

CIATEQ, A. C. Centro de Tecnología Avanzada
Dirección de Posgrado



*Metodología para la formulación y evaluación de
proyectos de inversión del sector agroindustrial*

TESIS QUE PRESENTA

Ing. Víctor Hugo Garrafa Calderón
Asesor: Mtro. Roberto Carlos Garcés Rodríguez

Para obtener el grado de

Maestro en
Dirección y Gestión de Proyectos de Ingeniería

Villahermosa, Tabasco
diciembre, 2021

CARTA DE LIBERACIÓN DEL ASESOR



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



Villahermosa, Tabasco, 24 de noviembre del 2021

Mtro. Geovany González Carlos
Coordinador Académico de Posgrado
CIATEQ, A.C.

Los abajo firmantes, miembros del Comité Tutorial del Ing. Victor Hugo Garrata Calderón, una vez revisado su Proyecto Terminal de tesis, titulado "Metodología para la formulación y evaluación de proyectos de inversión del sector agroindustrial" autorizamos que el citado trabajo sea presentado por el alumno para su revisión, con el fin de alcanzar el grado de Maestro en Dirección y Gestión de Proyectos de Ingeniería.

Sin otro particular por el momento, agradecemos la atención prestada.

Firma

Mtro. Roberto Carlos Garcés Rodríguez
Asesor Académico

Firma

Mtro. Carlos B. Castañeda Castañeda
Asesor en Planta

F31 a Revisión: 01-Jun-2021

Calle 23 de agosto No. 213, Col. Jesús García, CP. 86040, Villahermosa, Tabasco, México.
+52 (993) 316 83 63 www.ciateq.mx



CARTA DE LIBERACIÓN DEL REVISOR



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



Querétaro, Querétaro, 14 de diciembre del 2021.

Mtro. Geovany González Carlos
Coordinador Académico
CIATEQ, A.C.

Por medio de la presente me dirijo a usted en calidad de Revisor del proyecto terminal del alumno
Ing. Víctor Hugo Garrafa Calderón, cuyo título es:

**"METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DEL SECTOR
AGROINDUSTRIAL"**

Después de haberlo leído, corregido e intercambiado información con el alumno, y realizado los cambios que le fueron sugeridos, puede ser autorizada su impresión, a fin de que se inicien los trámites correspondientes para su defensa.

Sin otro particular por el momento, y en espera de que mis sugerencias sean tomadas en cuenta en beneficio del estudiante y la Institución, agradezco la atención prestada.

Atentamente,

Firma

M. C. Raul Roberto Muñoz Chavez

Av. Manantiales No. 20, Parque Industrial Bernardo Quintana, CP. 76246, El Marqués, Qro., México.
Tel: +52 (442) 196 15 00 www.ciateq.mx



DEDICATORIA

A mi esposa Maria Luisa e hijas Sofía y Zoé.

Quienes me brindaron en todo momento el apoyo y comprensión por el esfuerzo invertido para completar este importante peldaño de mi formación profesional.

A mis padres Concepción Calderón y J. Guadalupe Garrafa (+).

Por contribuir de manera fundamental en mi formación como profesionista, dándome un gran ejemplo de dedicación y superación, transmitiéndome los valores esenciales como el respeto, la responsabilidad y honestidad.

A mis hermanos Carlos, Kathia y Juan por ser una familia muy unida y que siempre nos apoyamos para seguir adelante juntos.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor de tesis Mtro. Roberto Carlos Garcés Rodríguez.

Por su valioso apoyo durante la realización de este trabajo orientándome de forma práctica y concisa los aspectos clave del proceso de investigación.

A mi asesor en planta el M. en I. Carlos Belisario Castañeda Castañeda.

Por sus valiosas recomendaciones y ejemplos que me sirvieron para reforzar los elementos clave de la investigación.

A todos mis maestros.

Por su excelente labor docente que compartieron de forma práctica sus conocimientos, que me ayudaron a fortalecer mis habilidades y consolidar mi desempeño profesional.

* * *

RESUMEN

En esta época de alta incertidumbre que ha impactado a nivel global en todos los sectores económicos, aumenta la necesidad de adoptar mejores prácticas para incrementar el desempeño de los proyectos, principalmente desde las fases tempranas del ciclo de vida de estos, para seleccionar los proyectos correctos y ejecutarlos en el momento preciso.

En este trabajo de investigación se realizará una evaluación comparativa de metodologías de formulación y evaluación de proyectos de inversión de capital, utilizadas con mayor frecuencia por dependencias y empresas de diferentes sectores de la industria para identificar las mejores prácticas que incrementen la probabilidad de éxito de los proyectos.

La finalidad de la investigación es desarrollar una metodología para la formulación y evaluación de proyectos de inversión, específicamente para atender las necesidades del sector agroindustrial y agregar valor a la producción primaria.

El resultado de la investigación será un mapa de proceso en donde se representan las entradas de información, las técnicas y prácticas recomendadas multidisciplinarias y finalmente las salidas del proceso para generar la información para la toma de decisión de continuar o no con el proyecto.

Palabras clave: Preinversión, Tecnología industrial, Procesos industriales.

ABSTRACT

At this time, the high uncertainty that has impacted globally in all economic sectors, it is necessary to adopt best practices to increase the performance of projects, mainly from the early phases of the project life cycle, to select the correct projects and execute them in the precise moment.

In this research, a comparative evaluation of investment project formulation and evaluation methodologies will be carried out, used frequently by agencies and companies from different sectors of the industry to identify the best practices to increase the probability of project success.

The purpose of the research is to develop a methodology for evaluation of capital investment projects, specifically for the agroindustry sector.

The result of the research will be a process map with inputs, techniques and multidisciplinary best practices and the outputs of the process to generate the information to make the decision to continue or not with the project.

Keywords: Feasibility, Industrial technology, Industrial processes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
GLOSARIO	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. HIPÓTESIS.....	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. CICLO DE VIDA DEL PROYECTO	5
2.2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE ESTIMADOS DE COSTOS.....	6
2.3. FORMULACIÓN Y ANÁLISIS DETALLADO DE PROYECTOS. FAO.....	8
2.4. LINEAMIENTOS PARA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN. SHCP	9
2.5. PROCESO DE PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS. URBINA	12
2.6. ANÁLISIS DE NEGOCIOS PMI.....	14
2.7. FRONT END LOADING (FEL).....	17
3. PROCEDIMIENTO.....	21
3.1. IMPLEMENTACIÓN DE LA CASA DE LA CALIDAD (HOQ)	21
3.1.1. Calidad exigida	22
3.1.2. Análisis competitivo.....	23
3.1.3. Características técnicas	25
3.1.4. Correlaciones.....	25
3.1.5. Relaciones.....	27
3.1.6. Objetivos	28
4. RESULTADOS	29

4.1. ANÁLISIS COMPETITIVO	30
4.2. RESULTADOS PARA EL DISEÑO	30
4.3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	31
4.3.1. Ciclo de vida del proyecto	31
4.3.1. Diagrama de flujo de procesos de estudios de preinversión	32
4.3.2. Procedimiento	34
CONCLUSIONES	38
RECOMENDACIONES	40
APORTACIÓN DE LA TESIS.....	41
APORTACIÓN SOCIAL DE LA TESIS.....	42
REFERENCIAS.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida del proyecto	6
Figura 2. Rango de precisión de estimados de costos	8
Figura 3. Proceso de evaluación de proyectos	13
Figura 4. Ciclo de vida del proyecto y del producto.....	15
Figura 5. Diagrama de flujo de datos.....	16
Figura 6. Diagrama de fases del proyecto.	18
Figura 7. Diagrama de la casa de la calidad.	22
Figura 8. Simbología	26
Figura 9. Diagrama de la Casa de la calidad (resultados).....	29
Figura 10. Integración con el proceso OP-P-02.	31
Figura 11. Ciclo de vida del proyecto	32
Figura 12. Diagrama de flujo de procesos estudios de preinversión	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de estimados de costos para industrias de proceso.....	7
Tabla 2. Entregables por fases.....	19
Tabla 3. Secciones, categorías y elementos del PDRI	20
Tabla 4. Calidad exigida (requisitos del cliente)	23
Tabla 5. Análisis competitivo	24
Tabla 6. Requisitos funcionales.....	25
Tabla 7. Correlaciones de las características de calidad.....	26
Tabla 9. Objetivos de diseño	28
Tabla 10. Actividades y responsables de ejecutarlos	34
Tabla 11. Indicadores económicos de las alternativas.....	38

GLOSARIO

Agroindustria: Se entiende por agroindustria a la empresa pública o privada que transforma las materias primas agrícolas en productos con valor agregado.

Análisis de costo beneficio: Se refiere a la evaluación de los proyectos de inversión que considera tanto los costos de adquisición de equipos e infraestructura, como los costos de operación y mantenimiento; para compararlos con los beneficios directos e indirectos que se generan a la sociedad.

Análisis de riesgo: Es la identificación, análisis, valoración y tratamiento de los riesgos asociados a un proyecto de inversión en sus etapas de ejecución, operación y mantenimiento, evaluando la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo identificado y sus posibles impactos en caso de materializarse, que afecten el desempeño general del proyecto.

Análisis de sensibilidad: Es la identificación de los efectos que ocasionaría la modificación de una o más variables (precio de los insumos, variación en el costo de adquisición de equipos, costos de operación y mantenimiento) sobre los principales indicadores de rentabilidad: Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

Caso de negocio: Es el estudio de viabilidad económica que se utiliza para establecer la validez de los beneficios de un proyecto que carece de una definición suficiente y que se toma como base para la autorización de las siguientes etapas de definición del proyecto o fases del ciclo de vida.

Ciclo de vida del proyecto: Es una serie de fases que atraviesa un proyecto desde la idea de negocio hasta el inicio de operaciones unitarias.

Estimado de costos: Es una práctica recomendada para la clasificación de costos de un proyecto de inversión, el rango de precisión está en función del nivel de madurez de la definición del proyecto y se utiliza para evaluar, aprobar y/o obtener fondos para la ejecución del proyecto.

Estudio de mercado: Se refiere a la investigación con fuentes primarias o secundarias para la determinación y cuantificación de la oferta y demanda del producto, analizando los precios y la estrategia de comercialización.

Estudio de preinversión: Son los estudios requeridos por una entidad de gobierno o privada para la toma de decisión de llevar a cabo un proyecto de inversión.

Estudio técnico: Se refiere al análisis y selección de la maquinaria, equipo, tecnología y de los materiales, así como, la determinación de la calificación y cantidad del personal requerido para la operación de la planta agroindustrial, incluyendo el análisis de alternativas de ubicación de la planta y selección de la mejor opción.

Evaluación financiera: Es el análisis que permite determinar si el proyecto de inversión genera el suficiente flujo de recursos para hacer frente a los costos de inversión y costos operación, incluyendo pagos financieros y fiscales.

