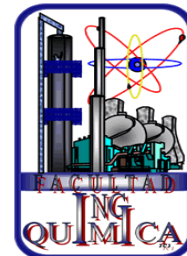




BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

TEMA:

Proyecto de Recuperación de Polímeros Industriales

Residuales de Equipos de Proceso.

PRESENTA:

Jorge Alfonso Mata Alarcón

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA QUÍMICA

DIRECTOR DE TESIS:

Dra. Ma. Auxilio Osorio Lama

CODIRECTOR DE TESIS:

Dr. Daniel Cruz González

2021

Índice.

Capítulo 1.- Antecedentes.	6
1.1 Antecedentes.	6
1.2 Hipótesis.	7
1.3 Análisis para determinar la cantidad de residuo en el sistema.	8
1.4 Propuesta de solución al problema.	10
1.5 Planteamiento del proyecto para la solución del problema.	12
Capítulo 2.- Marco teórico.	14
2.1 Generalidades del polímero a recuperar.	14
2.1.1 Orígenes del Éter de celulosa.	16
2.1.2 Comportamiento en disolución de la celulosa.	17
2.1.3 Aplicaciones de la celulosa en productos alimenticios.	17
2.1.4 Propiedades nutricionales de la celulosa.	17
2.1.5 Metilcelulosa soluble en agua.	18
2.1.6 Propiedades de las soluciones de metilcelulosa.	21
2.1.7 Relación entre la concentración y la viscosidad.	22
2.1.8 Efecto de la temperatura de dilución.	22
2.1.9 Gelación de la metilcelulosa.	24
2.1.10 El reciclaje de polímeros en la industria.	27
2.2 La metodología <i>Front End Loading</i> , FEL	28
2.2.1. Las mejores prácticas dentro de la industria para realizar proyectos de capital y sus ventajas.	28
2.2.2. La <i>Independent Project Analysis (IPA)</i> .	34
2.2.3. Administración de proyectos utilizando la metodología FEL.	35

2.3 Ventajas de aplicar la metodología FEL.	38
2.4 Formación de equipos para proyectos.	44
2.5 Entregables en FEL para su evaluación	45
2.6 Costos en FEL .	48
2.6.1 La desviación de costos.	48
2.6.2 Tecnologías de la información para el desarrollo de proyectos.	49
2.6.3 Administración del riesgo por el uso de la metodología FEL.	50
2.7 Aplicación de la metodología FEL a un proyecto en una empresa en Puebla como modelo de mejora a la metodología en proyectos.	51
Capítulo 3.- Aplicación de FEL I y FEL II.	53
3.1 FEL I en el proyecto de reciclaje de un polímero en una empresa de Puebla.	53
3.1.1 Descripción del proyecto y factibilidad como negocio.	57
3.1.2 Integración al equipo de proyecto y definición de sus funciones principales.	59
3.1.3 Diseño propuesto y análisis para la construcción.	60
3.1.4 Bases de cada usuario.	62
3.1.5 Objetivos del proyecto, prioridad y alineación al negocio.	66
3.1.6 Alternativas viables al proyecto en operación y tecnologías.	67
3.1.7 Lugar de realización del proyecto.	68
3.1.8 Establecer el estimado del costo del proyecto clase V (+50% / -30% costo total).	70

3.1.9 Caso del negocio y programa de instalación propuesto.	71
3.1.10 Aprobación de entregables FEL I.	72
3.2 FEL II para el proyecto.	75
3.2.1 Estructura de trabajo del proyecto en bloques.	76
3.2.2 Recursos para la toma de decisiones.	85
3.2.3 Ingeniería básica y de detalle del proyecto.	91
3.2.3 Verificación del estimado de costo.	93
3.2.4 Determinar el Análisis de riesgos para el costo y el tiempo.	93
3.2.5 La fase de ejecución e impacto al medio ambiente.	95
3.2.6 Entregables del proyecto para aprobar la etapa FEL II y comunicación a la organización.	95
3.2.7. Administradores de Proyectos entrenados en la Metodología FEL.	102
Capítulo 4.- Herramientas para evaluar costos y plan de instalación.	104
4.1 Costo calculado del proyecto de la etapa FEL II.	104
4.2 Análisis de riesgos de la implementación del proyecto.	106
4.3 Software para cálculo de costos del proyecto.	108
4.4 Tasa de retorno de inversión del proyecto.	109
4.6 Tiempo de ejecución y recursos necesarios.	111

4.7 Monitoreo y control del proyecto.	114
Capítulo 5.- Conclusiones del Proyecto.	116
5.1 Resultados esperados de la implementación del proyecto.	116
5.2 Modelo de planteamiento ejecutivo para los directivos de la empresa sobre la metodología FEL.	117
5.3 Principales obstáculos para el desarrollo de la metodología FEL en el desarrollo de este proyecto.	118
5.4 Propuesta de mejoras encontradas durante desarrollo del proyecto.	119
5.5 Ventajas competitivas de la implementación de este proyecto usando la metodología FEL.	120
Bibliografía y referencias.	122

Capítulo 1.- Antecedentes.

1.1 Antecedentes

Una empresa en la ciudad de Puebla instalada en 1967 dedicada a la fabricación de Cápsulas elabora en una de sus líneas de producción cápsulas a partir de un polímero derivado de celulosa.

El polímero al momento de la elaboración de la cápsula es un líquido con una coloración amarillo-pardo el cual tiene una viscosidad aproximada de 2000 centipoise. Los incrementos en la demanda para la fabricación de una mayor cantidad de unidades de este tipo de capsula ha dejado ver que el tiempo requerido en el proceso de preparación se vuelve un cuello de botella y una limitación en la productividad del negocio si no se toman acciones de mejora continua enfocadas a la reducción del ciclo de preparación.

Se realizaron diversos estudios para medir el llenado de tanques utilizados para transportar el polímero líquido en el año de 2013, García, I. (2013). En las pruebas de llenado se observó en el último tanque que el polímero escurrió lentamente a un flujo muy bajo debido a su alta viscosidad. El polímero continuaba fluyendo lentamente y se puso a lavar el tanque y el equipo con material residual en el mismo para que se cumpliera el tiempo de preparación requerido. En las pruebas del estudio realizadas se dejaron tiempos de escurrimiento del polímero hasta un total de 40 minutos, se comprobó como resultado que el polímero líquido residual del tanque de preparación no terminaba su flujo por la válvula de llenado hacia tanque para el transporte antes de llegar el tiempo de lavado.

Adicionalmente se midió el tiempo necesario para vaciar completamente del polímero el tanque de preparación y los equipos auxiliares, se observó que dicho tiempo adicional requerido alargaba sustancialmente el ciclo de preparación afectando la productividad del equipo para la preparación del polímero líquido.

El máximo tiempo permitido para continuar con el escurrimiento y terminar el vaciado del polímero hacia el último tanque fue establecido en 15 minutos y posteriormente se accionó el lavado del equipo de producción para el siguiente lote y así no afectar la productividad del equipo. La demanda del polímero y el tiempo de preparación del ciclo no permitieron dejar un tiempo de escurrimiento mayor.

Se determinó que dejar solo 15 minutos de escurrimiento hace que exista una cantidad de polímero líquido residual en el equipo de preparación el cual durante el lavado es enviado al drenaje y esto en el largo plazo es una pérdida de materia prima y a su vez financiera para el negocio con un impacto considerable.

En la segunda parte del estudio se evaluó cual sería la cantidad de polímero líquido no usado y encontrado en los remanentes en el lavado del equipo de preparación. El costo del polímero en el mercado es de 10 dólares americanos (USD) por kilogramo, al precio de 20 pesos por dólar americano el costo es de 200 pesos el kilogramo.

1.2 Hipótesis.

Las causas probables del remanente de polímero en las tuberías y equipos del sistema de preparación nos conducen a las hipótesis de trabajo, Zorrilla, S. (1995), Cortés, M. (2012), enumeradas a continuación:

- 1.- El polímero líquido remanente se queda adherido en el sistema debido a la alta viscosidad (aproximadamente 2000 centipoise), el cual reduce el flujo libre para pasar al tanque de transporte.
- 2.- La longitud, el diámetro y la pendiente de la tubería involucrada en el proceso de preparación no permiten el flujo de pequeñas cantidades de polímero hacia el tanque de transporte.

3.- El remanente de polímero en el sistema es difícil de cuantificar y obstaculiza la realización de un proyecto para extraerlo del equipo y tuberías.

4.- Es posible diseñar un sistema con un equipo dedicado a la extracción del remanente y realizar la recuperación del polímero previniendo el desperdicio y la elevación de los parámetros de demanda química de oxígeno en el agua de lavado.

1.3 Análisis para determinar la cantidad de residuo en el sistema.

En la descripción física del sistema se encuentra que la longitud encontrada en la tubería es de aproximadamente 20 metros de longitud en diámetro de 3 pulgadas, se cuenta con un sistema de bombeo para realizar la recirculación de material y el paso a través de un equipo de conversión (intercambiador de calor) dentro del cual puede tener una caída de presión de hasta 10 bar durante la preparación.

Las pendientes de la tubería no son las más óptimas por la ubicación y el espacio en el lugar de la instalación además de la viscosidad elevada el material no escurre con la suficiente velocidad. (Figura 1.1)

La cantidad de repeticiones en la preparación del material en el equipo de proceso hace que la cantidad de desperdicio pueda ser elevada afectando los costos de fabricación del producto.

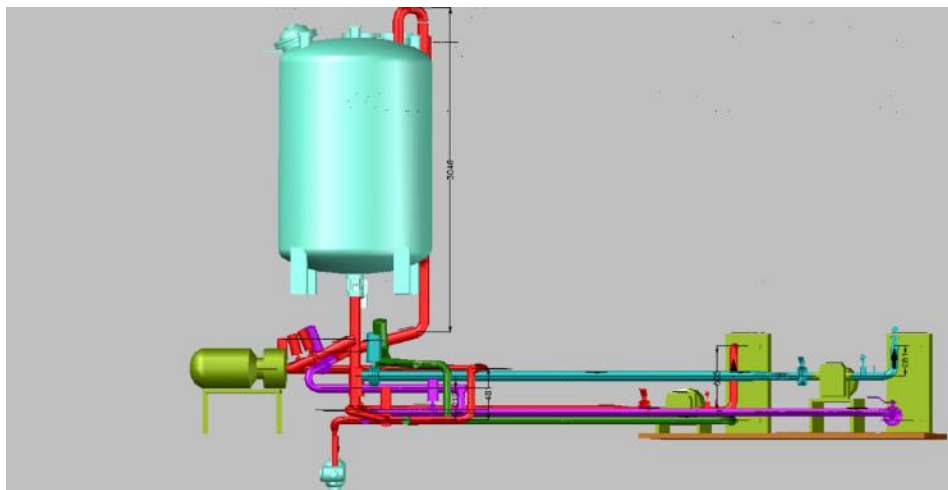


Figura 1.1.- Esquema del sistema a realizar la limpieza.

