo de estudio de esta investigación es descriptivo debido a que se existe un relato situacional del problema para luego desarrollar una futura solución. También es de tipo retrospectivo debido a que se incluye un análisis de hechos históricos planteando recursos para una posterior mejora al proceso. Adicional es de tipo transversal debido a que los datos que sustentan la investigación solo se realizarán una vez en el tiempo.

### 9.4. Alcance

El alcance metodológico de esta investigación es descriptivo dado a que está dirigido a conocer la situación actual de un problema con base en documentación real, lo cual ayudará a su evaluación y desarrollo de mejoras posteriores.

### 9.5. Variables e indicadores

A continuación, en la tabla I, se describe la operacionalización de variables.

Tabla I. Operacionalización de variables

Objetivo	Nombre de la variable	Tipo	Indicador	Técnica	Plan de tabulación
Identificar el impacto económico que se genera en un proyecto de construcción de un horno regenerativo para la fundición de vidrio fundido.	Identificación del impacto económico que se genera en un proyecto de construcción de horno.	Dependiente Cuantitativa Continua	Revisión de presupuesto original del proyecto y sus variaciones en cada rubro.	Revisión documental de registros contables en el ERP de la empresa y de los entregables durante el último proyecto.	Los valores se tabularán en una tabla para su análisis.

Continuación de la tabla I.

Desarrollar los procesos de gestión de proyectos de construcción de hornos regenerativos para la fundición de vidrio calizo con base en la metodología Project Management Institute.	Determinación de procesos para construcción de horno regenerativo.	Independiente Cualitativa Nominal	Procesos involucrados en el diseño del proyecto durante: Inicio Planificación Ejecución Control Cierre	Utilización de guía de los fundamentos para la dirección de proyectos PMBOK®	
Establecer los indicadores que muestren el control del coste, alcance y tiempo de un proyecto de construcción de hornos regenerativos para la fundición de vidrio calizo.	Definición de indicadores para monitorear el proyecto.	Dependiente Cuantitativa Continua	Valor planificado (Planned Value, PV), valor ganado (Earned Value, EV), costo real (Real Cost, AC) y presupuesto a conclusión (Budget at completion, BAC).  PV% = PV / BAC EV% = EV / BAC AC% = AC / BAC	Utilización de guía de los fundamentos para la dirección de proyectos PMBOK®	Los valores se tabularán en una tabla para su análisis.
Describir los riesgos potenciales al no seguir una metodología definida para la gestión de proyectos de construcción de hornos de vidrio calizo.	Determinar los riesgos potenciales.	Dependiente Cualitativa Nominal Cuantitativa Continua	Riesgos cuantitativos y riesgos cualitativos (desgloses).	Matriz de análisis de riesgos.	Los riesgos serán tabulados en la matriz de riesgos inherente y residual.
Evaluar el beneficio de desarrollar un sistema de gestión de proyectos de construcción de hornos de vidrio calizo basado en la metodología Project Management Institute	Evaluación de los beneficios de desarrollar la herramienta.	Dependiente Cuantitativa Continua	Factibilidad de herramientas para controlar. Alcance Cronograma Costos	Utilización de guía de los fundamentos para la dirección de proyectos PMBOK®	Los valores se tabularán en una tabla para su análisis.

Fuente: elaboración propia.

## 9.6. Fases

Para cumplir con los objetivos del diseño de investigación, el presente estudio contemplará las siguientes fases:

Fase 1. Revisión documental: investigación documental de los registros contables y registros de entregables del último proyecto de construcción de horno, se recopilarán datos para tener un análisis situacional del problema, dicha investigación se realizará durante 6 semanas.

Fase 2. Desarrollo de los procesos de gestión: elaboración de los procesos involucrados en la construcción de un horno para fundición de vidrio con base en la metodología Project Management Institute, para lo anterior, se revisarán los registros documentables de los entregables que surgieron en el último proyecto de construcción de horno en el año 2019, los cuales se tabularán y se incluirán en la sección de apéndices, para luego plantear la propuesta de ordenamiento y control según la metodología PMI, este proceso durará 6 semanas.