Evaluación de impacto social: Es un análisis de carácter preventivo para comunicar a las partes interesadas acerca de los impactos que pueden generarse con la ejecución del proyecto, estableciendo acciones de mitigación de los impactos negativos y la gestión de estos.

Evaluación de impacto ambiental: Es el estudio en donde se determina los efectos que puede ocasionar la ejecución del proyecto en el ambiente, determinando medidas de mitigación que permitan atenuar o eliminar los impactos negativos, cumpliendo en todo momento la normatividad aplicable en materia ambiental.

Ingeniería conceptual: Es la fase inicial del nivel de madurez en la definición de los entregables del proyecto, en el que se desarrollan principalmente: el estudio técnico; el estimado de costos de inversión (clase IV); la evaluación económica; el estudio de riesgos; la evaluación del impacto social y ambiental.

Ingeniería básica: Es la segunda fase del nivel de madurez en la definición de los entregables del proyecto, en donde se refinan los requerimientos de usuario; se adicionan en el estudio técnico, los diagramas de tuberías e instrumentación, arreglo general de equipo, especificaciones y hojas de datos; se realiza

actualización del estimado de costos de inversión (clase III); la valoración económica; el estudio de riesgos y se precisa la descripción del alcance de proyecto (bases de diseño). También se genera el cronograma de realización del proyecto, plan de ejecución y guías de control de este.

Ingeniería de detalle: Es la última fase del nivel de definición de un proyecto. En esta fase se realizan planos y documentos de ingeniería con mayor precisión para facilitar la siguiente fase de procura y construcción, entre los documentos que se desarrollan en esta fase se encuentran: hoja de datos de equipos e instrumentos, memorias de cálculo multidisciplinarias, rutas eléctricas y de tuberías, listado de equipos, instrumentos, especificaciones y volúmenes de obra.

Proyecto: Es un esfuerzo temporal para la creación un producto comercial de acuerdo con el caso de negocio.

Punto de equilibrio: Es la cantidad de productos que se necesitan vender para igualar a los costos de operación.

Tasa de descuento: Es la tasa de interés requerida de un proyecto de inversión para ser considerado rentable. También es conocido como costo de capital.

Tasa Interna de Retorno (TIR): Es un indicador de rentabilidad económica que tendrá el proyecto de inversión expresado en porcentaje. Este indicador deberá ser mayor a la tasa de descuento para considerarlo rentable.

Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI): Es un indicador de rentabilidad económica que permite identificar el momento óptimo para el inicio de operaciones del proyecto de inversión con beneficios incrementales a través del tiempo.

Valor Presente Neto (VPN): Es el balance de los flujos netos anuales restando la inversión inicial para su comparación en un momento determinado, de esta manera si el resultado es positivo, significa que es rentable el proyecto de inversión, en cambio, si es negativo se considera inviable económicamente.

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe los antecedentes del tema, la problemática que se pretende abordar y los objetivos de la investigación.

1.1. ANTECEDENTES

En los últimos años a nivel global han surgido diversos factores externos que afectan directamente el desempeño de los proyectos, la actual pandemia ha impactado en los precios de la materia prima, aunado a los problemas en la cadena de suministros y la complejidad de un futuro impredecible ha generado volatilidad en todas las economías. También los factores internos por la falta de claridad de los requisitos del cliente y partes interesadas en la etapa inicial del ciclo de vida de los proyectos afectan a los resultados esperados y la estrategia entrega de valor.

En la décima encuesta mundial que realizó el Project Management Institute (PMI) sobre temas de dirección de proyectos, se obtuvieron alarmantes resultados relacionados con el alto costo de ejecutar proyectos en organizaciones que no aplican buenas prácticas de dirección de proyectos, poniendo en riesgo la entrega de valor. Alrededor del 9.9 % del costo de inversión de capital se desperdicia debido a un bajo desempeño de los proyectos. Otra de las causas del bajo rendimiento, se debe a proyectos mal concebidos y cambios no controlados en el alcance del proyecto (Project Management Institute, 2018).

En el contexto nacional, la (Auditoría Superior de la Federación [ASF], 2016) realizó un diagnóstico para conocer las causas principales de los incrementos en monto y/o plazo en proyectos de infraestructura.

Se detectaron como principales deficiencias, la planeación incompleta en cuanto al alcance del proyecto, su rentabilidad, la problemática social y ambiental, diseño de contratos inequitativos, indefinición del tipo de contratación y la forma de pago considerando las fuentes de recursos para su financiamiento, además de constatarse la falta de coordinación entre los entes para la obtención de licencias

y permisos, así como el predominio de decisiones políticas sobre consideraciones técnicas. (Problemática General en Materia de Obra Pública, 2016, pág. 4)

Por otra parte, el (Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, 2019) enfatiza la política industrial y tecnológica para agregar valor a la producción primaria. En ese sentido se tiene la necesidad de realizar acciones que permitan dar soporte para la toma de decisiones para la creación, desarrollo y optimización de plantas agroindustriales.

La agroindustria es una de las actividades que los estados del Sureste de México tienen una ventaja natural, dada la vasta cantidad de recursos naturales y humanos.

En los últimos años el Centro de Tecnología Avanzada CIATEQ, A. C. ha realizado visitas a plantas agroindustriales para atender las necesidades de los clientes de este sector, identificando con frecuencia cuellos de botella en sus procesos. En algunos casos se tienen instalados equipos que no son necesarios para el proceso y solo incrementan el costo de operación impactando al indicador de efectividad general de los equipos (OEE). Incluso existen factores externos que limitan realizar operaciones simultaneas debido a la capacidad instalada en determinada zona para el suministro de energía eléctrica.

En los casos anteriormente mencionados es evidente que no se llevó a cabo una correcta formulación y evaluación de proyectos para la toma de decisión de invertir o si se seleccionó la mejor ubicación para la construcción de la planta.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La oferta tecnológica del Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ, A. C., 2020) se compone de las siguientes áreas de especialidad:

- Ingeniería Virtual y Manufactura
- Ingeniería de Plantas y Construcción
- Plásticos y Materiales Avanzados

- Sistemas de Medición
- Sistemas Mecánicos
- T.I., Electrónica y Control
- Posgrados

Particularmente en la especialidad de Ingeniería de Plantas y Construcción se han ejecutado proyectos vinculados con diversos sectores productivos en los que destacan, el sector de comunicaciones y transportes (terminales aéreas), industria eléctrica y el sector hidrocarburos prácticamente en todas las fases del ciclo de vida del proyecto, desde los estudios de prefactibilidad, ingenierías, hasta la supervisión de obra y puesta en operación.

Sin embargo, con la actual transición energética y la estrategia nacional para cubrir la demanda nacional de la industria de alimentos, se abre el abanico de oportunidades para atender al sector agroindustrial, aprovechando la sólida experiencia de la Dirección de Ingeniería de Plantas y Construcción.

El problema del área es que la base de conocimientos, metodologías y procedimientos están orientados principalmente al sector hidrocarburos entre otros.

De esta manera surge la necesidad de realizar una propuesta metodológica para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de capital específica para el sector agroindustrial que integre las buenas prácticas de agronegocios, ingeniería y administración de proyectos, para tener un enfoque holístico y proporcionar soluciones estandarizadas a este sector.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de esta investigación es de gran importancia para CIATEQ, A. C., permitirá contribuir con uno de los objetivos prioritarios del Plan Nacional de Desarrollo (PND) para agregar valor a la producción primaria.

Se atenderá de manera directa la línea de acción de los planes estatales de desarrollo para elaborar estudios de viabilidad y factibilidad que permitan disponer

de información para la toma de decisiones sobre la creación, desarrollo y consolidación de empresas agroindustriales en el país.

Particularmente el Plan Estatal de Desarrollo del Gobierno del Estado de Tabasco, expresa su voluntad para fomentar el desarrollo agroindustrial, incorporando estrategias orientadas a modernizar la estructura productiva, “teniendo como meta para el año 2024 apoyar a 210 empresas agroindustriales con recursos económicos para equipamiento, mejoramiento de productos ...” (Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024, 2019, pág. 151)

1.4. OBJETIVOS

Coadyuvar con la estrategia del Plan Nacional de Desarrollo para incrementar la productividad y promover el uso responsable y eficiente de los recursos para contribuir al crecimiento económico equilibrado y sostenible en el país.

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar una metodología para la formulación y evaluación de proyectos de inversión del sector agroindustrial para aumentar la probabilidad de éxito de los proyectos.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Desarrollar un Benchmarking de las metodologías de evaluación de proyectos de inversión de capital.
- b. Identificar los requisitos críticos de calidad.
- c. Desarrollar una herramienta que sea compatible con el Sistema de Gestión de Calidad del Centro.
- d. Elaborar el procedimiento para la elaboración de estudios de preinversión.

1.5. HIPÓTESIS

Mediante la aplicación de una metodología de formulación y evaluación de proyectos de inversión se podrá demostrar que la agroindustria del agua de coco es factible técnica y económicamente viable en el estado de Tabasco.

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se incluye un marco referencial de metodologías de evaluación de proyectos de inversión de diferentes sectores para el análisis de contenidos, de tal manera que nos permita la identificación de las mejores prácticas en agronegocios, ingeniería y dirección de proyectos para la composición de nuestra propuesta metodológica.

Antes de entrar al análisis del estado del arte de las metodologías es de vital importancia comprender las etapas principales y las fases de del ciclo de vida del proyecto. También es importante conocer el sistema de clasificación de estimados de costos y su rango de precisión en función del nivel de madurez en la definición de los entregables del proyecto.

2.1. CICLO DE VIDA DEL PROYECTO

En el contexto de evaluación de proyectos de inversión el ciclo de vida del proyecto es fundamental para comprender cada una de las fases en que está dividido, de tal manera que facilita la gestión de forma ordenada y secuencial, con hitos de revisión para la toma de decisión de avanzar o no a las siguientes etapas.

El Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación de Proyectos (CEPEP) considera que el ciclo de vida de un proyecto de inversión tiene "tres etapas fundamentales: la preinversión, la inversión y la operación" (CEPEP, 2018, pág. 5) Cada una de estas etapas se subdividen en fases, desde la identificación de la idea hasta el inicio de operaciones.

En este trabajo de investigación se centrará el análisis en la etapa de preinversión, es decir hasta los estudios de factibilidad y evaluación de proyecto.

En la Figura 1 se muestra el detalle de las etapas y fases del ciclo de vida del proyecto. Se agrega una segunda línea de fases que son típicas que se pueden encontrar en la literatura de otras metodologías. La etapa de preinversión se compone de las fases de evaluación de perfil, prefactibilidad y factibilidad del proyecto. Nótese que el nivel de madurez en la definición de los entregables del proyecto para los estudios de factibilidad es ingeniería conceptual.