Se realizaron pruebas para medir el residual de polímero sólido en el tanque de preparación, estas pruebas consistieron en agregar 300 litros de agua caliente al sistema y se recirculó durante 20 minutos para desprender el polímero remanente en las tuberías y los equipos utilizados en la preparación.

Concluido el tiempo para la recirculación del agua y el desprendimiento del polímero, del agua con residual de polímero se tomó una alícuota de 100 mililitros como muestra y se envió a pruebas de determinación de pérdida de humedad por secado en el laboratorio de la empresa para determinar la concentración del solido residual en la muestra y con ese dato se calculó la cantidad de polímero sólido remanente en dicha alícuota, con este resultado se escaló la cantidad total de polímero contenidos en los 300 litros de agua.

El laboratorio de la empresa después de analizar diversas muestras tomadas de las pruebas en los tanques de preparación reportó los resultados obtenidos en diferentes muestras las cuales mostraron valores de 2.0 a 3.9 % de polímero disuelto en el agua de la muestra.

El 2.0% de polímero en base seca nos da un valor mínimo en Kg de polímero seco de 6 kg en la cantidad de agua total del tanque de preparación.

Tomando como base el costo del polímero en 10 dólares americanos (USD) por kilogramo se calculó un costo de \$60.00 dólares americanos, esto trasladado a pesos son \$1,200.00 pesos mexicanos por ciclo de preparación.

Revisando el dato de que se prepara 5 veces mínimo el día se puede decir que el material que se envía a destrucción por día es de \$300.00 dólares americanos, el cual en pesos es de \$6,000.00 pesos mexicanos diarios.

El costo total anual operando 300 días al año es de \$90,000.00 dólares americanos 1,800,000.00 pesos mexicanos en su mínimo de desperdicio.

1.4 Propuesta de solución al problema.

En el estudio se revisaron una serie de posibles soluciones para minimizar la cantidad de polímero residual del proceso de preparación. En la figura 1.2 y en la figura 1.3 se puede visualizar el polímero que queda adherido a las paredes del equipo de proceso, en este caso un intercambiador.



Figura 1.2.- Polímero líquido residual adherido en el intercambiador.



Figura 1.3 Polímero líquido residual adherido en intercambiador.

De acuerdo a la naturaleza del polímero líquido es posible removerlo del sistema y transportarlo por enjuague con agua caliente. No es necesario utilizar ningún detergente o sanitizante durante la limpieza que pueda contaminar el polímero, únicamente agua para que el material pueda ser reintegrado en el proceso de la preparación siguiente.

Durante el lavado normal todo este material es limpiado y enviado al drenaje.

Este polímero en el agua residual eleva los parámetros de Demanda Química de Oxígeno (1600 mg/lit) lo cual hace más costoso el tratamiento de agua residual.

El programa de limpieza del equipo no contempla la recirculación con agua caliente para la recuperación, esta recuperación se tendría que realizar con una modificación en el programa para la realización de la limpieza.

El costo para la justificación del proyecto con la instalación de la mejora al equipo está situada en dejar de desperdiciar \$90,000.00 a 100,00.00 dólares americanos

(USD) anuales. Este número servirá de referencia para el cálculo del retorno de la inversión del sistema de recuperación propuesto. (Figura 1.4).

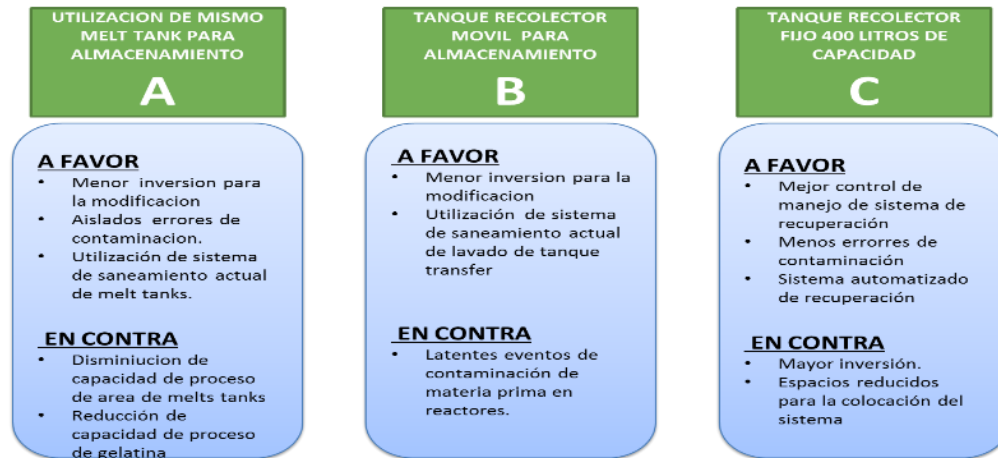


Figura 1.4.- Ventajas y desventajas de las soluciones posibles al desperdicio de materia prima. García, I. (2013).

1.5 Planteamiento del proyecto para la solución del problema.

El proyecto de recuperación consiste en un sistema interconectado al sistema de preparación de materia prima líquida para recuperar el agua de enjuague del equipo de preparación y conservarla hasta iniciar con la nueva preparación.

La secuencia del ciclo propuesta se puede observar en diagrama de bloques en la figura 1.5 y su descripción es la siguiente:

- Al término de vaciar el tanque solo quedan residuos en las tuberías y equipo auxiliares.
- Se realiza la adición de agua para proceso en una proporción suficiente para lograr la recirculación y remoción del residuo en tuberías y equipos.

- c) Se recircula durante un tiempo razonable para remover los residuos sólidos del éter de celulosa. El tiempo es definido de 20 minutos.
- d) Se drena el agua con el sólido disuelto del tanque principal y se envía al tanque colchón.
- e) En el tanque colchón permanece hasta que es requerido para el siguiente proceso.
- f) Al requerirse para el siguiente ciclo, el agua del tanque colchón se bombea al tanque de preparación.
- g) Se procede al lavado del tanque colchón.
- h) El sistema está listo para el siguiente ciclo.

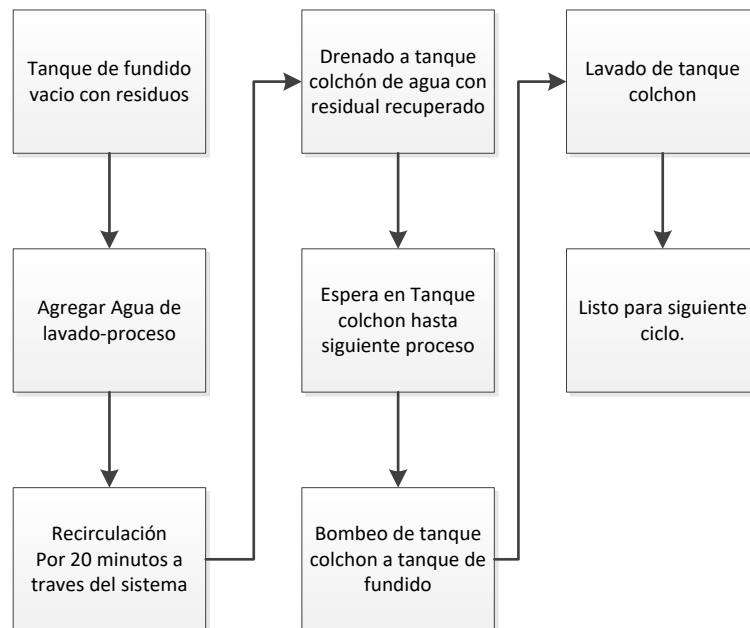


Figura 1.5.- Secuencia del ciclo para la recuperación de polímero éter de celulosa del tanque y equipo de preparación.

Capítulo 2.- Marco teórico.

2.1 Generalidades del polímero a recuperar.

2.1.1 Orígenes del Éter de celulosa.

La celulosa es la más abundante y renovable fuente de polímero disponible, el estimado de celulosa pura por fotosíntesis anual es del orden de un billón de toneladas.

La celulosa tiene dos usos primordiales en la industria, se utiliza como material de construcción así como papel y cartón.

La celulosa es la molécula base para diversos productos químicos artificiales utilizados ampliamente en la vida diaria e industrial. Los conocimientos empíricos sobre el secado de las fibras de celulosa, ignición de la madera para generar calor, la generación de carbón y la degradación bacteriana de la celulosa por putrefacción se han sido parte de la vida del hombre hace algunos miles de años. Wuestenberg, T. (2014).

Los derivados químicos de la celulosa descubiertos en el tiempo se remontan al nitrato de celulosa (llamado nitrocelulosa) en 1846 por *Schönbein*. Tiempo después fue seguido por el disolvente de la celulosa el cual es una solución de hidróxido de amonio cuproso en 1857 denominado reactivo de *Schweizer*. Posteriormente el

nitrato de celulosa mezclado con alcanfor fue uno de los primeros materiales usados como plástico y se le conoció con el nombre de Celuloide. El celuloide es un material que se encontraba en los armazones de lentes, peines y materiales de películas.

En 1870 la compañía Hyatt desarrollo la síntesis para su primer polímero termoplástico cuya base es la nitrocelulosa. Los nitratos de celulosa gracias a su alto contenido de nitrógeno se usaban ampliamente para propósitos militares.

La química de la celulosa se originó como parte de las investigaciones en polímeros en 1920 por el investigador *Hermann Staudinger*. En esa época ya se habían descubierto los enlaces covalentes entre la molécula y las unidades de glucosa de la celulosa. Los investigadores de la época determinaron que la celulosa estaba formada por largas cadenas moleculares de glucosa ligadas de manera covalente. Wuestenberg, T. (2014).

Varios experimentos encontraron reacciones del polímero con radicales de otros compuestos, donde grupos hidroxilo que predominan en la celulosa puede presentar el mismo tipo de reacciones que las de componentes con bajo peso molecular. Posteriormente se observó que la estructura del polímero de celulosa puede jugar un rol importante en el grado final de conversión y la distribución de los grupos funcionales.