Fase 3. Establecimiento de indicadores: se utilizará el análisis de valor ganado (*Earned Value Managment*) para la propuesta de los indicadores que monitoreen los costes, tiempo y alcance del proyecto. Este análisis de valor ganado es la técnica que utiliza el PMI para el monitoreo de cualquier proyecto, se pretende que las fórmulas estándares sugeridas por el manual y sus resultados, orienten a controlar el avance de cualquier proyecto de construcción de horno. Con estas métricas será posible realizar comparativas y colocar metas para cada indicador, los cuales se presentarán en un cuadro resumen el cual se encontrará en la sección de apéndices, este proceso durará 5 semanas.

Fase 4. Descripción de riesgos: analizar cuáles serían los riesgos potenciales de seguir sin una metodología definida para la gestión de un proyecto de construcción de horno, para lograr lo anterior, se realizarán tablas de riesgos inherentes y riesgos residuales de la situación actual, los cuales serán representados en un mapa de probabilidad-importancia, el cual se presentará en la sección de apéndices, esta fase se ejecutará durante 5 semanas.

Fase 5. Análisis de beneficios: desarrollar una evaluación de los beneficios que se obtendrán al contar con un sistema de gestión de proyecto para la construcción o reconstrucción de un horno, adaptando la metodología propuesta por el Project Management Institute. Para establecer un beneficio de la utilización de la metodología será necesario determinar si dicha propuesta origina un beneficio tangible a la compañía, se utilizará el análisis de costo-beneficio para estimar de forma cuantitativa las fortalezas y debilidades de la propuesta a desarrollar en este caso de estudio, esta fase durará 4 semanas.

### **9.7. Resultados esperados**

Los resultados esperados del presente diseño de investigación es lograr una base teórica que documente de forma ordenada los procesos a seguir en un proyecto de construcción de horno para la fundición de vidrio calizo.

Asimismo, se espera obtener una serie de indicadores para monitorear y controlar el alcance, tiempo y coste de cualquier proyecto de construcción de horno utilizando los indicadores estándar propuestos por el manual PMBOK®. Estos indicadores ofrecerán información exacta en cualquier período del tiempo del proyecto, por ser indicadores cuantitativos brindarán información objetiva de la situación de un proyecto de construcción de horno.

Otro de los resultados que se procura obtener es una matriz de riesgo que soporte información relevante de los riesgos que se tienen al no contar con una metodología apropiada para el desarrollo de este tipo de proyectos en una fábrica de vidrio.

Por último, se pretende obtener información de los beneficios que la metodología brindará a la compañía al seguir paso a paso el desarrollo de los procesos de gestión de proyectos propuesto por el manual PMBOK®.

### **9.8. Unidad de análisis**

El diseño de la investigación utilizará como unidad de análisis las áreas de Mantenimiento y Gerencia Técnica Corporativa, que son las áreas que recopilan la información de un proyecto de construcción de vidrio desde su inicio hasta su cierre técnico. No se trabajará con sujetos de estudio, por lo tanto, no se calculará una muestra.

## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

El siguiente capítulo presentará los instrumentos utilizados para realizar la recopilación de datos que serán de utilidad para elaborar la investigación, así como también las técnicas de análisis de los datos numéricos obtenidos.

### **10.1. Herramientas de diagnóstico**

Entrevista no estructurada: se utilizará para recopilar información importante sobre los impactos económicos que se han generado en los proyectos de construcción de hornos para la fundición de vidrio fundido. Se revisará presupuestos originales y sus variaciones en porcentajes, así como también las dificultades que se observaron durante el desarrollo del último proyecto. Las entrevistas se realizarán de manera presencial o virtual con el programa Google Meet. Las personas a las que será dirigida estas entrevistas pertenecen al Área Financiera, Mantenimiento de Planta y Coordinación Corporativa de Hornos. Los datos recopilados serán documentados en el formato de entrevista (apéndice 4).

### **10.2. Análisis de la información**

Matriz de análisis: con base en la información suministrada, se realizará una tabulación de datos clave, donde se muestren desviaciones en las fases de inicio, planificación, ejecución, control y cierre del proyecto; con el objetivo de presentar procesos de gestión de proyectos basados en una metodología consecuente y reconocida internacionalmente, como la metodología del Project Management Institute. El modelo de la matriz será presentado en la sección de apéndices de la investigación (apéndice 3).

Para la determinación de los indicadores estadísticos y analizar la información recopilada, se realizarán diferentes cálculos dentro de los que se incluyen, la media aritmética, desviación estándar.