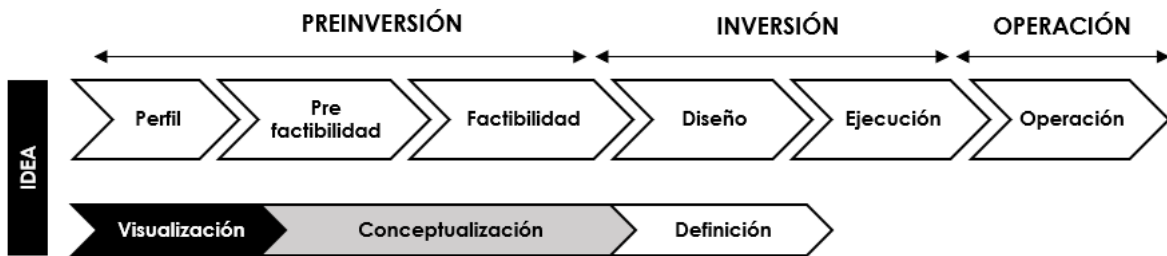


Figura 1. Ciclo de vida del proyecto
Elaboración propia

Las etapas y fases subsecuentes del ciclo de vida se ejecutan solo si el proyecto es capaz de generar un flujo de recursos suficientes para hacer frente a todos los gastos de inversión y operación incluyendo pagos financieros y fiscales.

2.2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE ESTIMADOS DE COSTOS

El sistema de clasificación de estimados de costos es una práctica recomendada (RP 18R-97) de la Asociación Internacional para el Avance de la Ingeniería de Costos (AACE) por sus siglas en inglés. Se utiliza para estimación de costos y presupuestos con fines de evaluación de proyectos, aprobación o para obtener fondos aplicado en ingeniería, procura y construcción para industrias de proceso.

En la tabla 1 se muestra la matriz de clasificación de estimados de costos (AACE International, 2020).

La fase inicial del ciclo de vida del proyecto en donde se tiene un nivel de madurez en la definición de los entregables prácticamente desde cero hasta un 2% se utiliza el estimado de costos **Clase V** y su propósito es estimar costos de idea de concepto o caso de negocio, el método típico de estimación es por modelos paramétricos o analogía también conocido como orden de magnitud y el rango de precisión esperado es de - 50% a + 100%.

El siguiente nivel corresponde al estimado de costos **Clase IV**, su propósito es para la realización de estudios de factibilidad en donde se tiene hasta un 15 % de madurez en la definición de los entregables del proyecto. Los métodos de estimación frecuentemente utilizados son factores de equipos o modelos paramétricos con un rango de precisión de -30 % a +50 %.

Tabla 1. Matriz de estimados de costos para industrias de proceso

Clases	Nivel de madurez en la definición de los entregables del proyecto	Propósito de uso	Método de estimación	Rango de precisión esperado
Clase V	0 % a 2 %	Idea de Concepto	Analogía (Orden de magnitud) Modelos paramétricos.	- 50 % a +100 %
Clase IV	1 % a 15 %	Estudio de factibilidad	Factores de equipos o Modelos paramétricos	-30 % a +50 %
Clase III	10 % a 40 %	Autorización de presupuesto	Costos unitarios semi-detallados con línea de ensamble	- 20 % a +30%
Clase II	30 % a 75 %	Oferta o control	Costos unitarios preliminar	- 15 % a +20%
Clase I	65 % a 100 %	Licitación	Costos unitarios detallados	- 10% a +15%

Elaboración propia

En los estimados Clase III, II y I el nivel de madurez en la definición de los entregables del proyecto se va incrementando y la brecha de precisión esperado se va reduciendo, tal como se muestra en la Figura 2.

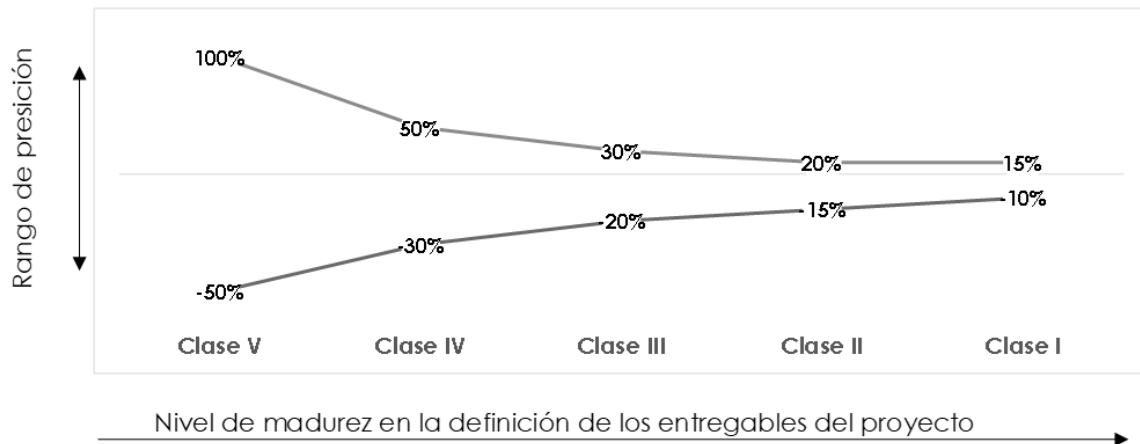


Figura 2. Rango de precisión de estimados de costos
Elaboración propia

2.3. FORMULACIÓN Y ANÁLISIS DETALLADO DE PROYECTOS. FAO

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación desarrolló un sistema denominado Ruralinvest para atender la necesidad de una metodología.

Los requisitos de formulación y evaluación de Ruralinvest son los siguientes:

Identificación participativa de prioridades locales de inversión.

Definiendo la situación actual, incluyendo aspectos físicos, medioambientales, socioeconómicos y culturales, incluyendo disponibilidad de mercados y capacidad organizacional.

Formulación y empleo de los perfiles de proyecto.

El perfil del proyecto debe proporcionar suficiente información para determinar que ideas tienen más potencial para justificar el esfuerzo y los recursos para continuar desarrollándolas con mayor detalle.

Formulación y evaluación detallada

Esta fase consiste en la preparación de una propuesta de proyecto más detallada. La profundidad y el nivel de detalle requerido para el proceso de formulación y evaluación se describe a continuación:

Estimación de la demanda y de beneficios; evaluación de la tecnología; evaluación de la factibilidad operativa del proyecto, viabilidad económica - ambiental; estimación de los costos inversión y de operación; opciones de financiamiento; selección y especificación de una estructura adecuada de manejo y administración; evaluación financiera; identificando factores de riesgo que influirán sobre el posible éxito de la inversión. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, 2007).

2.4. LINEAMIENTOS PARA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN. SHCP

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público con base en la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria publicó los lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión.

La Secretaría establece los tipos de evaluación socioeconómica aplicables a proyectos de inversión:

- i. Ficha técnica;
- ii. Análisis costo-beneficio simplificado;
- iii. Análisis costo-beneficio;
- iv. Análisis costo-eficiencia simplificado, y
- v. Análisis costo-eficiencia.

La Ficha técnica y el Análisis costo-beneficio simplificado son evaluaciones socioeconómicas a nivel de perfil.

El análisis costo-beneficio, es una evaluación socioeconómica del programa o proyecto a nivel de prefactibilidad, y consistirá en determinar la conveniencia de un programa o proyecto de inversión mediante la valoración de los términos monetarios de los costos y beneficios asociados directa e indirectamente.

El análisis costo-beneficio se aplicará en los siguientes casos:

- i. Para los programas y proyectos de inversión con un monto total de inversión superior a 500 millones de pesos;
- ii. Para los proyectos de infraestructura productiva de largo plazo, y
- iii. Para aquellos programas y proyectos de inversión distintos de los anteriores, cuando así lo determine la Secretaría, a través de la Unidad de Inversiones, independientemente de su monto total de inversión.

El análisis costo-beneficio deberá incluir las principales conclusiones de la factibilidad técnica, legal, económica y ambiental, así como los estudios de mercado y otros específicos de acuerdo al sector.

El análisis costo-beneficio deberá contener lo siguiente:

- i. Resumen ejecutivo. Contendrá el nombre del programa o proyecto de inversión, localización, monto total de inversión, objetivo del programa o proyecto de inversión, la problemática identificada, el horizonte de evaluación, la identificación y descripción de los principales costos y beneficios, sus indicadores de rentabilidad, los principales riesgos asociados a la ejecución y operación, finalmente la conclusión referente a la rentabilidad del programa o proyecto de inversión.
- ii. Situación actual del programa o proyecto de inversión. Incluyendo los siguientes elementos:
 - a) Diagnóstico de la situación actual, resaltando la problemática que se pretende resolver;
 - b) Análisis de la oferta;
 - c) Análisis de la demanda actual, y
 - d) Diagnóstico de la interacción de la oferta y la demanda a lo largo del horizonte de evaluación.
- iii. Situación sin el programa o proyecto de inversión.
- iv. Situación con el programa o proyecto de inversión.
- v. Evaluación del programa o proyecto de inversión. Deberá incluirse la evaluación del programa o proyecto de inversión comparando la

situación sin proyecto optimizada con la situación con proyecto, considerando los siguientes elementos:

- a) Identificación, cuantificación y valoración de los costos del programa o proyecto de inversión, considerando el flujo anual de costos del programa o proyecto de inversión, tanto en su etapa de ejecución como de operación.
 - b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del programa o proyecto de inversión, considerando el flujo anual de beneficios del programa o proyecto de inversión, tanto en su etapa de ejecución como de operación.
 - c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad: Deberán calcularse a partir de los flujos netos a lo largo del horizonte de evaluación, con el fin de determinar el beneficio neto y la conveniencia de realizar el programa o proyecto de inversión. El cálculo de los indicadores de rentabilidad incluye: VPN, TIR, y la TRI.
 - d) Análisis de sensibilidad: A través del cual, se deberán identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del programa o proyecto de inversión... Así mismo, se deberá señalar la variación porcentual de estos rubros con la que el VPN sería igual a cero.
 - e) Análisis de riesgos: Deberán identificarse los principales riesgos asociados al programa o proyecto de inversión en sus etapas de ejecución y operación, dichos riesgos deberán clasificarse con base en la probabilidad de ocurrencia y se deberán analizar sus impactos sobre la ejecución y la operación del programa o proyecto de inversión, así como las acciones necesarias para su mitigación.
- vi. Conclusiones y Recomendaciones: Exponer de forma clara y precisa los argumentos por los cuales el proyecto o programa de inversión debe realizarse. (Secretaría de Hacienda y Crédito Público [SHCP], 2015, págs. 4-6).

2.5. PROCESO DE PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS. URBINA

El enfoque de (Urbina, 2016) conceptualiza la evaluación de proyectos como un proceso que se distinguen tres niveles de profundidad:

1. Perfil, gran visión o identificación de la idea.
2. Estudio de prefactibilidad o anteproyecto.
3. Proyecto definitivo.