El descubrimiento del estado polimérico de la celulosa dio origen a la ciencia del polímero de la celulosa en la cual *Staudinger* lo expandió a otras cadenas moleculares, gracias a esa investigación fue galardonado con el premio Nobel de química en 1953. El 97% de la producción mundial de las pulpas de celulosa se usan en la industria del papel y del cartón, 2.5% de la pulpa de celulosa es usada en la industria química y solo el 0.24% se usa para producir fibras regeneradas de celulosa y la síntesis de éteres y esteres de celulosa. Wuestenberg, T. (2014).

Los Éteres de celulosa son polímeros derivados de la modificación del polímero natural de celulosa que es obtenido de fuentes botánicas renovables.

La primera producción de Metilcelulosa se logró al reaccionar celulosa con cloruro de metilo en presencia de una solución acuosa de hidróxido de sodio.

La producción de éteres de celulosa conteniendo pequeños grupos alquil (metilcelulosa y etilcelulosa) fue desarrollada por la *Fabemindustrie* en 1926.

El primer hidroxialkil celulosa soluble fue descubierto en el año 1920.

La Carboximetilcelulosa fue introducida en Alemania poco después de la primera guerra mundial como sustituto de la gelatina. Su producción fue dejada en espera por costos de producción y problemas técnicos.

El descubrimiento en 1935 de que la Carboximetilcelulosa mejoraba la calidad de los detergentes y limpiadores sintéticos facilitó la producción a gran escala.

Desde 1950 el uso de los éteres de celulosa ha sido desarrollado ampliamente a escala mundial. Wuestenberg, T. (2014).

2.1.2 Comportamiento en disolución de la celulosa.

La celulosa es un material higroscópico y también es inerte, no se disuelve en agua ni en la mayoría de los solventes orgánicos y ácidos diluidos, pero puede aumentar de tamaño.

La solubilización puede alcanzarse si se usan ácidos concentrados, sin embargo esta solubilidad está acompañada de degradación de la cadena de celulosa mediante una hidrólisis acetálica (con acetaldehído).

Algunos solventes de la celulosa son, Dimetilacetamida / cloruro de litio; sulfóxido de dimetilo / fluoruro tetrabutil de amonio; solución de hidróxido de amonio tetracúprico II acuoso (disolvente de Schweitzer).

Un método patentado por BASF disuelve la celulosa físicamente en un líquido iónico. Este tiene diferentes formas de solubilidad que ayudan a realizar muchas síntesis de químicas que anteriormente se consideraban muy difíciles de lograr. Esto desarrollo un campo muy amplio de aplicaciones fabricadas para la industria de la construcción e industria textil. Wuestenberg, T. (2014).

2.1.3 Aplicaciones de la celulosa en productos alimenticios.

La celulosa se utiliza como materia prima en la producción de celulosa parcialmente despolimerizada. Los productos obtenidos son polvos de celulosa microcristalina.

La pulpa de celulosa purificada como pulpa sirve como materia prima básica para la producción de éteres de celulosa funcionales como metilcelulosa, hydroxipropilcelulosa, goma de celulosa y etilcelulosa. Estos derivados de celulosa solubles son utilizados como aditivos en varios alimentos, se puede ver su origen en la figura 2.1.

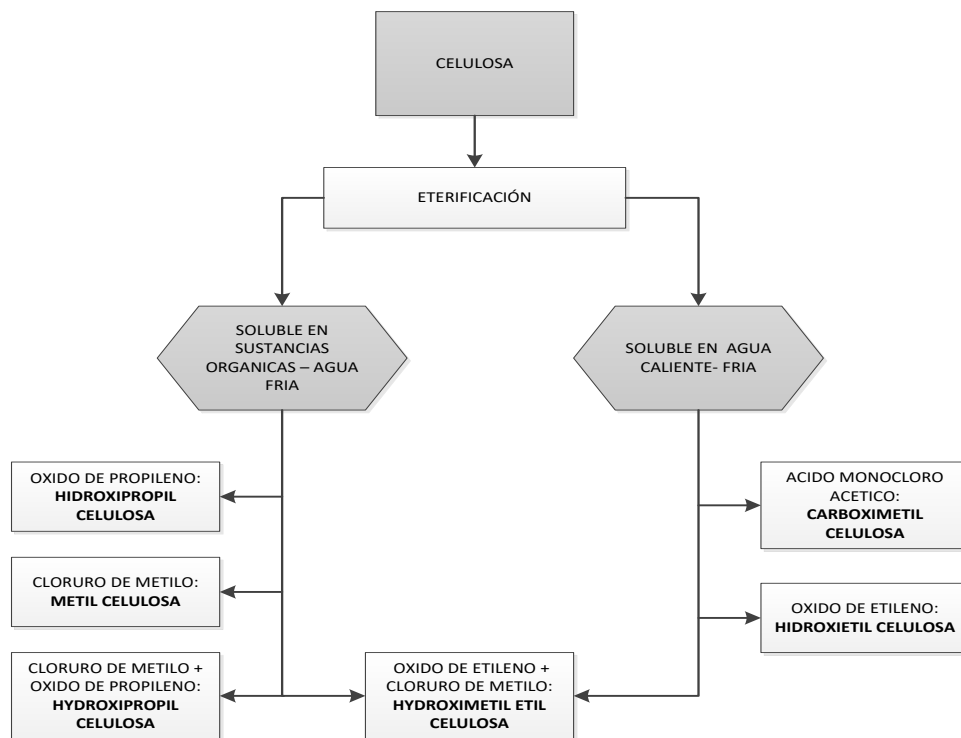


Figura 2.1.- Celulosa y sus derivados. (Wuestenberg T., 2014).

2.1.4 Propiedades nutricionales de la celulosa.

El cuerpo humano carece de enzimas para digerir la celulosa, por eso se considera una fibra dietética. La celulosa pasa por el cuerpo humano sin cambios moleculares. Por

esta razón la celulosa es un reactivo nutricional inerte en animales y el cuerpo humano, no da origen a gases como otras fibras dietéticas.

Sin embargo la celulosa incrementa la absorción de ácidos grasos de cadenas pequeñas que son benéficos para la salud.

La celulosa nativa es tomada en los vegetales y su ingesta diaria recomendada no está definida. Normalmente se considera su efecto en la salud como positivo ya que las fibras de celulosa ayudan a absorber otros nutrientes. Stephen, A.M. (2006)

La celulosa puede usarse como aditivo seguro en los alimentos. En los Estados Unidos se ha usado con este fin por más de 30 años.

La Unión Europea permite la presencia de celulosa en los productos alimenticios como un aditivo de concentración ilimitada. La limitación está en los alimentos para bebés ya que no se permite su uso en ellos, tampoco en alimentos que se consideran libres de aditivos.

Su descripción en la industria de alimentos es un “estabilizador” o “agente de separación”, este se declara como “Celulosa E460”. Wuestenberg, T. (2014).

2.1.5 Metilcelulosa soluble en agua.

La celulosa tiene como número E: **E461**

Y el número CAS: **9004-67-5**

La celulosa en su reactividad química tiene las mismas reacciones de eterificación que algunos alcoholes. La preparación de los éteres de celulosa inicia con la preparación de la Celulosa alcalina.

El proceso de eterificación de *Williamson* (ecuación no 2.1) es usado para obtener el éter de celulosa y sal.



En la figura 2.2 se puede observar el diagrama de bloques del proceso de fabricación de la Metil celulosa.

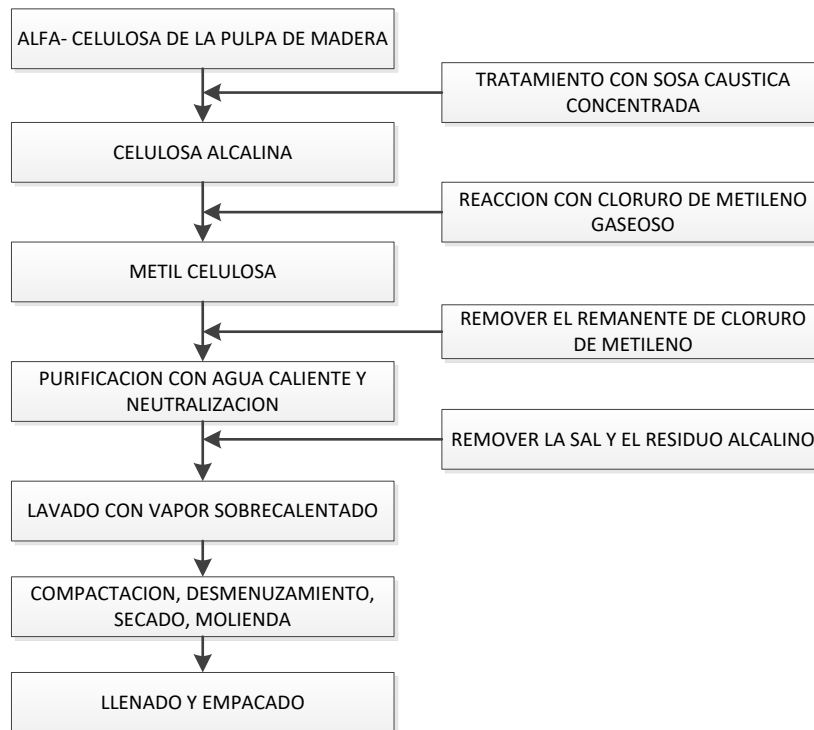


Figura 2.2. Diagrama de bloques de la Producción de metilcelulosa grado alimenticio. Wuestenberg, T. (2014).

La notación de la molécula de metilcelulosa se muestra a continuación en la figura 2.3, en promedio dos de los 3 grupos hidroxilos es reemplazado por grupos metil. El grado de sustitución de esta molécula muestra un 1.75 aproximadamente.

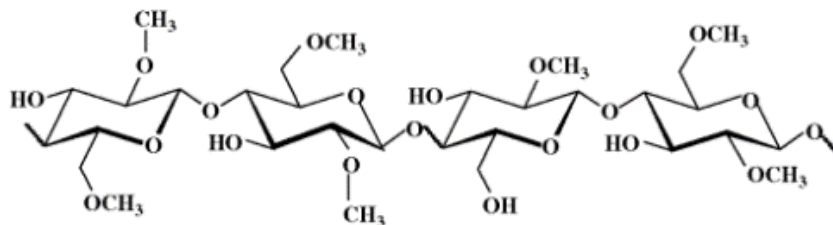


Figura 2.3. Notación en forma de silla de la metilcelulosa.

El grado de sustitución de la metilcelulosa se sitúa entre 1.3 a 2.6 grupos metil por unidad de glucosa anhidra. El contenido gravimétrico de los grupos metoxi (-OCH₃)

es de 25 a 33%. Su peso molecular es de 20,000 a 380,000 grs/ mol, que corresponde a un grado de polimerización de 100 a 2000 monómeros de glucosa. Wuestenberg, T. (2014).