Tabla II. **Fórmulas para análisis de datos**

Indicador	Fórmula	¿Qué mide?
Media aritmética	$X = \frac{\sum x}{N}$	Suma de todas las observaciones dividido por el número total de datos
Desviación estándar	$\sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})(x + \bar{x})}{N - 1}}$	Se utiliza para cuantificar la dispersión de los valores observados
Índice de correlación	$\rho_{xy} = \frac{Cov_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$	Expresa el grado de intensidad y sentido de la relación entre los valores observados

Fuente: elaboración propia.

Matriz de riesgos: el estudio de investigación también contendrá un análisis de riesgos, en donde se evaluarán los eventos que tengan un impacto negativo al no contar con una metodología apropiada para la gestión de proyectos de construcción de hornos. Se identificarán los riesgos más importantes, se colocará una categoría, se calificará el riesgo, los datos se plasmarán en una matriz para su posterior análisis. La matriz de riesgos tendrá la siguiente característica, ver figura 7.

Figura 7. **Matriz de riesgos**

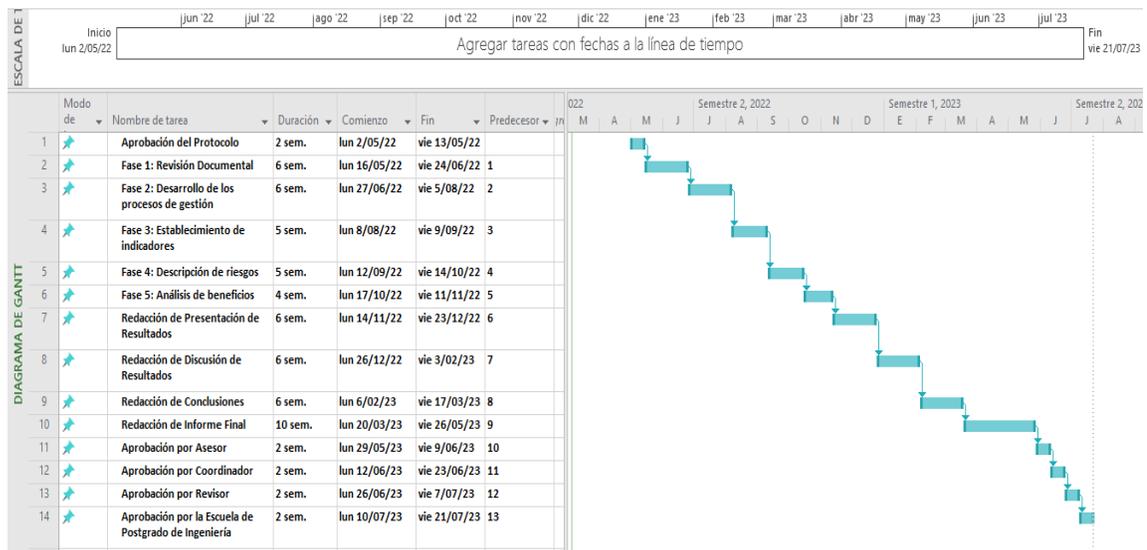
Impacto del riesgo	Probabilidad del riesgo		
	Baja	Media	Alta
Altamente significativo	Yellow	Red	Red
Significativo	Green	Yellow	Red
No significativo	Green	Green	Yellow

Fuente: elaboración propia.



# 11. CRONOGRAMA

Figura 8. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project 2019.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Se determina que el diseño de investigación es factible, ya que se cuenta con los recursos para realizar cada una de las fases del informe y cumplir con los objetivos de este. Los recursos económicos asociados a la presente investigación se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla III. **Presupuesto de la investigación**

Recurso		Cantidad	Costos	Fuente de financiamiento
Recurso Humano	Asesor	1	Q 0.00	NA
	Investigador	1	Q 15,000.00	Propio
	Jefes de área	3	Q 0.00	Por la industria
Recursos Materiales	Hojas de papel	500	Q 50.00	Propio
	Tinta de impresora	3	Q 800.00	Propio
	Útiles y papelería	1	Q 300.00	Propio
Recursos Tecnológicos	Depreciación <i>laptop</i>	1	Q 3,500.00	Propio
	Microsoft Project	1	Q 600.00	Propio
	Programa antiplagio	1	Q 200.00	Propio
Varios	Internet	1	Q 3,000.00	Propio
	Imprevistos (5 %)	1	Q 1,200.00	Propio
Total			Q 24,650.00	Propio
Porcentaje cubierto por el investigador			100 %	

Fuente: elaboración propia.