La evaluación de perfil o gran visión se elabora mediante cálculos globales de las inversiones, es el nivel más simple.

El siguiente nivel lo denomina estudios de prefactibilidad o anteproyecto. En este estudio se realizan investigaciones de mercado con fuentes secundarias y/o primarias, se detalla la tecnología que se utilizará, se determinan los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto y es la base para la toma de decisión de continuar o no con el proyecto.

El nivel más profundo lo denomina proyecto definitivo, parte de la información del estudio de factibilidad para aumentar el nivel de definición del proyecto para la construcción, se presentan los canales de comercialización más adecuados, las cotizaciones de la inversión y lista de contratos de venta.

En la Figura 3 se muestra los niveles de profundidad del proceso de evaluación de proyectos.

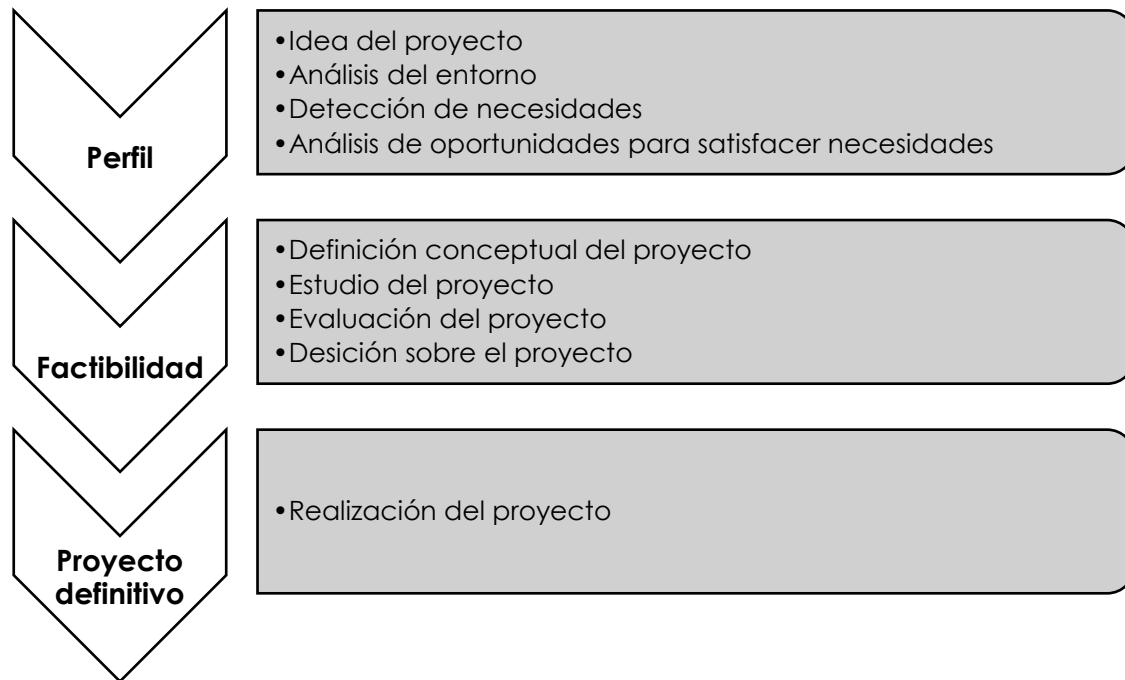


Figura 3. Proceso de evaluación de proyectos
(Urbina, 2016)

Estructura general de la metodología

El autor conceptualiza los siguientes apartados:

Definición de objetivos. En función de las intenciones de los promotores y/o patrocinador.

Estudio de mercado. Investigación para la determinación y cuantificación de la demanda y oferta, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización.

Estudio Técnico. Se determina el tamaño óptimo de la planta; se analiza la disponibilidad y el costo de los suministros e insumos; se determina la localización óptima; ingeniería del proyecto (descripción del proceso) y análisis de la organización humana y jurídica para la correcta operación del proyecto.

Estudio económico. Se refiere a la información de carácter monetario y elaboración de los cuadros analíticos que sirven de base para la evaluación económica.

Evaluación económica. Describe los métodos de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo.

Análisis y administración del riesgo. Consiste en la identificación y cuantificación del riesgo, estableciendo medidas de mitigación y administración.

Resumen y conclusiones. Consiste en la elaboración del resumen ejecutivo destacando los temas relevantes y sus principales indicadores económicos.

Decisión sobre el proyecto. Con base a los resultados del estudio se toma la decisión de continuar con el proyecto, aplazarlo en el tiempo o cancelarlo.

2.6. ANÁLISIS DE NEGOCIOS PMI

La guía de análisis de negocios (Project Management Institute, 2017) describe 35 procesos, 6 grupos de procesos y 6 áreas de conocimientos que contribuyen al éxito de los proyectos, programas o portafolios, aplicable a todo tipo industrias. El análisis de negocio es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para:

- Determinar las oportunidades y problemas de la organización;
- Identificar las necesidades y las recomendaciones viables de la solución que reúne las necesidades y aporta la información soporte para la toma de la decisión estratégica;
- Obtener, analizar, especificar, comunicar y gestionar los requerimientos e información del producto;
- Definir los beneficios y el enfoque para medir la realización de valor y el análisis de los resultados.

Desde el enfoque de análisis de negocios el ciclo de vida del producto es una serie de fases que representa la evolución de un producto desde la idea de concepto, factibilidad, entrega, madurez, mantenimiento y retiro. Dentro del ciclo de vida del producto está el ciclo de vida de un proyecto, representado por una serie de fases

que atraviesa un proyecto desde el inicio al cierre. En la figura 4 se muestra el ciclo de vida del producto y los límites del ciclo de vida del proyecto.

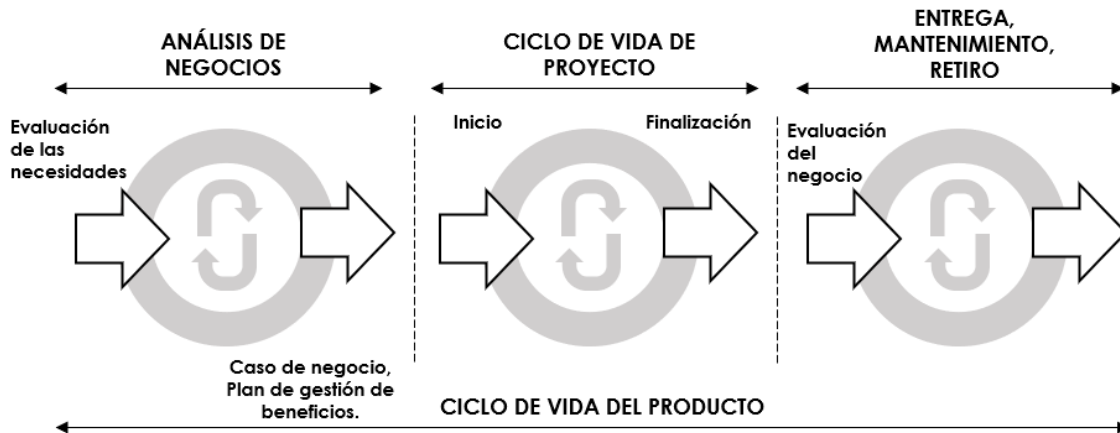


Figura 4. Ciclo de vida del proyecto y del producto.
Elaboración propia

Las principales salidas del análisis de negocios son: el caso de negocio (Business case), plan de gestión de beneficios y otras líneas base de proyectos.

Las áreas de conocimiento son:

- Evaluación de las necesidades;
- Involucramiento de las partes interesadas;
- Obtención;
- Análisis;
- Trazabilidad y monitoreo;
- Evaluación de la solución.

Las más relevantes son Evaluación de las Necesidades, en el cual se analizan las oportunidades y problemas actuales de la organización para comprender los requisitos necesarios para alcanzar el estado futuro; y desde luego la Evaluación de la Solución.

Los procesos del área de conocimiento Evaluación de las Necesidades son los siguientes:

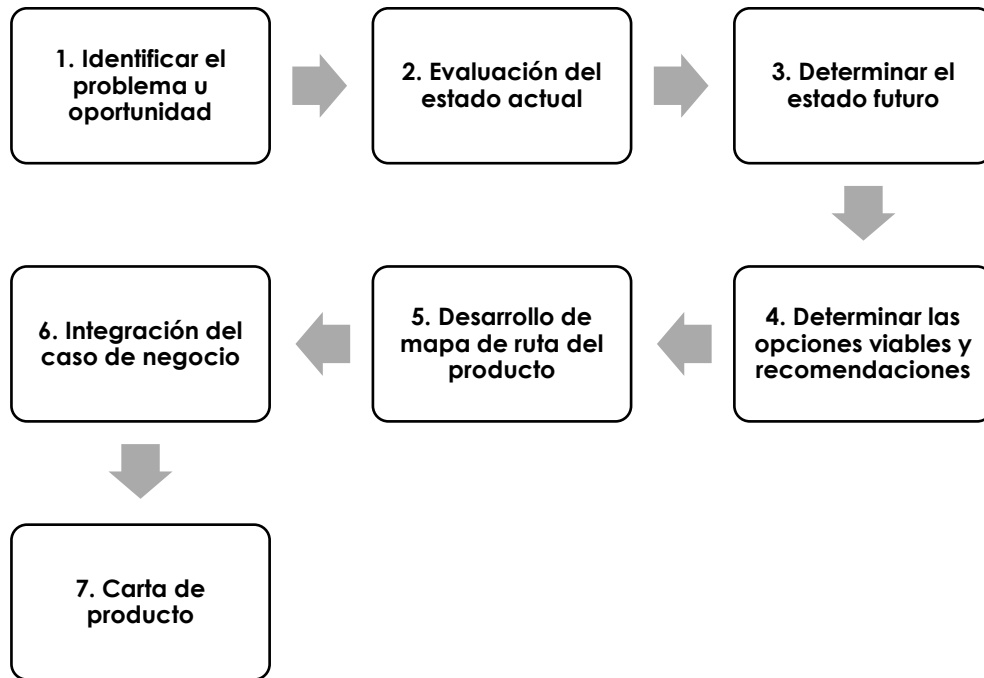


Figura 5. Diagrama de flujo de datos.
Elaboración propia

Particularmente el proceso para determinar las opciones viables y sus recomendaciones enlista las siguientes actividades:

- Identificación de alternativas viables.
- Desarrollo del análisis de factibilidad, considerando lo siguiente:
 - Restricciones
 - Supuestos
 - Riesgos del producto
 - Dependencias
 - Cultura
 - Factibilidad operativa
 - Factibilidad tecnológica
 - Compatibilidad
 - Viabilidad costo-efectividad
 - Factibilidad para cumplir con el plazo de entrega de los beneficios
 - Valor del negocio
 - Validación (Métricas TIR, VPN, entre otros)

- Definición preliminar del alcance del producto.
- Definición de los requisitos de transición de alto nivel.
- Recomendación de la opción óptima.