El comportamiento de disolución de los éteres de celulosa está dado por los siguientes factores:

La **Uniformidad de la sustitución**, entre más uniforme sea hay un mayor grado de sustitución y mayor solubilidad.

El **Grado de sustitución**, es el número de grupo hidroxilo eterificados por unidad de glucosa anhidra. Una celulosa con un grado de sustitución de 1.3 a 2.6 es soluble en agua.

La **Sustitución molar**, es el número de moles de grupos sustituidos por monómero de glucosa.

El **Grado de polimerización** (peso molecular), cadenas largas de celulosa tienen menor solubilidad.

La **Distribución de la partícula o granulometría**, entre más fina sea la molienda la solubilidad es mayor.

Para los derivados de metilcelulosa a menor temperatura la disolución es mejor ya que las altas temperaturas provocan la formación de geles que impiden el paso del agua al interior de las fibras de metilcelulosa. Wuestenberg, T. (2014).

La metilcelulosa (con grado de sustitución de 1.3 a 2.6) es insoluble en:

- Agua caliente de 40 a 60°C o más.
- 100% Etanol. (Solo es soluble en mezclas que contengan agua-etanol)
- grasas, aceites y triglicéridos de cadenas medianas.
- Soluciones con alto contenido de sal (10-15%) o azúcar (32%) impiden que la metilcelulosa se disuelva porque hay menor cantidad de agua para la hidratación de la molécula.
- Los minerales pueden tolerarse en grandes cantidades.

La metilcelulosa reacciona rápidamente y su grado de absorción de agua es alto. Wuestenberg, T. (2014).

La clave para la disolución de la metilcelulosa en agua se alcanza a través de la dispersión antes de que el polvo se comience a disolver, de otra manera la formación de grumos harán que sea difícil de romper. El procedimiento siguiente ayuda a disolverla como sigue: Primero caliente alrededor de un tercio del volumen requerido de agua a 80-90°C, después añada el polvo de metilcelulosa al agua caliente con agitación. Continúe agitando hasta que las partículas estén mojadas y dispersas. Remover del calor y añadir el resto del agua fría o como hielo con agitación. La solución debe ser enfriada a temperatura menor a 10°C. Agite hasta que sea clara. Esto puede tomar unos minutos, pero el proceso puede tomar hasta una hora. Feller, R.L. (1990).

2.1.6. Propiedades de las soluciones de metilcelulosa.

Las principales propiedades de la metilcelulosa se tienen listadas a continuación:

- Viscosidad: 5 – 50,000 mPa s (2% a 20°C).
- Temperatura de gelación de 55°C
- pH de 5.5 – 8
- Punto de congelación 0 °C
- Densidad de solución al 2% 1.0068 gr/ml.
- Índice de refracción de 1.336
- Calor específico 0.93 +/- 0.05 cal/gr de 10 a 90°C.
- Solubilidad máxima en agua a temperatura de 0 a 5°C.

Wuestenberg, T. (2014). Feller, R.L. (1990).

2.1.7 Relación entre la concentración y la viscosidad.

La viscosidad está en función de la concentración y del grado de sustitución de la metilcelulosa (esto último es función del tamaño de la cadena del polímero que une a la celulosa), si la cadena es mayor en su grado de polimerización la viscosidad es mayor, si la concentración es mayor la viscosidad será mayor también. En la tabla 2.1 se puede observar el comportamiento de la viscosidad en función de la concentración.

Tabla 2.1 Viscosidad en función de la concentración de la metil celulosa con grado de sustitución igual a 5.

% de Metil celulosa	Viscosidad (cP)
2	7
3	10
4	20
5	50
6	90

Efecto de la Temperatura de disolución. Si la metilcelulosa está arriba de la temperatura de gelación, la celulosa es insoluble. Su comportamiento es de partículas que se deben agitar o se precipitan al fondo de recipiente. Wuestenberg, T. (2014).

2.1.8. Efecto de la temperatura de dilución.

La temperatura de dilución de la Metilcelulosa es importante. Arriba de la temperatura específica de gelación estos hidrocoloides son insolubles en agua 100% y se comportan como partículas sólidas.

Las partículas solo pueden mantenerse en la suspensión debido a la acción mecánica de la agitación. Sin la agitación se sedimentan en el fondo del contenedor de la mezcla agua-celulosa.

La disolución comienza cuando la temperatura del agua (solvente) es menor a la temperatura de gelación de la metilcelulosa y la temperatura de hidratación se

alcanza por enfriamiento. La viscosidad final de la disolución se da en función del nivel de sustitución en la molécula y el tipo.

La figura 2.4 ilustra la influencia de la temperatura de disolución en el desempeño de la viscosidad en la mezcla agua- éter de celulosa. Se observa que la metil celulosa requiere de energía baja para poder mostrar su gelación.

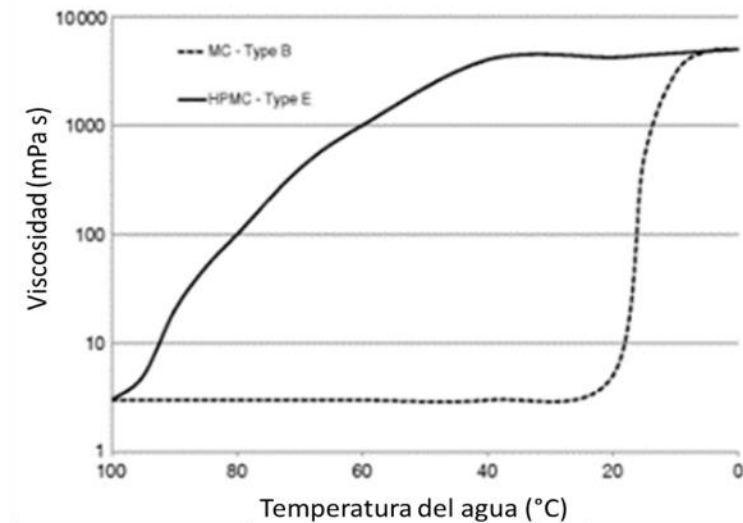


Figura 2.4.- Influencia de la temperatura de disolución en el desempeño de la viscosidad. Wuestenberg, T. (2014).

La metilcelulosa difiere de otros coloides ya que tienen su superficie activa, esta propiedad les ayuda a reducir las tensiones interfaciales de soluciones acuosas y reduce la tensión interfacial entre dos fases inmiscibles. A menor tensión superficial de la solución la actividad de la superficie es mayor.

La tensión superficial está en función del peso molecular de la metilcelulosa y la concentración. Wuestenberg, T. (2014). Feller, R.L. (1990).

2.1.9 Gelación de la metilcelulosa.

Es una característica de la metilcelulosa que la viscosidad inicialmente se disminuye con el incremento de temperatura (1) y luego a una temperatura que depende del grado de sustitución y del sustituyente la reacción reversible ocurre. A menor grado de polimerización la cadena es más corta y mayor es la cantidad de metilcelulosa requerida para tener mayor viscosidad y firmeza en el gel.

La metilcelulosa se comportan inversamente a la gelatina clásica, a temperatura ambiente, hay una solución que se gela (flocula) cuando se calienta (2) y se vuelve viscosa de forma reversible a su estado viscoso líquido (3).

En la figura 2.5 se puede observar este comportamiento.

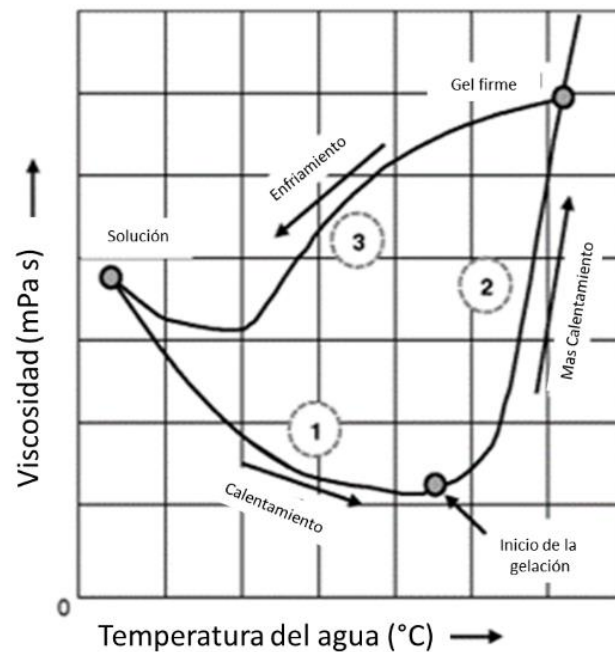


Figura 2.5.- Viscosidad en función de la temperatura y gelación de la metilcelulosa. Whistler, R.L. (1993).

Durante el calentamiento y enfriamiento se pueden ver fases que se describen a continuación:

1.- Baja temperatura. La molécula está totalmente hidratada, la solución es clara y transparente cuando hay suficiente agua para la solubilización.

Cuando se incrementa la temperatura la cadena del polímero pierde algunos de sus enlaces con el agua y la viscosidad disminuye. Este decremento se puede medir con viscosímetros, pero no se puede ver a simple vista el fenómeno.

2.- Calentamiento.- A mayor calor aplicado la deshidratación del polímero conduce a interacciones polímero - polímero y empieza a gelar entre 38 y 70°C.

3.- Los éteres de metilcelulosa forman geles cuando son calentados y regresan a solución cuando son enfriados. Son insolubles a temperaturas por encima del punto de gelación. Wuestenberg, T. (2014). Feller, R.L. (1990).

Esta propiedad está determinada por:

- Contenido de los grupos metilo en la molécula.
- Concentración de la solución.
- Solidos totales en el sistema.
- Tipo de solvente.
- Aditivos que incrementan o disminuyen el punto de gelación.

Los grupos metil son los responsables de la solubilidad de la metilcelulosa ya que son los que realizan el enlace con el agua. A mayor cantidad de estos radicales la temperatura de gelación es menor y el gel resultante es más resistente.

En la tabla 2.2 se presenta la relación de metilcelulosa con la temperatura de gelación y su resistencia.

Tabla 2.2.- Relación del contenido del porcentaje de grupo Metil en la molécula metilcelulosa y la temperatura de fusión y resistencia aparente.

Eter de celulosa	Contenido de grupo Metil (%)	Temperatura de inicio de gelación a 2% de concentración. (°C)	Temperatura de fusión (°C)	Resistencia del gel
Metilcelulosa (tipo A)	31-33	38-44	15	Muy firme
Metilcelulosa (tipo B)	28-31	50-55	25	Firme

-La presencia de azúcares, proteínas y otros polímeros en la formulación pueden disminuir la temperatura de gelación y se pueden tener geles a 40°C con una concentración de 0.5%.