### 13. REFERENCIAS

1. Castells, X. (2012). *Reciclaje de residuos industriales*. Madrid, España: Ediciones Díaz Santos.
2. Charvat, J., Ho, B., Ha, D. y Tan, D. (2007). *A Guide to the Project & Program Management Standard*. New Jersey: IAPPM.
3. Fonseca, D., Moreno, C., Ramírez, C. y Torres, C. (2019) *El éxito de la gestión de proyectos según PMI y el compromiso del equipo del proyecto*. [Archivo PDF]. Recuperado de <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/9773/MorenoClara2019?sequence=1>.
4. González, J. (2010) *Administración efectiva de proyectos de construcción en el contexto del PYMES*. [Archivo PDF]. Recuperado de <https://www.udocz.com/apuntes/27353/administracion-efectiva-de-proyectos-de-construccion-en-el-contexto-de-las-pymes>.
5. González, H., Bravo, T., Martínez, D. y Carpio, A. (2019). *Simulación aplicada al análisis de proyectos usando el método PERT con variables aleatorias continuas y discretas*. Nuevo León, México: VIRTUALPRO, 29.
6. Grupo Vidriero Centroamericano. *VICAL*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://grupovical.com>.

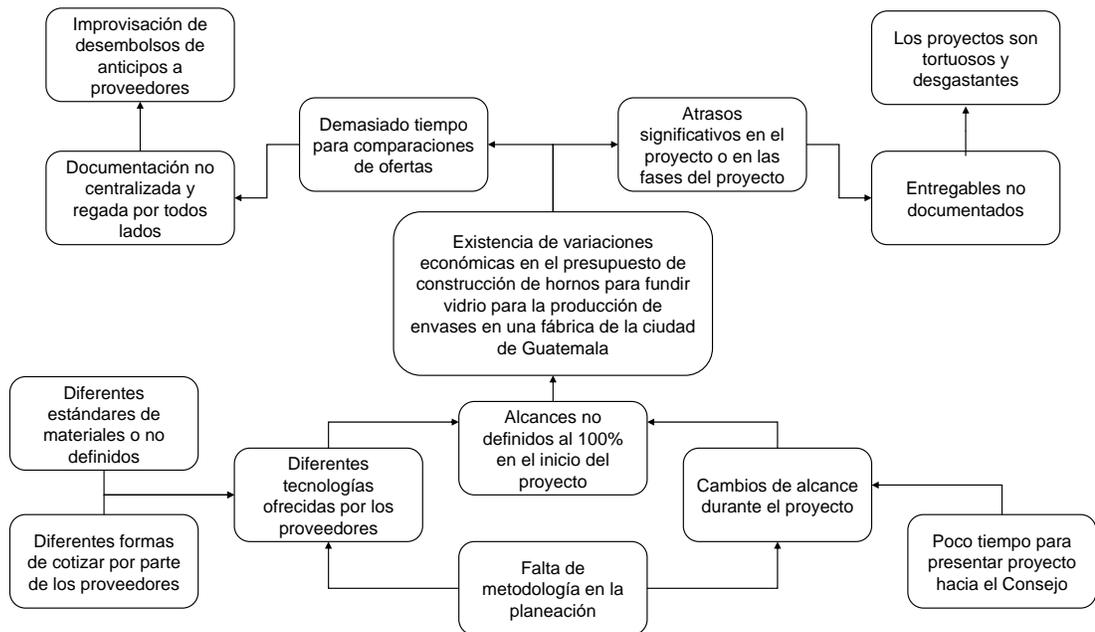
7. López, A. y Lanckenau, D. G. (2017). *Administración de proyectos, la clave para la coordinación efectiva de actividades y recursos*. México: Pearson Educación de México, S.A. de C. V.
8. López, L. (2019). *Resultados exitosos en proyectos bajo los lineamientos del Project Management Institute* (Tesis de licenciatura). Universidad Santiago de Cali, Colombia. Recuperado de <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/2531/RESULTADOS%20EXITOSOS%20EN%20PROYECTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
9. Marroquín, J. (2017). *Diseño de investigación: utilización de PMBOK® para la gestión y control de proyectos del área de ingeniería móvil core en una empresa de telecomunicaciones* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3581\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3581_IN.pdf).
10. Martínez, E. (2015). *Propuesta metodológica para la gestión de proyectos de electrificación rural en alcance, tiempo y costo en centrales eléctricas del norte de Santander S. A. E. S. P. guía del PMBOK®* (Tesis de licenciatura). Universidad Industrial de Santander, Argentina. Recuperado de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2015/157798.pdf>.
11. Ortegón, E., Pacheco, J. y Prieto, A. (2005). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Santiago de Chile: CEPAL.