Las salidas de este proceso y el mapa de ruta proveen la información para la integración del caso de negocio. Existen otros factores incluyendo:

- Demanda de mercado
- Necesidades organizacionales
- Solicitudes del cliente
- Oportunidades estratégicas
- Avances tecnológicos
- Requerimientos legales o regulatorios
- Impacto ecológico
- Necesidades sociales

En ese sentido, el caso de negocio del proyecto es un estudio de viabilidad económica documentado y es utilizado para establecer la validez de los beneficios de un componente seleccionado que carece de una definición suficiente y que se usa como base para la toma de decisiones de los responsables para autorizar otras actividades de dirección de proyectos.

2.7. FRONT END LOADING (FEL)

Front End Loading (FEL) es una buena práctica de planeación de proyectos de inversión del organismo (Construction Industry Institute (CII), 2021). Es utilizada para el desarrollo de información estratégica para que los propietarios puedan mantener el riesgo de forma controlada y tomar decisiones consensadas de continuar o no con las siguientes fases del proyecto.

FEL también es conocido como Front End Planning (FEP), Front End Engineering Design (FEED) o Pre-Project Planning (PPP).

La característica principal de FEL es la herramienta para medir el índice de calificación de definición del proyecto (PDRI) por sus siglas en inglés. Esta

evaluación se realiza en los puntos de control de cada una de las fases del ciclo FEL.

En la figura 6 se observan las fases de factibilidad, conceptual, definición del alcance detallado y fases posteriores.

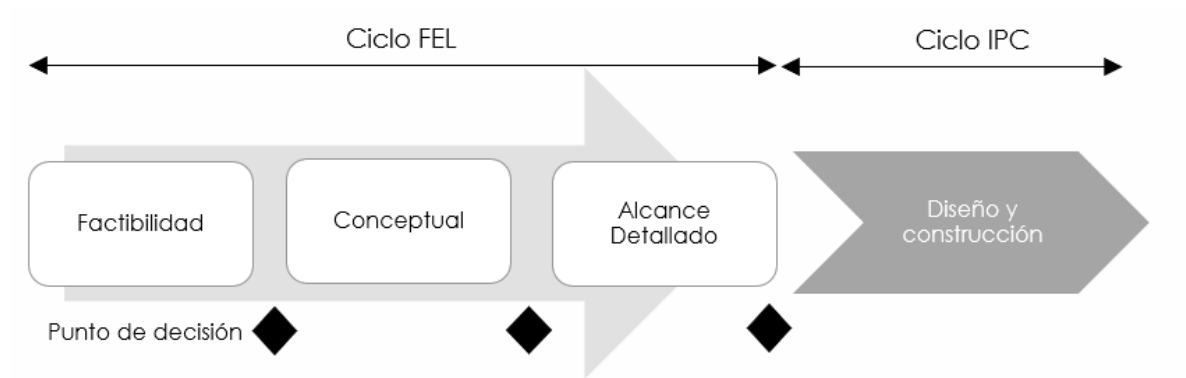


Figura 6. Diagrama de fases del proyecto.
Elaboración propia

Los principales entregables de las fases del ciclo FEL se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Entregables por fases

Entregables	Fases		
	Factibilidad	Conceptual	Alcance detallado
Planeación del negocio	X		
Estudio de mercado	X		
Evaluación de la tecnología			
Análisis de tecnología	X	X	
Diagrama de bloques	X		
Diagrama de flujo de proceso		X	
Diagrama de tuberías e instrumentación			X
Evaluación del sitio		X	
Arreglo general de equipo		X	X
Especificaciones, Sumarios		X Proceso	X Multidisciplinario
Hojas de datos		X Proceso	X Multidisciplinario
Lista de equipos	X	X	X
Estudio administrativo		X	
Estimado de costos	X Clase V	X Clase IV	X Clase III
Evaluación económica	X	X	X
Estudio de riesgos	X	X	X
Impacto social		X	
Aspectos legales		X	
Descripción del alcance del proyecto			
Bases de usuario	X		
Bases de diseño		X Proceso	X Multidisciplinario
Cronograma general del proyecto		X	X
Estrategia de procura			X
Guías de control de proyecto			X
Plan de ejecución del proyecto		X	X

Elaboración propia

Tabla 3. Secciones, categorías y elementos del PDRI

	Sección I Bases de decisión	Sección II Definición	Sección III Ejecución
15 categorías	<ul style="list-style-type: none"> A. Criterios de producción B. Objetivos de negocio C. Análisis y desarrollo D. Alcance del proyecto E. Ingeniería de valor 	<ul style="list-style-type: none"> F. Información del sitio G. Ingeniería de Proceso Mecánico H. Alcance equipos I. Ingeniería civil -estructural y arquitectura J. Infraestructura K. Ingeniería eléctrica e instrumentación. 	<ul style="list-style-type: none"> L. Estrategia de procura M. Entregables de la ejecución N. Control de proyecto P. Plan de ejecución del proyecto.
70 elementos	<ul style="list-style-type: none"> A.1. Filosofía de confiabilidad A.2. Filosofía de mantenimiento A.3. Filosofía de operación B.1. Productos B.2. Estrategia de mercado B.3. Estrategia de proyecto B.4. Viabilidad y factibilidad B.5. Capacidades B.6. Consideraciones para expansión futura B.7. Ciclo de vida esperado del proyecto B.8. Impacto social C.1. Tecnología C.2. Procesos D.1. Objetivos del proyecto D.2. Bases de diseño D.3. Características del sitio requeridas vs disponibles D.4. Requerimiento de desmantelamiento y demoliciones D.5. Descripción y organización del alcance por disciplina D.6. Programa de proyecto E.1. Simplificación de procesos E.2. Alternativas de diseño y materiales aprobadas y no aprobadas E.3. Análisis de diseño de constructabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> F.1. Localización del sitio F.2. Estudios y pruebas de sitio F.3. Estudio de impacto ambiental F.4. Permisos requeridos F.5. Servicios auxiliares requeridos con sus condiciones de suministro F.6. Consideraciones de protección contra incendio y de seguridad industrial G.1. Diagramas de flujo de proceso G.2. Balances de materia y energía G.3. Diagramas de tuberías e instrumentación G.4. Administración de la seguridad del proceso G.5. Diagramas de flujo de servicios auxiliares G.6. Especificaciones G.7. Requerimientos de sistemas de tuberías G.8. Planos de localización G.9. Lista de equipo mecánico G.10. Índice de líneas G.11. Lista de interconexiones G.12. Lista de accesorios especiales de tuberías G.13. Índice de instrumentos H.1. Disponibilidad de equipos H.2. Diagrama de localización de equipos H.3. Servicios auxiliares requeridos por los equipos I.1. Requerimientos civil – estructural I.2. Requerimientos arquitectónicos J.1. Requerimientos de tratamiento de agua J.2. Requerimientos de instalaciones de carga, descarga y almacenamiento J.3. Requerimientos de transportación K.1. Filosofía de control K.2. Diagramas lógicos K.3. Clasificación de áreas eléctricas K.4. Requerimientos de subestaciones K.5. Diagramas unifilares K.6. Especificaciones eléctricas e instrumentos 	<ul style="list-style-type: none"> L.1. Identificación de equipos y materiales críticos y/o de largo plazo de entrega L.2. Planes y procedimientos de procura L.3. Matriz de responsabilidades de procura M.1. Requerimientos de modelos BIM M.2. Entregables definidos M.3. Matriz de distribución de documentos N.1. Requerimientos de control de proyecto N.2. Requerimientos de contabilidad del proyecto N.3. Análisis de riesgos P.1. Requerimientos de aprobación del cliente P.2. Plan de ingeniería y construcción P.3. Requerimientos de paro y libranzas P.4. Requerimientos y secuencia de precomisionamiento P.5. Requerimientos de arranque P.6. Requerimientos de capacitación

Elaboración propia

3. PROCEDIMIENTO

En este capítulo se describe la herramienta metodológica empleada para realizar la investigación, describiendo las entradas de información para el análisis comparativo y la descripción de las salidas.

3.1. IMPLEMENTACIÓN DE LA CASA DE LA CALIDAD (HOQ)

Mediante la herramienta de la Casa de la calidad (HOQ) por sus siglas en inglés, basada en la metodología de Despliegue de la Función Calidad (QFD) creada por (Mizuno & Akao, 1994) se realizó el análisis comparativo de metodologías de formulación y evaluación de proyectos de inversión de capital, utilizadas diferentes sectores de la industria para identificar las mejores prácticas que aumenten la probabilidad de éxito del proyecto.

La Casa de la calidad se compone de seis secciones principales:

1. **Calidad exigida.** También conocida como requisitos del cliente o la voz del cliente.
2. **Análisis competitivo.** Esta sección es una de las más importantes y para este caso de estudio permitió la comparación de los procesos y métricas de metodologías similares para la formulación y evaluación de proyectos.
3. **Características técnicas.** También conocido como requisitos funcionales o cómo se proporcionará la solución de los requisitos del cliente.
4. **Correlaciones.** En esta sección se relaciona cuantitativamente las necesidades del cliente con las características de calidad.
5. **Relaciones** entre los requisitos y cómo se proporcionarán las soluciones.
6. **Objetivos.** En esta sección se realiza la ponderación y valores meta lograr un diferenciador.

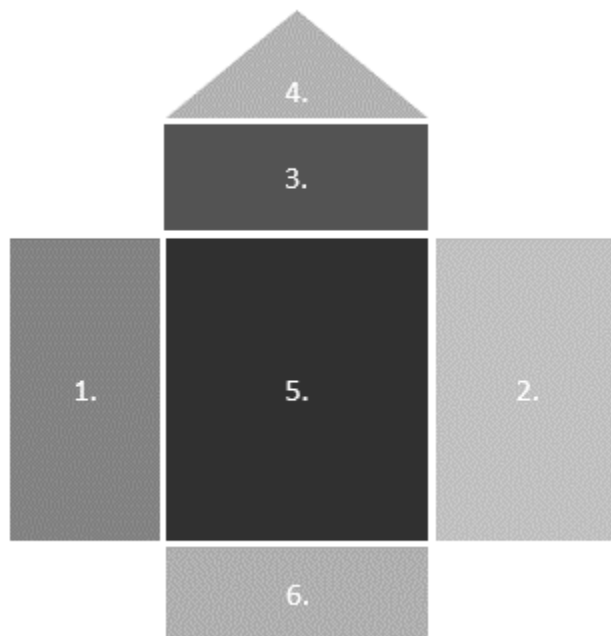


Figura 7. Diagrama de la casa de la calidad.

Elaboración propia

3.1.1. Calidad exigida

Los requisitos del cliente para esta investigación se refieren a los diversos estudios que deben realizarse para presentarlos ante la entidad u organismo financiero con la finalidad de ser evaluados y obtener fondos para la realización del proyecto.