La alta concentración de sales también puede afectar la temperatura de gelación al disminuirla.

-La mayoría de los polielectrolitos como el azúcar o el glicerol disminuyen la temperatura de gelación porque tiene alta afinidad por el agua disponible y deshidrata la molécula de metilcelulosa.

-El tipo de ion usado en la mezcla da diferentes temperaturas de gelación y normalmente correlacionan con la naturaleza del ion.

- Los alcoholes y los propilenglicoles causan un incremento en la temperatura de gelación, aunque estos tienen gran afinidad con el agua para mezclarse estos aumentan la solubilidad de la metilcelulosa y la temperatura de gelación también aumenta.

- la temperatura también influye la temperatura de gelación. Una razón de calentamiento alta eleva la temperatura de gelación.

- Un incremento en la velocidad de mezclado resulta en gelación a mayores temperaturas. Wuestenberg, T. (2014).

- La característica más notable de las soluciones de metilcelulosa es su habilidad de formar geles cuando son calentadas o formar soluciones de forma reversible cuando la temperatura es disminuida. La explicación simple dada es que la molécula de agua se asocia con la de la metilcelulosa, facilitando su solubilidad. Cuando la temperatura

es incrementada o se agregan sales la asociación con agua se reduce al punto donde se separa del polímero. Feller, R.L. (1990).

El revisar las características del polímero en el sistema nos dará una mejor idea de cómo se debe de manejar para lograr su remoción de los equipos de fabricación al momento de su limpieza y reutilización.

2.1.10 El reciclaje de polímeros en la industria.

El compromiso con el medio ambiente de las empresas ha generado una conciencia sobre el reciclaje de materiales y en el caso particular de polímeros se basan en la aplicación de las tres R's principales, Reduce, Reusa, Recicla, con la finalidad de disminuir en los procesos industriales el uso de energía y el tratamiento y/o disposición final de los residuos. Tam, V.W.Y. (2006). Una tecnología y equipos que contribuyan a esta causa son parte del trabajo del ingeniero dedicado al diseño de procesos y automatización.

La optimización del uso de la materia prima durante el proceso de transformación impacta de manera positiva al costo del producto final.

Existe una gran cantidad de procesos donde se expone el reciclaje de polímeros como una opción para recuperación de los productos utilizando diferentes solventes o utilizando reacciones químicas para generar otro producto que pueda ser separado de su efluente inicial. Kiss et al, (2011). Por lo cual el reciclaje de polímeros no es una idea nueva, pero de implementarse se logran resultados benéficos.

Otras opciones de reciclaje y recuperación de polímeros es produciendo biomasas para la generación de energía alternativa que reduzca el uso de combustibles fósiles como es sugerido por Agbor, V.B. (2011), en la descripción de su proceso se identifica el mayor impacto en el costo-beneficio al reciclar el polímero a su mismo proceso.

Revisando comparaciones del comportamiento de polímero orgánico virgen y reciclado se tienen resultados similares acorde con Nunes dos Santos, W.(2007), lo cual nos da un indicativo que el reciclaje del polímero es posible.

Basados en la información sobre el polímero que se tiene es determinar su factibilidad para el reciclado. Este reciclado es utilizando la parte que se queda en el sistema de regreso al mismo a las proporciones calculadas después de los experimentos del mismo. Este polímero es posible de reciclar debido a que su comportamiento como hojuela es idéntico al comportamiento como polvo al estar en disolución con agua.

2.2 Que es la metodología *Front End Loading*, FEL

2.2.1. Las mejores prácticas dentro de la industria para realizar proyectos de capital y sus ventajas.

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único usando recursos y tiempo limitados.

La temporalidad es dada porque tiene un tiempo finito para ser desarrollado y se considera terminado cuando se cumplen los objetivos del proyecto. Project Management Institute. (2008).

Los proyectos de construcción pueden ser de 3 tipos:

Edificación

Industriales

Infraestructura. Ver figura 2.6.



Figura 2.6.- Ciclo de vida de un proyecto de construcción.

La dirección de proyectos también puede incluir una etapa de iniciación. Los proyectos dentro de una industria pueden ser parte de un portafolio desarrollado para la industria específica con proyectos diversos dentro de un mismo sistema que puede gestionarse con programas de proyectos y los proyectos en forma individual. Project Management Institute. (2008).

En el desarrollo de un proyecto debe estar sustentado en las mejores prácticas de la industria, ya que cualquier desviación puede resultar en costosas modificaciones o en la cancelación del mismo proyecto.

Algunas de las industrias líderes en definir las mejores prácticas en los proyectos de construcción se pueden observar en la figura 2.7 .



Independent Project Analysis.

Figura 2.7 Nombre y logotipo de industrias líderes en las mejores prácticas aplicadas a proyectos de inversión para construcción de plantas químicas.

El compromiso de los directivos y/o dueños es vital para la correcta aplicación de los conceptos vertidos y lograr que el proyecto culmine de manera exitosa con ventajas para los clientes así como los proveedores.

Los proyectos suelen estar ligados al plan estratégico de una organización y el sustento de los mismos es analizar la demanda del mercado, la oportunidad tanto estratégica como comercial, solicitudes específicas de un cliente, proveer de innovación tecnológica, cumplir requisitos legales.

Las fases de un proyecto son divisiones dentro del mismo proyecto para tener un control que ayude a la obtención de un entregable mayor. Pueden ser secuenciales y cada fase genera un entregable, en este punto se evalúa si las actividades están conduciendo a la meta final. Project Management Institute. (2008).

Cada empresa debe seleccionar cual es la práctica más adecuada a su tipo de negocio. Al analizar el proyecto planteado en este trabajo se define que se utilizara la metodología descrita como *Front End Loading* (FEL) para la documentación del mismo y seguimiento de cada fase durante el proceso de construcción del proyecto planteado en este trabajo.

Las principales problemáticas en general (basada en el proyecto específico) a resolver mediante las mejores prácticas son a las siguientes:

Inicio: En esta etapa se define que existe una posibilidad de realizar el proyecto en función de las necesidades de las partes interesadas, se define quien es el líder y cómo avanzar para entrar en la etapa de planeación.

Planeación: Esta etapa presenta las definiciones como clave para el éxito del proyecto, primeramente es definido cuál es el proyecto y después se define y se integra al equipo de trabajo, se estructura el alcance del proyecto, se desarrolla el programa de trabajo con tiempos y responsables, se definen las actividades e inversiones preliminares, se desarrolla el plan de control, la evaluación y control de riesgos, los recursos humanos con la fechas para su integración al proyecto, se definen las actividades funcionales para establecer las estrategias de contratación. Se busca mantener un enfoque a los procesos y procedimientos de operación. La participación

de expertos de operación y mantenimiento es crucial si se dispone de ellos para integrarse al proyecto.

Desarrollo de la Ingeniería: El desarrollo de equipo de proceso en plantas químicas inicia con la ingeniería de proceso para determinar las características del proceso. La ingeniería define el alcance, los estimados de costos de la obra, el grado de definición para tener los detalles del proceso. Project Management Institute. (2008). Para el proyecto los expertos técnicos con experiencia operativa son importantes durante la ingeniería para dejar el alcance adecuado y que de buenos resultados desde el inicio. Los planos de general a detallado de distribución de las instalaciones (*layouts*), la localización de la instalación (sitio) y el equipo adecuado previenen mantenimientos posteriores excesivos que eviten que sea viable y rentable el proyecto. La selección de tecnologías adecuadas es punto central en el proyecto y ayuda a definir el tiempo de vida estimado. Las incertidumbres de la generación de algo nuevo también se minimizan al hacer los análisis de riesgo del producto.

La contratación: La claridad de los perfiles de las personas en las bases para la contratación es clave para el éxito del proyecto. Es complicado en ocasiones encontrar contratistas con suficiente experiencia, a veces los contratistas no están bien asesorados financieramente y tienen diversas desventajas financieras en sus contratos, otras veces la asignación de contratos por precio y no por experiencia hace que el proyecto falle por carecer de personal con la experiencia adecuada. Los buenos contratistas son caros y a veces se relegan dejando el proyecto en manos inexpertas. En cualquier proyecto a desarrollar los contratistas deben contar con el soporte necesario para realizar el trabajo propuesto.

Procura o compras.- Se requiere realizar un análisis a los proveedores para verificar que son capaces de realizar el contrato en caso de ganar la licitación. Se requiere monitorear los mercados externos para poder actuar contra amenazas externas como el tipo de cambio o regulaciones que ocasionen se atrase el proyecto. Trabajar en conjunto con expertos para que las especificaciones estén correctamente elaboradas.

En las compras es donde se puede ahorrar dinero adicional al realizar el proyecto que puede ser capitalizado como utilidad por menor costo de realización del proyecto.

Construcción.- El control de las versiones de ingeniería es muy importante cuando hay modificaciones, se debe implementar un control de cambios para tener el registro de cada uno de ellos y verificar que el proyecto siga cumpliendo con el presupuesto. Un estricto control de los avances genera ahorros si es administrado correctamente. Un análisis de riesgo es fundamental para evitar accidentes o eventos fuera de control que son costosos dentro de los proyectos. Se debe consultar el programa desarrollado en conjunto con ingeniería y verificar posibles demoras debido a las situación geográfica del proyecto y el clima, el entorno social etc. Durante el comisionamiento y arranque se debe tener un plan para ir probando los equipos y asegurar que la calidad de lo que se está instalando es correcto. Cuidar la mano de obra para usar la más calificada posible.

Cierre.- El diseño e ingeniería “como se construyó” debe estar completo al acercarse la fecha de cierre y volverse un entregable, se debe tener acuerdo para solucionar diferencias y prevenir fondos para el rediseño de partes del proyecto en caso de eventualidades.

Evaluación.- Se requiere de sistemas concretos para evaluar la calidad, el cumplimiento de objetivos, satisfacción del cliente.

Operación.- Involucrar al personal operativo para verificación de condiciones de funcionamiento y garantías. Se buscan vicios ocultos en la construcción que puedan traer mala operación o problemas posteriores.

La diferencia entre un proyecto y el trabajo operativo aunque tienen similitudes radica en que el primero es temporal y tiene un final establecido. Las operaciones son continuas y sostienen a la organización a largo plazo. Puede existir una gran cantidad de interacciones entre los responsables de proyecto y los de operación para lograr acuerdos y definiciones que logren completar el proyecto de manera adecuada. Project Management Institute. (2008).