12. PMI. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos, guía del PMBOK*. Pennsylvania, Estados Unidos: Project Management Institute.
13. Ross, C. y Tincher, G. (2004). *Glass Melting Technology*. Ohio, Estados Unidos: Paul Vickers Garder Glass Center.
14. Sapag, N. (2011). *Proyectos de inversión. Formulación y evaluación*. Santiago de Chile, Chile: Pearson Educación.
15. Sarmiento, J. (2020). *Gestión de proyectos aplicada al PMBOK 6ED*. Bocaya, Colombia: UPTC.
16. Turley, F. (2010). *The Prince2 Training Manual*. United Kingdom: PRINCE.



## 14. APÉNDICES

### Apéndice 1. Árbol del problema



Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Matriz de coherencia

Objetivos	Nombre de las Variables	Indicadores	Técnicas e Instrumentos	Metodología
Identificar el impacto económico que se genera en un proyecto de construcción de un horno regenerativo para la fundición de vidrio fundido.	Identificación del impacto económico que se genera en un proyecto de construcción de horno.	Revisión de presupuesto original del proyecto y sus variaciones en cada rubro.	Revisión documental de registros contables en el ERP de la empresa y de los entregables durante el último proyecto.	Entrevistas presenciales y virtuales con la Gerencia Financiera y con el encargado ejecutor de los proyectos de construcción de hornos.  Revisión documental de información de entrada y de las variaciones en el alcance original de un proyecto de construcción de un horno.
Desarrollar los procesos de gestión de proyectos de construcción de hornos regenerativos para la fundición de vidrio calizo con base en la metodología Project Management Institute.	Determinación de procesos para construcción de horno regenerativo.	Procesos involucrados en el diseño del proyecto durante: Inicio Planificación Ejecución Control Cierre	Utilización de guía de los fundamentos para la dirección de proyectos PMBOK®	Revisión de los pasos sugeridos por la guía PMBOK y la adaptación al desarrollo de los procesos que intervienen en un proyecto de construcción de un horno para la fundición de vidrio.

Continuación del apéndice 2.

Objetivos	Nombre de las variables	Indicadores	Técnicas e instrumentos	Metodología
Establecer los indicadores que muestren el control del coste, alcance y tiempo de un proyecto de construcción de hornos regenerativos para la fundición de vidrio calizo.	Definición de indicadores para monitorear el proyecto.	Utilizar el análisis de valor ganado para determinación de indicadores, los principales componentes son: valor planificado (Planned Value, PV), valor ganado (Earned Value, EV), costo real (Real Cost, AC) y presupuesto a conclusión (Budget at completion, BAC). PV% = PV / BAC EV% = EV / BAC AC% = AC / BAC	Utilización de guía de los fundamentos para la dirección de proyectos PMBOK®	Se utilizará el análisis de valor ganado ( <i>Earned Value Management</i> ) como base para las mediciones de alcance, tiempo y costos para evaluar el desempeño y avance del proyecto.
Describir los riesgos potenciales al no seguir una metodología definida para la gestión de proyectos de construcción de hornos de vidrio calizo.	Determinar los riesgos potenciales.	Riesgos cuantitativos y riesgos cualitativos (desgloses).	Matriz de análisis de riesgos.	Entrevistas presenciales y virtuales con la Gerencia Financiera de la empresa y con el encargado ejecutor de los proyectos de construcción de hornos.
Evaluar el beneficio de desarrollar un sistema de gestión de proyectos de construcción de hornos de vidrio calizo basado en la metodología Project Management Institute	Evaluación de los beneficios de desarrollar la herramienta.	Factibilidad de herramientas para controlar. Alcance Cronograma Costos	Utilización de guía de los fundamentos para la dirección de proyectos PMBOK®	Revisión de los pasos sugeridos por la guía PMBOK® y realizar un análisis comparativo de la forma actual de llevar los proyectos de construcción de hornos para la fundición de vidrio.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Matriz de revisión documental**