En la tabla 4 se registraron los once requisitos del cliente (calidad exigida) y la ponderación en función del nivel de obligatoriedad de los organismos patrocinadores.

Tabla 4. Calidad exigida (requisitos del cliente).

Fila #	Max Relationship Value in Row	Peso relativo	Peso / importancia	1. Calidad exigida (también conocido como "Requisitos del cliente" o "Qué")
1	9	13.0	6.0	Perfil de proyecto / Caso de negocio
2	9	10.9	5.0	Estudio de mercado
3	9	13.0	6.0	Estudio técnico
4	9	8.7	4.0	Estudio administrativo - operativo
5	9	10.9	5.0	Estudio económico
6	9	13.0	6.0	Evaluación económica
7	3	2.2	1.0	Análisis y administración de riesgos
8	9	8.7	4.0	Elementos de evaluación de impacto ambiental
9	9	10.9	5.0	Elementos de evaluación de impacto social
10	3	6.5	3.0	Aspectos legales
11	9	2.2	1.0	Indicadores KPI'S / PDRI

Elaboración propia

3.1.2. Análisis competitivo

La selección de los competidores obedece a la visión de integrar las mejores prácticas en:

- Agronegocios,
- Administración de proyectos,

- Ingeniería y construcción,
- Lineamientos de la SHCP,
- Entre otros.

En la tabla 5 se observa la segunda sección de la Casa de la calidad que corresponde al análisis competitivo de la muestra seleccionada, evaluando los componentes de la estructura metodológica y el grado de alineación con los requisitos del cliente.

Tabla 5. Análisis competitivo

1. Calidad exigida (también conocido como "Requisitos del cliente" o "Qué")	2. Análisis competitivo (0 = peor, 5 = mejor)					
	(CIATEQ, A.C.)	Formulación y análisis de proyectos FAO-ONU	Lineamientos proyectos de inversión SHCP	Evaluación de proyectos / Gabriel Baca Urbina	Análisis de Negocios (PMI)	Construcción Industry Institute (CII)
Perfil de proyecto / Caso de negocio		5	3	4	5	5
Estudio de mercado		5	4	5	4	5
Estudio técnico		5	4	5	5	5
Estudio administrativo - operativo		4	1	5	5	1
Estudio económico		4	4	5	5	5
Evaluación económica		5	5	5	5	5
Análisis y administración de riesgos		2	4	5	5	5
Elementos de evaluación de impacto ambiental		5	5	1	4	5
Elementos de evaluación de impacto social		4	4	5	5	5
Aspectos legales		3	4	5	5	5
Indicadores KPI'S / PDRl		3	1	1	1	5

Elaboración propia

3.1.3. Características técnicas

Las características técnicas son los requisitos funcionales necesarios para proporcionar soluciones a los requisitos del cliente. En este estudio de caso los requisitos funcionales identificados se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Requisitos funcionales

Características técnicas (Requisitos funcionales)
Mapa de proceso
Instructivos de trabajo
Procedimientos
Formatos o plantilla
Instrumento de verificación de cumplimiento
Plan para la dirección del proyecto

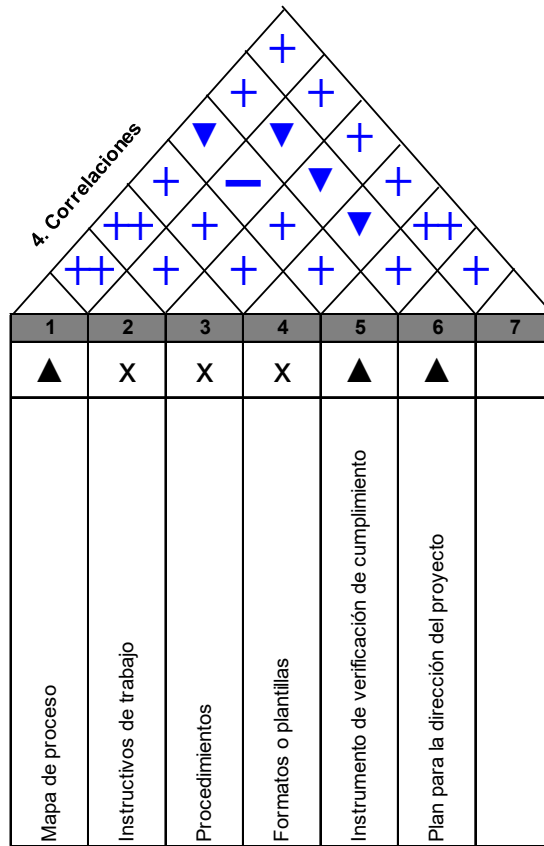
Elaboración propia

3.1.4. Correlaciones

En la sección 4 se correlacionan cuantitativamente las necesidades del cliente con las características de calidad. En la tabla 7 se muestra el análisis de las correlaciones. Esta sección corresponde al techo de la casa de la calidad.

En la figura 8 se muestra la simbología empleada y la valoración del tipo de relación. Esta simbología también aplica para el análisis de las relaciones entre los requisitos de los clientes y cómo se proporcionan soluciones.

Tabla 7. Correlaciones de las características de calidad



Elaboración propia

Simbología		
⊖	Relación fuerte	9
○	Relación moderada	3
▲	Relación débil	1
++	Fuerte correlación positiva	
+	Correlación positiva	
-	Correlación negativa	
▼	Fuerte correlación negativa	
▼	El objetivo es minimizar	
▲	El objetivo es maximizar	
X	El objetivo es dar en el blanco	

Figura 8. Simbología

Elaboración propia

3.1.5. Relaciones

La sección 5 es la parte central de la Casa de la calidad en la cual se determina la relación entre los requisitos del cliente y cómo se proporcionan soluciones.

Tabla 8. Relación entre requisitos del cliente y requisitos funcionales

		Columna #						
		1	2	3	4	5	6	7
		Dirección de mejora: Minimizar (▼), Maximizar (▲), o objetivo(x)						
Peso / importancia	3. Características de calidad (también conocido como "Requisitos funcionales" o "Cómo")							
	1. Calidad exigida (también conocido como "Requisitos del cliente" o "Qué")	Mapa de proceso	Instructivos de trabajo	Procedimientos	Formatos o plantillas	Instrumento de verificación de cumplimiento	Plan para la dirección del proyecto	
6.0	Perfil de proyecto / Caso de negocio	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	5. Relación entre qué y cómo se proporcionan soluciones
5.0	Estudio de mercado	⊕	⊕	⊕		⊕	⊕	
6.0	Estudio técnico	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	
4.0	Estudio administrativo - operativo	⊕	▲	▲		⊕	⊕	
5.0	Estudio económico	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	
6.0	Evaluación económica	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	
1.0	Análisis y administración de riesgos	⊕	⊕	⊕		⊕	⊕	
4.0	Elementos de evaluación de impacto ambiental	⊕	⊕	⊕		⊕	⊕	
5.0	Elementos de evaluación de impacto social	⊕	⊕	⊕		⊕	⊕	
3.0	Aspectos legales	⊕		⊕		⊕	⊕	
1.0	Indicadores KPI'S / PDRI	⊕		⊕		⊕	▲	

Elaboración propia

3.1.6. Objetivos

Esta sección corresponde al piso de la Casa de la calidad, en donde se definen las metas de diseño del producto y la ponderación de los objetivos. En la Tabla 8 se muestra los objetivos rectores para el diseño de la metodología.

Tabla 8. Objetivos de diseño

Valor objetivo o límite	Mapa de proceso	Instructivos	Procedimientos	Formatos	Instrumento de verificación de cumplimiento	Documento para la dirección del proyecto
Dificultad (0 = Fácil de lograr, 10 = Extremadamente difícil)	5	10	10	10	10	8
Max Relationship Value in Column	9	9	9	3	9	9
Peso / importancia	750.0	445.7	484.8	150.0	750.0	406.5
6. Peso relativo	25.1	14.9	16.2	5.0	25.1	13.6

Elaboración propia

4. RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos de la investigación, presentados en dos grupos principales:

El primero corresponde al análisis competitivo de la muestra seleccionada, destacando los aspectos relevantes de cada una de ellas.

El segundo grupo corresponde a los resultados obtenidos que servirán como datos de entrada para el diseño metodológico.

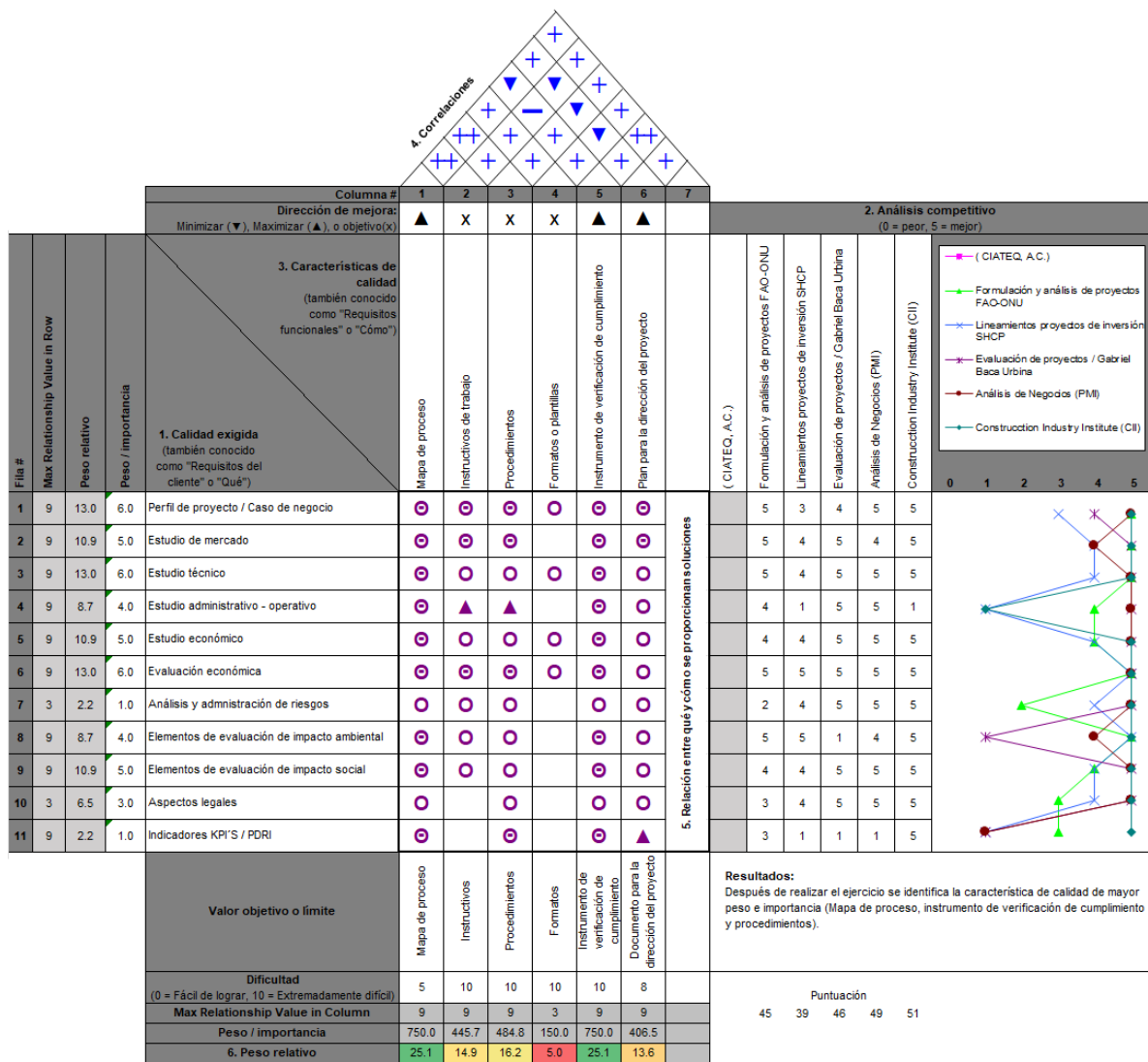


Figura 9. Diagrama de la Casa de la calidad (resultados).