Las partes interesadas de un proyecto son definidas al inicio del proyecto tanto internas y externas, en el transcurso adicionarse más o retirarse al terminar su función. Los interesados habituales pueden ser el patrocinador ya sea el dueño o consejo de administración, el equipo de administración de proyectos con sus directores y administradores funcionales, socios de negocio y ventas, clientes, administración de operaciones, administrador del portafolio y otros programas y otros interesados donde puede entrar oficinas gubernamentales con sus normas. Project Management Institute. (2008).

Los activos de los procesos del proyecto de todos los involucrados se usan para influir en el éxito del proyecto, incluyen entre otros los procesos estándares de la organización como normas y políticas de calidad de seguridad de ética, lineamientos que abarcan instrucciones de trabajo y criterios de evaluación, plantillas de riesgo, estructuras de desglose de trabajos cronogramas de proyectos y contratos. Criterios para adaptar procesos de la organización al proyecto, definición de tecnologías de comunicación, políticas de retención de registros, requisitos para el cierre del proyecto como auditorías, controles de cambio, validaciones y definición de los criterios de aceptación. Procedimientos de control financiero, periodicidad de informes, registros de gastos normas contables, procedimientos de gestión de problemas y defectos así como el seguimiento a su solución. Procedimientos de control de cambios y de riesgos. Los procedimientos para priorizar aprobar y emitir autorizaciones para realizar el trabajo son de suma importancia a los mismos.

El uso de las bases de conocimiento anteriores, como bases de datos, información histórica y archivos tanto de operación como financieros influyen de manera positiva para el buen término del proyecto, aunque en la evaluación preliminar debe determinarse si se sigue un modelo ya probado o se define un nuevo camino. Project Management Institute. (2008).

2.2.2. La *Independent Project Analysis (IPA)* localizada en Virginia, USA, es una organización a nivel mundial que se dedica al análisis cuantitativo y consultoría de proyectos de inversión comparándose contra el mejor de la industria en proyectos de similar tipo y tamaño como herramienta de apoyo.

Antes de ejecutar el proyecto requiere ser definido como la oportunidad correcta para el negocio, determinar el producto, el mercado, capacidad instalada, ubicación y como puede llevarse a cabo en el lugar seleccionado.

Si se tiene una planta para remodelación o se va a construir una instalación nueva. Definir la tecnología, ya sea propia o de terceros.

La medición de la efectividad de cada proyecto se realiza comparando (*benchmark*) el proyecto contra la base de datos de la IPA para tener una referencia que facilite el monitorear el costo, el programa de trabajo durante la instalación, la operatividad, seguridad entre los rubros más importantes. Existen índices que nos dan la idea de cómo está el proyecto localizado para verificar que su planeación se apegue lo más posible a la realidad.

Front End Loading (FEL) es el proceso donde los grupos de interés desarrollan una definición detallada del alcance del proyecto de capital para cumplir los objetivos del negocio. El cual incluye contestarse preguntas básicas al inicio del mismo, ¿Porque?, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Cómo?, ¿Quién? Tapia, C. (2004)

CICLO DE VIDA DE PROYECTOS DE CAPITAL (IPA)

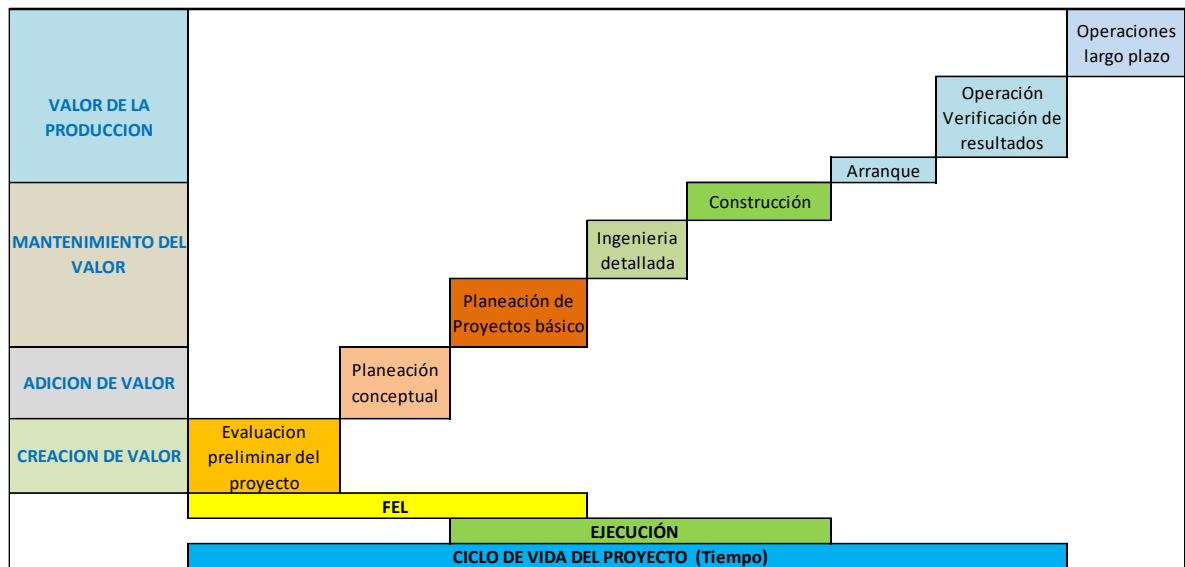


Figura 2.8.- Ciclo de vida de un proyecto de Capital (IPA). Tapia, C. (2004)

2.2.3. Administración de proyectos utilizando la metodología FEL.

La metodología FEL evalúa una oportunidad de negocio y convertirla en un proyecto de capital. FEL es la metodología de mejor práctica primaria o inicial para la ejecución de proyectos. Este método tiene como objetivo determinar la viabilidad actual y futura del proyecto. El objetivo principal es definir el alcance del proyecto al integrar cada una de las partes que lo componen y sus objetivos a cumplir. Este método minimiza cambios en fases posteriores al proyecto que pueden afectar la viabilidad en costo y en la operación del mismo en el largo plazo.

La falta de un buen cálculo en el retorno de la inversión es causa de cancelación de cualquier proyecto y pérdida de los recursos ya invertidos que en etapas avanzadas del proyecto puede lesionar fuertemente al grupo de inversionistas.

En esta etapa denominada FEL, se desarrolla la definición y es cuando el costo es más bajo. Se valida la oportunidad de negocio y se eligen y analizan las alternativas de planeación e ingeniería básica con costos estimados para determinar la factibilidad (FEL I). Al terminarse los trabajos de la primera etapa, el proyecto es evaluado y si pasa los controles establecidos en la puerta 1 definidos por las partes interesadas (*stakeholders*) pasa a la siguiente etapa. En la etapa FEL II se estudian alternativas

específicas plasmadas en la ingeniería de detalle y alcance real así como la revisión de los indicadores económicos (FEL II). Al completar los requisitos y controles de la puerta 2 definidos por las partes interesadas, se pasa a la definición de la ingeniería de detalle y el plan para la ejecución del proyecto, esto se define en una etapa (FEL III), una vez que es aprobado al cumplir con los requisitos por las partes involucradas se procede a iniciar la ejecución del mismo.

La planeación e ingeniería del proyecto en FEL es el costo más bajo del mismo, estimado en un 10% del costo total del proyecto, en esta etapa es la parte donde se debe analizar a detalle todo lo relacionado con el proyecto y determinar su viabilidad y retorno de la inversión. El trabajo realizado en las etapas de FEL tiene un efecto en los resultados finales muy fuerte si es realizado con el cuidado adecuado. Ver figura 2.9. Diplomado en administración de proyectos, PEMEX-BUAP, Modulo 1,(2014).

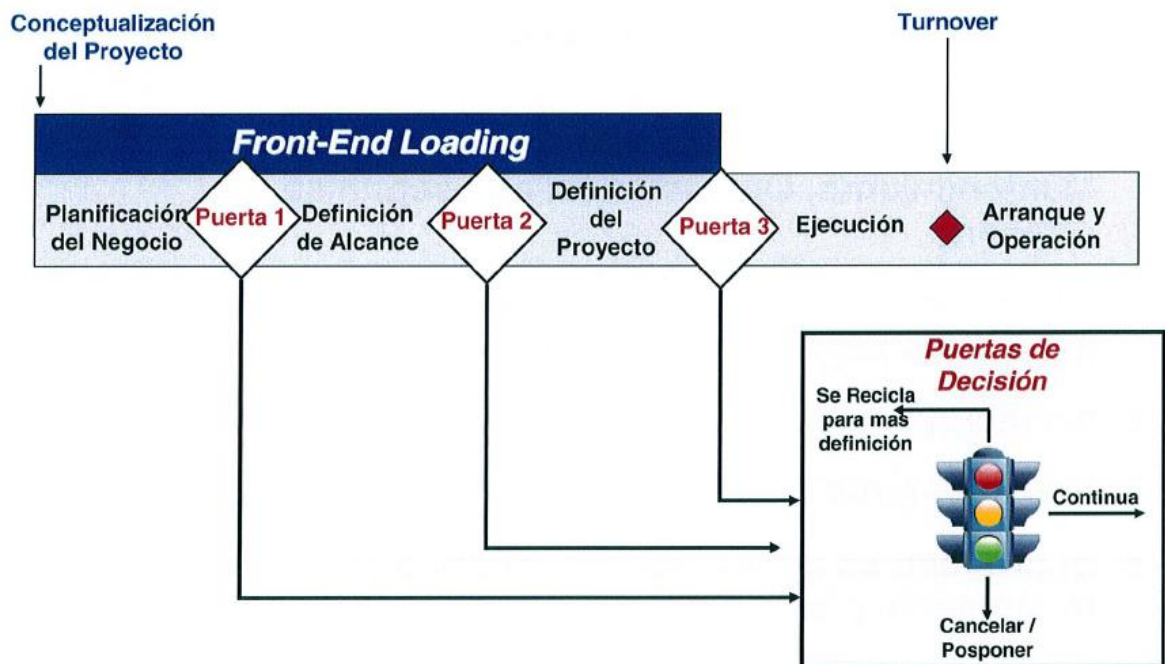


Figura 2.9.- Front End Loading (FEL) Esquema de conceptualización del proyecto.
Diplomado en administración de proyectos, PEMEX-BUAP, Modulo 1, (2014).

Los factores de sitio sumados a los estatus de diseño en adición al plan de ejecución del proyecto, nos dan un índice dentro de la metodología FEL que son los indicadores para dar paso a continuar o detener el proyecto antes de su ejecución.