**Revisión documental de registros**



<b>No.</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>	<b>Fecha</b>	<b>Observación</b>
1	Acta de constitución del proyecto				
2	Plan para la dirección				
3	Alcance del proyecto				
4	Cronograma del proyecto				
5	Presupuesto del proyecto				
6	Control de costos del proyecto				
7	Cierre del proyecto				

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 4. Encuesta no estructurada



### ENTREVISTA (Anexo 3)

En la siguiente cuestionario, se presentan diferentes preguntas respecto a la gestión de proyectos de construcción de horno, los cuales serán relevantes para el presente diseño de investigación.

#### INFORME DE ENTREVISTA

Nombre			
Puesto			
Lugar		Fecha y hora	

1. Conoce cuál fue la desviación del alcance de la última construcción del horno realizado en la compañía:
  
2. En términos económicos, cuánto fue la desviación respecto al presupuesto original en la última construcción del horno:
  
3. Los registros contables de los proyectos, son sencillos de monitorear para llevar un buen control de desviaciones?
  
4. Durante la ejecución del proyecto, cada cuánto se da seguimiento a las desviaciones o avances, quedan registrados los compromisos, en dónde?

## Continuación del apéndice 4.



5. El presupuesto tiene asignado para cada actividad importante, conoce cuanto fueron las desviaciones respecto al presupuesto original.
  
6. Los entregables de cada actividad, tiene registro de entrega? Dónde se registra, está en el ERP?
  
7. Cuáles son los riesgos más importantes que observa a no contar con una metodología definida para la construcción de hornos para fundir vidrio.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Matriz de indicadores propuestos**

**Tabla de indicadores de control  
de proyectos de horno**



Indicador	Descripción	Meta	Valor	Observación
BAC	Valor planificado total del proyecto a conclusión			
PV	Valor planificado			
EV	Valor ganado			
AC	Costo real			
VAC	Variación a la conclusión			
EAC	Estimación a conclusión			
SV	Medición del cronograma			
SPI	Índice de desempeño del cronograma			
CV	Variaciones en los costos del proyecto			
CPI	Índice de desempeño del costo			

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 6. Formato presupuestario

### FORMATO PARA REVISIÓN PRESUPUESTARIA - CONSTRUCCIÓN HORNO



ÍTEM	CONCEPTO	COSTO MATERIAL	COSTO MANO OBRA	COSTO SUBCONTRATO	COSTO TOTAL
1	ALIMENTACIÓN AL HORNO				
2	FUNDICIÓN				
2.1	MATERIAS PRIMAS				
2.2	HORNO				
2.3	REFINADOR				
2.4	INSTRUMENTACIÓN HORNO				
	TOTAL DE FUNDICIÓN				
3	ALIMENTADORES				
3.1	INSTRUMENTACIÓN ALIMENTADORES				
3.2	EQUIPOS GENERALES DE PRODUCCIÓN				
3.3	SISTEMA DE COMBUSTIÓN ALIMENTADORES				
	SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO				
3.4	LÍNEAS DE PRODUCCIÓN				
	TOTAL DE ALIMENTADORES Y LÍNEAS DE PRODUCCIÓN				
4	AREA FRÍA				
	TOTAL DE AREA FRÍA				
6	SERVICIOS PLANTA				
6.1	OBRA CIVIL				
6.2	SERVICIOS GENERALES				
6.3	SERVICIOS ELÉCTRICOS				
	TOTAL DE SERVICIOS PLANTA				
7	INGENIERÍA				
7.1	SERVICIOS INGENIERÍA				
	INGENIERÍA DEL PROYECTO				
8	GASTOS PREOPERATIVOS				
8.1	GASTOS PREOPERATIVOS				
	SUPERVISIÓN DE CONSTRUCCIÓN, ASISTENCIA TÉCNICA				
9	GASTOS EQUIPOS DE PLANTA				
9.1	GASTOS EQUIPO DE PLANTA				
	SALARIO PERSONAL DE PLANTA, FLETES Y GASTOS				
	SUBTOTAL DEL PROYECTO:				
	IMPREVISTOS				
	TOTAL GENERAL DEL PROYECTO:				

Fuente: elaboración propia.