Elaboración propia

4.1. ANÁLISIS COMPETITIVO

En los resultados del benchmarking de metodologías de formulación y evaluación de proyectos de inversión se observa que las buenas prácticas del proceso Front End Loading (FEL) del Instituto de la Industria de la Construcción (Construction Industry Institute (CII), 2021) es una de la más completas, cubre prácticamente todos los requisitos del cliente con 51 puntos. El uso del índice de calificación de definición del proyecto (PDRI) lo convierte en una herramienta de gestión del alcance del proyecto.

La guía de fundamentos de análisis de negocios del PMI (Project Management Institute, 2017) es la segunda mejor posicionada con un total de 49 puntos. En esta guía se destaca el área de conocimiento Evaluación de las necesidades y sus salidas principales salidas: Caso de negocio y carta de proyecto.

En la parte media con 46 puntos se encuentran: el Proceso de Preparación y Evaluación de Proyectos de Baca Urbina (Urbina, 2016); y la metodología para la Formulación y Análisis de Proyectos desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, 2007). Esta última metodología cuenta con un aplicativo informático de libre acceso que favorece la captura del perfil del proyecto, la evaluación, ejecución y seguimiento.

Los lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (Secretaría de Hacienda y Crédito Público [SHCP], 2015) cubren un total de 39 puntos.

4.2. RESULTADOS PARA EL DISEÑO

El resultado de la evaluación cualitativa y cuantitativa permitió identificar las características de calidad de mayor peso relativo, esta información servirá de datos de entrada para el diseño de la propuesta metodológica.

De conformidad con los objetivos de diseño el planteamiento metodológico se integrará con los siguientes componentes:

- Diagrama de flujo de procesos de estudios de preinversión,
- Procedimiento.

4.3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

La propuesta metodológica se plantea como una herramienta para la elaboración de estudios de preinversión específica para el sector agroindustrial, alineado con el proceso **OP-P-02 Realización de proyectos** del Sistema de Gestión del Centro.

En la figura 10 se indica de manera puntual la fase en donde se integra la metodología propuesta.

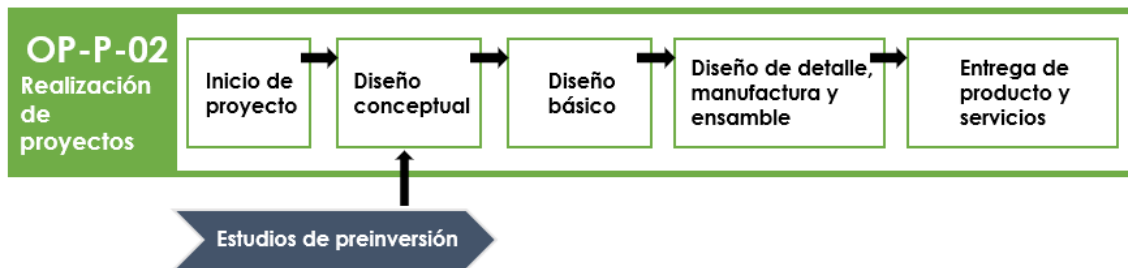


Figura 10. Integración con el proceso OP-P-02.
Elaboración propia

4.3.1. Ciclo de vida del proyecto

En capítulos anteriores se ha dejado de manifiesto la importancia que tiene el ciclo de vida del proyecto en cualquier metodología de evaluación de proyectos. En el presente planteamiento metodológico se acota únicamente a la etapa de estudios de Preinversión y las fases en que se subdividen (Prefactibilidad y factibilidad).

En la figura 11 se muestra el ciclo de vida del proyecto integrando ambas etapas Preinversión e Inversión; sus fases en que se subdividen (Prefactibilidad, Factibilidad, Diseño definitivo, Manufactura y Ensamble). Así mismo se indica el nivel de madurez

en la definición de los entregables (Ingeniería conceptual, básica y detalle) alineado completamente con el proceso OP-P-02 del Sistema de Gestión actual en CIATEQ.



Figura 11. Ciclo de vida del proyecto
Elaboración propia

4.3.1. Diagrama de flujo de procesos de estudios de preinversión

En el diagrama que se presenta en la figura 12 se puede observar de forma detallada los procesos y actividades de nuestra metodología de formulación y evaluación de proyectos de inversión para el sector agroindustrial.

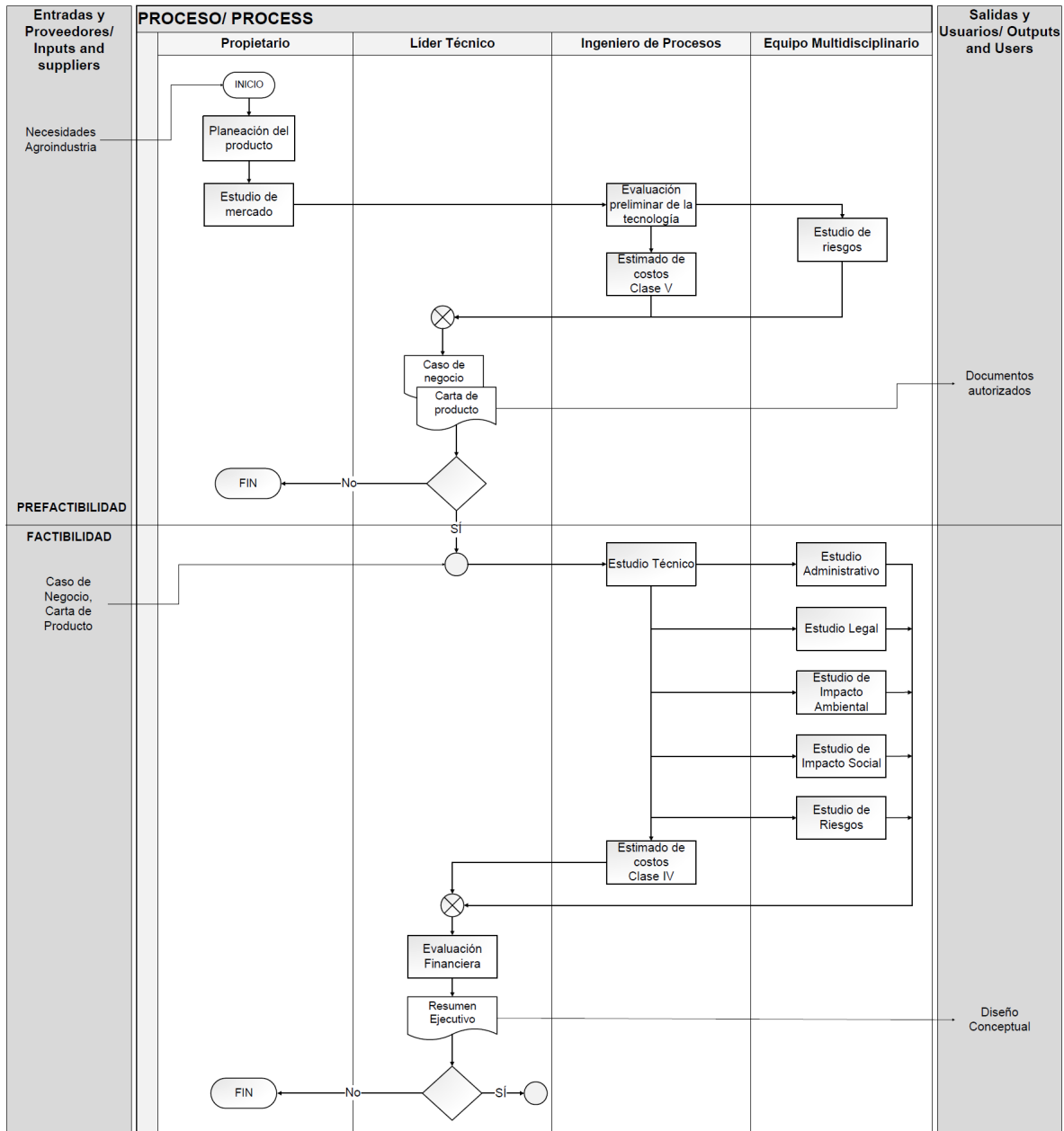


Figura 12. Diagrama de flujo de procesos estudios de preinversión
Elaboración propia

4.3.2. Procedimiento

a) Objetivo

Establecer la estructura, criterios, roles y responsabilidades para la realización de estudios de preinversión.

b) Alcance

El procedimiento es aplicable para formulación y evaluación de proyectos del sector agroindustrial.

c) Responsabilidades y entregables

Los responsables de generar los entregables del proceso de formulación y evaluación de proyectos se listan en la tabla 10.