Los grupos que trabajan en los niveles FEL son los del Grupo del proceso inicial y los del grupo del proceso de planeación para definir los entregables de cada etapa FEL.

En la metodología FEL al comparar los proyectos del mismo tipo entre ellos usando las bases de datos de la IPA puede determinarse que las decisiones tomadas oportunamente en las etapas de Visualización (FEL I), Conceptualización (FEL II) y Definición (FEL III) se basan en trabajos de planeación donde el costo es menor relativamente, pero su resultado genera ahorros importantes durante la ejecución del proyecto (Influencia vs Gasto). Ver figura 2.10.

INFLUENCIA Y CURVA DE GASTOS PARA EL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

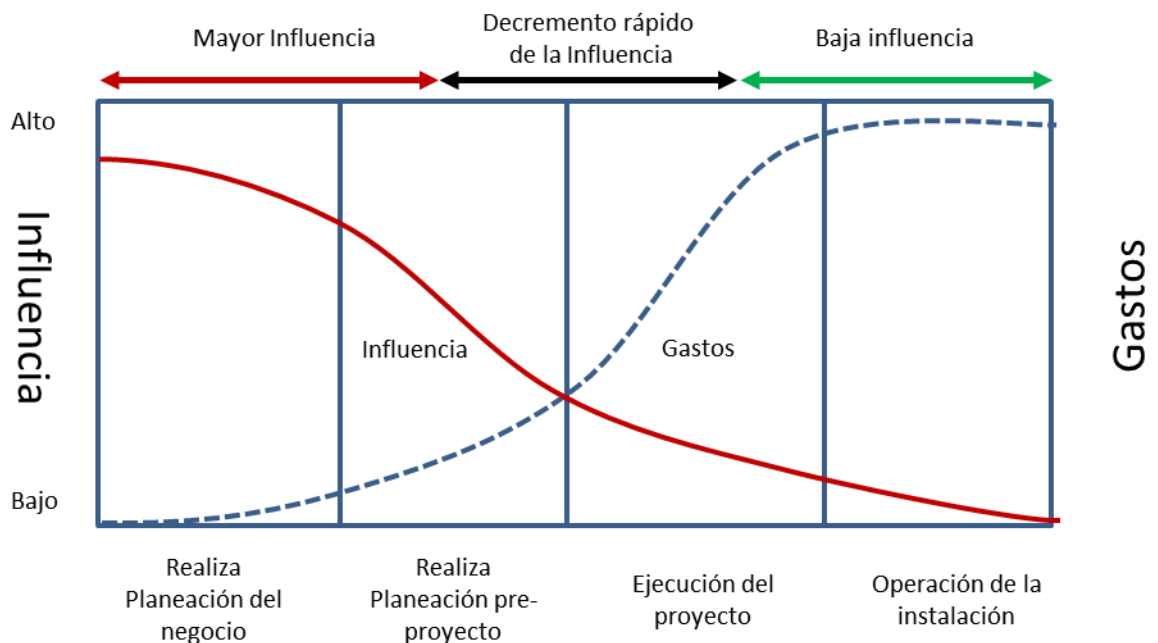


Figura 2.10.- Curva de Influencia y gastos para el Ciclo de Vida de un proyecto

Construction Industry Institute. (1994).

Durante la Planeación del negocio se maneja el FEL I e inicios de FEL II.- En esta etapa se usan los métodos más efectivos para la definición del proyecto y estimado de costos para su aprobación donde el equipo identifica las siguientes actividades: a) definir el proceso de planeación del Pre-proyecto para la construcción de instalaciones y desarrollar un glosario de la terminología, b) Evaluar la relación entre el éxito total del proyecto y el nivel de esfuerzo de la Planeación Pre-proyecto y c) desarrollar un manual para identificar las mejores prácticas en los métodos de Planeación Pre-proyecto y las prácticas.

La Planeación Pre-Proyecto es complemento de FEL II y FEL III. En este proceso se desarrolla la suficiente información estratégica con la cual los clientes pueden identificar el riesgo y decidir a comprometer recursos para maximizar la oportunidad de éxito del proyecto. La planeación pre-proyecto es también identificada con el sinónimo de Front End Loading (FEL). Construction Industry Institute. (1994).

2.3 Ventajas de aplicar la metodología FEL.

El organismo que soporta y dio origen a la metodología FEL es la *Independent Project Analysis (IPA)*, su ventaja competitiva radica en varias técnicas de mejores prácticas en aplicación a proyectos e inversión. FEL analiza el desempeño usando entre otros el Costo del proyecto. Ver figura 2.11.

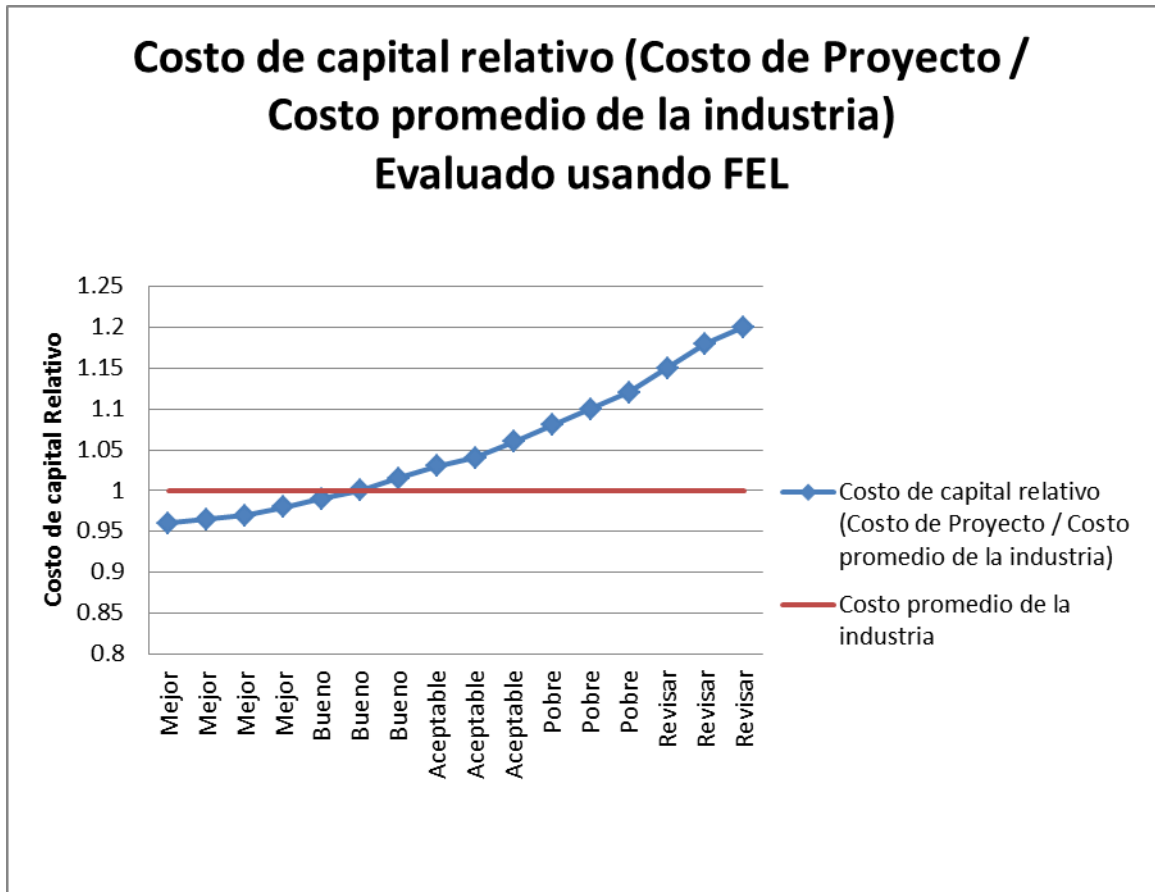


Figura 2.11.- Costo de capital relativo (costo del proyecto/ costo promedio de la industria) evaluado usando FEL. Tapia, C. (2004).

Adicionalmente documenta que el tiempo de Ejecución de un Proyecto al utilizar la metodología FEL y tener una mejor definición sobre el proyecto reduce el tiempo de ciclo de la ejecución del proyecto. La comparación del tiempo de ejecución contra los mejores de la industria da claridad en el momento de definir las actividades para el proyecto. Ver figura 2.12.

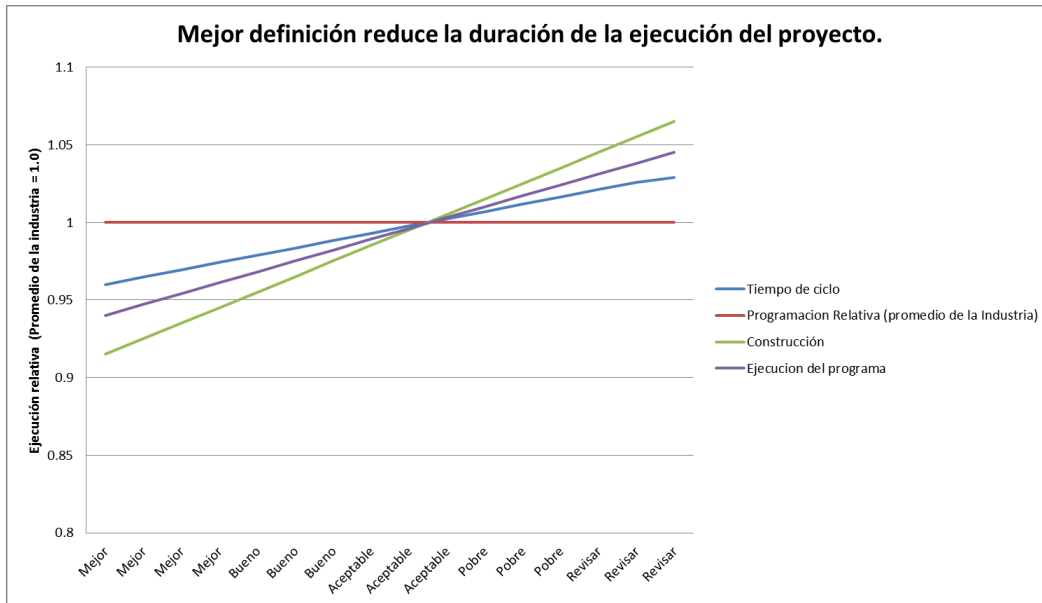
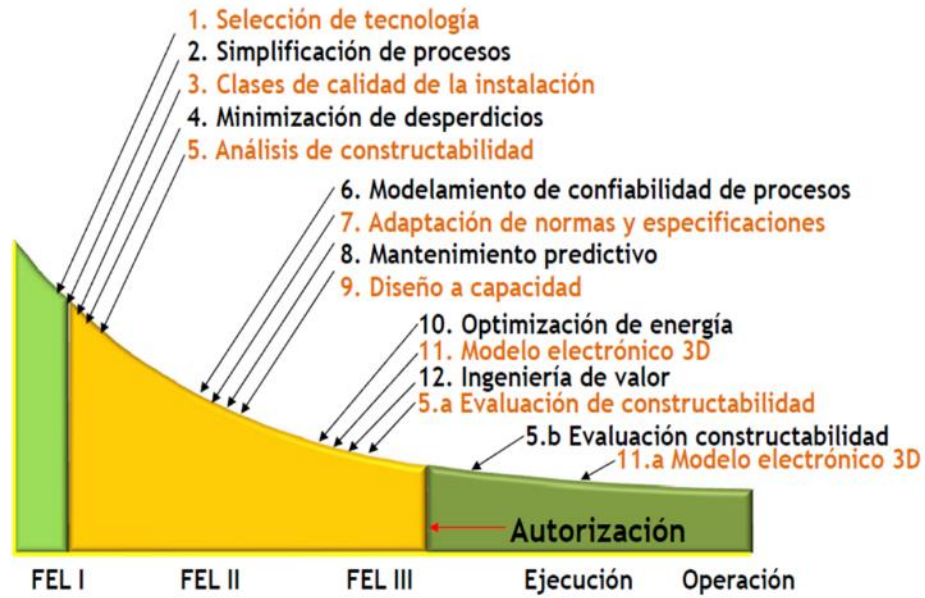