Tabla 9. Actividades y responsables de ejecutarlos

EDT	Descripción de la actividad	Responsable
1.1	Planeación del negocio	
1.1.1	Identificación del problema u oportunidad	Propietario
1.1.2	Evaluación del estado actual y determinar el estado futuro	Propietario
1.1.3	Determinar las opciones viables y recomendaciones	Propietario
1.1.4	Caso de negocio	Líder Técnico
1.2	Estudio de mercado	
1.2.1	Análisis de la oferta	Propietario
1.2.2	Análisis de la demanda	Propietario
1.2.3	Análisis de precios	Propietario
1.2.4	Análisis de comercialización	Propietario
1.3	Evaluación preliminar de la tecnología	
1.3.1	Análisis de tecnología	Ing. Procesos
1.3.2	Bases de usuario	Ing. Procesos
1.3.3	Diagrama de bloques	Ing. Procesos
1.3.4	Descripción preliminar del proyecto	Ing. Procesos
1.4	Economía del proyecto	
1.4.1	Estimado de costos Clase V (Orden de magnitud)	Ing. Procesos Líder Técnico
1.4.2	Evaluación económica	Líder Técnico
1.5	Estudio de riesgos	
1.5.1	Identificación de riesgos	Equipo Multidisciplinario
1.6	Punto de decisión	

EDT	Descripción de la actividad	Responsable
1.6.1	Toma de decisión de continuar o no	Propietario
2.1	Estudio técnico	
2.1.1	Bases de diseño de proceso	Ing. Procesos
2.1.2	Diagrama de flujo de proceso	Ing. Procesos
2.1.3	Arreglo general de equipo	Ing. Procesos
2.1.4	Especificaciones y sumarios	Ing. Procesos
2.1.5	Hoja de datos de procesos	Ing. Procesos
2.1.6	Lista de equipos principales	Ing. Procesos
2.1.7	Evaluación del sitio	Equipo Multidisciplinario
2.2	Economía del proyecto	
2.2.1	Estimado de costos Clase IV	Ing. Procesos Líder Técnico
2.3	Estudio administrativo	
2.3.1	Selección y especificación de la estructura de operación y administración	Equipo Multidisciplinario
2.4	Estudio Legal	
2.4.1	Requerimientos legales o regulatorios	Equipo Multidisciplinario
2.5	Estudio de impacto ambiental	
2.5.1	Evaluación de la sostenibilidad e impacto ambiental	Ing. Ambiental
2.6	Estudio de impacto social	
2.6.1	Evaluación de impacto social	Ing. Ambiental
2.7	Estudio de riesgos	
2.7.1	Análisis y administración de riesgos	Equipo Multidisciplinario
2.8	Evaluación económica	
2.8.1	Análisis de costo-beneficio	Líder Técnico
2.9	Resumen ejecutivo	
2.9.1	Resumen ejecutivo	Líder Técnico
2.10	Punto de decisión	
	Toma de decisión de continuar o no	Propietario

Elaboración propia

d) Referencias

Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficios de los programas y proyectos de inversión.

e) Definiciones

Análisis de costo beneficio: Se refiere a la evaluación de los proyectos de inversión que considera tanto los costos de adquisición de equipos e infraestructura, como los costos de operación y mantenimiento; para

compararlos con los beneficios directos e indirectos que se generan a la sociedad.

Análisis de riesgo: Es la identificación, análisis, valoración y tratamiento de los riesgos asociados a un proyecto de inversión en sus etapas de ejecución, operación y mantenimiento, evaluando la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo identificado y sus posibles impactos en caso de materializarse, que afecten el desempeño general del proyecto.

Caso de negocio: Es el estudio de viabilidad económica que se utiliza para establecer la validez de los beneficios de una iniciativa de proyecto que carece de una definición suficiente y que se toma como base para la autorización de las siguientes etapas de definición del proyecto o fases del ciclo de vida.

Ciclo de vida del proyecto. Es una serie de fases que atraviesa un proyecto desde la idea de negocio hasta el inicio de operaciones unitarias.

Estimado de costos: Es una práctica recomendada para la clasificación de costos de un proyecto de inversión, el rango de precisión está en función del nivel de madurez de la definición del proyecto y se utiliza para evaluar, aprobar y/o obtener fondos para la ejecución del proyecto.

Estudio de mercado: Se refiere a la investigación con fuentes primarias o secundarias para la determinación y cuantificación de la oferta y demanda del producto, analizando los precios y la estrategia de comercialización.

Estudio técnico: Se refiere al análisis y selección de la maquinaria, equipo, tecnología y de los materiales, así como, la determinación de la calificación y cantidad del personal requerido para la operación de la planta agroindustrial, incluyendo el análisis de alternativas de ubicación de la planta y selección de la mejor opción.

Evaluación financiera: Es el análisis que permite determinar si el proyecto de inversión genera el suficiente flujo de recursos para hacer frente a los costos de inversión y costos operación, incluyendo pagos financieros y fiscales.

Evaluación de impacto social: Es un análisis de carácter preventivo para comunicar a las partes interesadas acerca de los impactos que pueden generarse con la ejecución del proyecto, estableciendo acciones de mitigación de los impactos negativos y la gestión de estos.

Evaluación de impacto ambiental: Es el estudio en donde se determina los efectos que puede ocasionar la ejecución del proyecto en el ambiente, determinando medidas de mitigación que permitan atenuar o eliminar los impactos negativos, cumpliendo en todo momento la normatividad aplicable en materia ambiental.

f) Desarrollo

Ver diagrama de flujo de procesos estudios de preinversión.

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que la formulación y evaluación de proyectos de inversión de capital es un proceso holístico, que requiere la participación de un grupo multidisciplinario de especialistas para generar datos cualitativos y cuantitativos y obtener los principales indicadores económicos para la toma de decisión de continuar o no con la siguiente fase del ciclo de vida del producto que corresponde al diseño definitivo.

Se tuvo la oportunidad de generar un estudio de factibilidad técnica – económica para la construcción de una planta procesadora de agua de coco 100 % natural en el Estado de Tabasco, aplicando los procesos y actividades descritas en el mapa de procesos.

En el estudio técnico se identificó una restricción relacionada con la disponibilidad actual de la materia prima para el proceso, esta restricción impacta directamente a la capacidad de producción de la planta ya que no se alcanzaba el punto de equilibrio en uno de los equipos principales: Sistema de envasado Tetrapak, dando origen a la identificación de alternativas técnicamente sustitutas garantizando la vida de anaquel del producto por lo menos 6 meses. En la tabla 11 se muestra los indicadores principales de los dos escenarios del proceso para la operación de la planta en función del costo del equipo crítico.

Tabla 10. Indicadores económicos de las alternativas

No.	Descripción del escenario	VPN en millones	TIR
1	Sistema de envasado Tetrapack	\$-44.16	2.77%
2	Sistema de envasado Shangai	\$14.97	33.72 %

Elaboración propia

En esta etapa de definición del proyecto se presentaron los datos técnicos para evitar generar un cuello de botella en la operación futura, logrando de esta manera aumentar la eficiencia real de producción (OEE) e incrementando la probabilidad de éxito del proyecto. De esta manera se proporcionó al patrocinador certeza del proyecto de inversión.

RECOMENDACIONES

Se ha demostrado la importancia de la definición del alcance de los proyectos desde la fase de visualización y gestionarlo durante todo el ciclo de vida del proyecto y del producto. Citando nuevamente los resultados de la encuesta mundial que realiza el Project Management Institute (PMI) alrededor del 9.9 % del costo de la inversión de capital se desperdicia por proyectos mal concebidos. Es aquí donde entra nuestra labor para asesorar a nuestros clientes del sector agroindustrial para hacerles la recomendación de realizar los estudios de preinversión de antes de ejecutar un proyecto de construcción o manufactura.

De acuerdo con el Construction Industry Institute (CII) la aplicación de las buenas prácticas de estudios de factibilidad representa alrededor del 2 al 5% del costo de inversión resultante. De lo anterior queda suficientemente claro los beneficios que se obtienen al aplicar las mejores prácticas en la materia.

Por otra parte, los administradores de proyectos, ingenieros o partes interesadas en la creación de una metodología específica para su empresa tendrán que partir de la elaboración un mapa del proceso en el que incluyan los estudios descritos y el diseño de un instrumento que permita la revisión y verificación de cumplimiento de las actividades clave de la metodología.

Además, podemos sugerir el desarrollo de un aplicativo informático que integre la información y genere de forma automática un panel de control con los principales indicadores económicos para comunicación a los interesados clave del proyecto.

APORTACIÓN DE LA TESIS

La aportación de mayor valor del presente trabajo de investigación es el mapa de procesos para la realización de estudios de factibilidad en el cual se visualiza el alcance general de la metodología. De esta manera el resultado de la tesis contribuye con los objetivos prioritarios del Plan Nacional de Desarrollo (PND) orientado a la política industrial y tecnológica para agregar valor a la producción primaria, apoyando directamente la línea de acción para elaborar estudios de viabilidad y factibilidad para el desarrollo y consolidación de empresas agroindustriales en el país.

APORTACIÓN SOCIAL DE LA TESIS

Dentro del alcance de la metodología de formulación y evaluación de proyectos de inversión están considerados los estudios de impacto social y ambiental, para asegurar que el fomento de la agroindustria sea conducido bajo criterios sustentabilidad y en beneficio social. Alineados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS de las Naciones Unidas de la Agenda 2030. Particularmente la evaluación de impacto social está orientado a la identificación de impactos negativos sobre grupos humanos que pudieran ocasionar las actividades de ejecución y operación de la planta.

REFERENCIAS

- AACE International. (2020). *Cost estimate classification system - As applied in engineering, procurement, and construction for the process industries*. Virginia.
- Auditoría Superior de la Federación [ASF]. (25 de Noviembre de 2016). En *Problemática General en Materia de Obra Pública* (pág. 3). Ciudad de México: Cámara de diputados. Obtenido de Publicaciones Técnicas: https://www.asf.gob.mx/uploads/61_Publicaciones_tecnicas/Separata_ObraPublica.pdf
- CEPEP. (2018). *Guía para la preparación de proyectos por fases*. México: Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos.
- CIATEQ, A. C. (20 de Mayo de 2020). *Centro de Tecnología Avanzada*. Obtenido de Oferta Tecnológica: <https://www.ciateq.mx/index.php/oferta-tecnologica.html>
- Construction Industry Institute (CII). (20 de 11 de 2021). *Front End Planning*. Obtenido de Knowledge Base: <https://www.construction-institute.org/resources/knowledgebase/best-practices/front-end-planning>
- Mizuno, S., & Akao, Y. (1994). *QFD: The customer - driven approach to quality planning and deployment*. Tokio: Asian Productivity Organization.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (2007). *Rural Invest: Formulación y análisis detallado de proyectos*. Roma: Dirección del centro de Inversiones FAO.
- Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024. (05 de Junio de 2019). *Gobierno del Estado de Tabasco*. Obtenido de H. Congreso del Estado de Tabasco: <https://tabasco.gob.mx/plan-estatal-de-desarrollo-2019-2024>
- Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. (12 de Julio de 2019). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019
- Project Management Institute. (2017). *Business Analysis*. Pennsylvania: PMI.
- Project Management Institute. (2018). Ampliación del panorama de entrega de valor para abordar el alto costo de un bajo desempeño. *El pulso de la profesión*.
- QFD Online. (20 de Noviembre de 2021). *...moving into House of Quality*. Obtenido de Free QFD Templates: <http://www.qfdonline.com/templates/>

Secretaría de Hacienda y Crédito Público [SHCP]. (27 de Octubre de 2015). *Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficios de los programas y proyectos de inversión*. Obtenido de <https://www.gob.mx/shcp/documentos/lineamientos-para-elaboracion-y-presentacion-de-los-analisis-costo-y-beneficio-de-los-programas-y-proyectos-de-inversion>

Urbina, G. B. (2016). *Evaluación de proyectos*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.