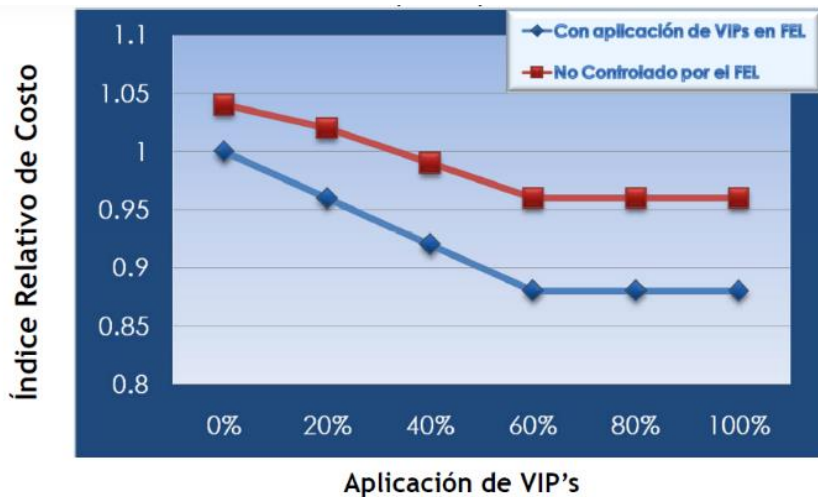
Figura 2.12.- Costo de capital relativo (costo del proyecto/ costo promedio de la industria) evaluado usando FEL. Tapia, C. (2004).

Las actividades de “Incremento de valor del proyecto” (*VIP*) usadas en la metodología FEL son prácticas fuera de lo ordinario para mejorar el costo, el programa y la confiabilidad en los proyectos de capital. Y se pueden ver representadas en la figura 2.13.



**Figura 2.13.- Prácticas de incremento de valor en un proyecto de capital.
Diplomado en administración de proyectos, PEMEX-BUAP, Modulo 1, (2014).**

La aplicación de las prácticas de incremento de valor en el proyecto nos da resultados medidos por la IPA en su base de datos de proyectos evaluados, como los de la figura 2.14. Su aplicación entre el 40 y el 60% de sus actividades ayudan mejorar el costo en el punto donde agregan mayor valor.



La aplicación óptima de VIP's se encuentra entre el 40 y el 60%.
 La aplicación de un porcentaje mayor no deriva en beneficios adicionales.

www.pemex.com

Fuente: Independent Project Analysis

Figura 2.14.- Prácticas de incremento de valor aplicadas. Un 40% al 60% de aplicación de las VIP ayudan a tener el mejor índice relativo del costo. Diplomado en administración de proyectos, PEMEX-BUAP, Modulo 1, (2014).

Las prácticas de incremento de valor (VIP) se describen a continuación.

1.- Selección de tecnologías.- Proceso formal para buscar tecnologías dentro y fuera de la industria y/o organización. Las tecnologías deben buscar ser superiores a lo existente en operación para asegurar que se las más competitiva en el logro de los objetivos. La innovación y la vanguardia deben ser definidas y buscar el equilibrio para que el riesgo de la nueva tecnología no provoque el fracaso del proyecto.

La estrategia definida por los dueños del negocio está en función de la competitividad y sobrevivencia en el largo plazo. Las decisiones en este punto tienen mayor impacto respecto al éxito financiero del proyecto.

2.- Simplificar los procesos.- Es una búsqueda de oportunidades de forma estructurada para mejorar procesos mediante eliminación o fusión de los mismos o cambios que mejoren la funcionalidad con costos de producción menores derivados

de mayor productividad y calidad. Aquí se puede lograr la optimización del uso de la energía, uso de recursos naturales como agua y/o aire.

3.- Clases de calidad en la instalación.- La calidad de la instalación será la necesaria establecida para cumplir las metas comerciales, tener la confiabilidad y la capacidad para futuras expansiones, cambios en la razón de producción contra tiempo, flexibilidad del producto cumpliendo los requerimientos del cliente interno o externo. La calidad en el diseño de la instalación es crucial en el largo plazo etc.

4.- Minimización de desechos.- Enfoque usado para minimizar la producción de productos y subproductos de desecho. Equipos y tecnologías adicionales de tratamientos de subproductos para reducir su generación.

5.- Evaluación de constructabilidad.- Revisión exhaustiva del diseño y como se afecta la eficiencia durante la construcción y posteriormente operación.

6.- Modelado de confiabilidad de procesos.- Es el uso de una técnica de simulación para analizar la viabilidad de operación de la instalación, su objetivo es identificar cuellos de botella, optimizar repuestos, dimensionar equipos y espacios para producción y de almacenes. El software especializado y consultorías mejoran el resultado final.

7.- Adaptación de normas y especificaciones.- Evaluar las necesidades reales de la instalación diseñada, agregando los costos relacionados con el cumplimiento de normativas aplicables que pueden hacer que se requieran instalaciones adicionales a las programadas.

8.- Mantenimiento predictivo.- Enfocar la instalación para la realización de mantenimientos previos a tener una falla. Este enfoque puede añadir equipos de evaluación y medición para la operación.

9.- Diseño a capacidad.- Un porcentaje de excedente en la capacidad de diseño en el equipo puede mejorar la seguridad y tener capacidad adicional futura.

10.- Optimización de la energía.- Una simulación metodológica para optimizar costos del ciclo de vida de la demanda de calor y energía del proceso. Su objetivo es

maximizar el retorno de la inversión al recuperar una fracción del calor y la energía usada en el sistema.

11.- Maqueta electrónica tridimensional.- El uso de diseño y dibujos asistido por computadora CAD durante la ingeniería detallada permite reducir errores dimensionales y conflictos de espacio que provoquen cambios en el diseño durante la construcción, este contribuye a la mejor visualización de datos para operaciones, mantenimiento y capacitación.

12.- Ingeniería de valor.- Es una metodología usada durante el diseño, este incluye especialistas en ingeniería de valor donde se eliminan artículos del proyecto no necesarios a las necesidades comerciales. Modificación de paradigmas que hagan el proyecto más rentable. Diplomado en administración de proyectos, PEMEX-BUAP, Modulo 1, (2014). Shlopach et Al. (2014).

2.4.- Formación de equipos para proyectos.

Los equipos de proyecto son lo más crucial al inicio de cualquier proyecto y deben formarse durante FEL y mantenerse durante la ejecución del mismo. Estos equipos son la clave para el éxito del proyecto al lograr incrementar la efectividad del costo al realizar proyectos más rápidos con mínimo de modificaciones.

Las características de un Equipo de Proyectos bien definido son:

- Claridad en los objetivos de proyecto.
- Director de proyectos con experiencia y autoridad.
- Representación funcional de los interesados claves en el proyecto.
- Responsabilidades y roles claramente definidos.
- Tener una guía del proceso de implementación clave.

EL sentido de los dueños del proyecto es clave para el éxito del mismo, las empresas deben retener ciertas personas con las competencias adecuadas dentro de la misma compañía durante la planeación y la ejecución.

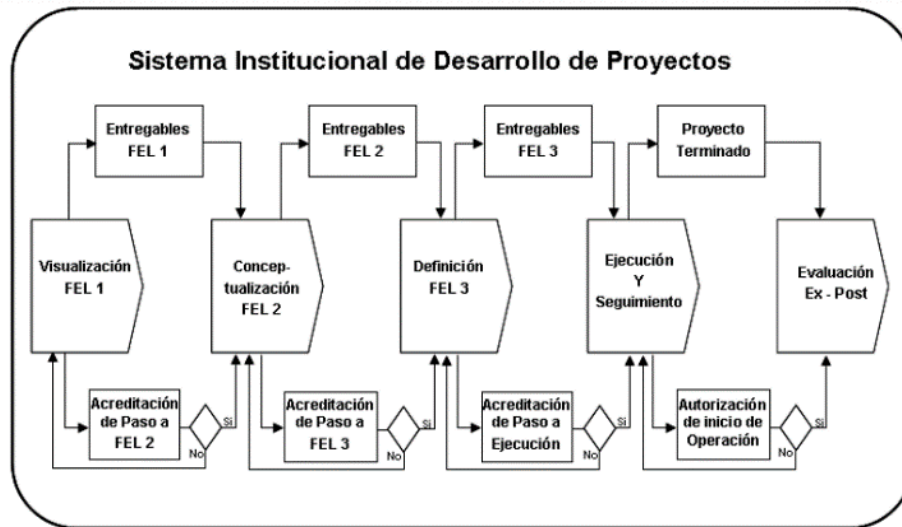
Los dueños del proyecto consideran como competencias clave las listadas a continuación:

- Convertir la propuesta de Investigación & Desarrollo u oportunidad de negocio en un proyecto.
- Formulación de casos de negocio.
- Costos estimados conceptuales (60/40).
- Diseño Conceptual.
- Medio ambiente y Análisis de Riesgos.
- Administración de compras y contratos.
- Administración del proyecto.
- Comisionamiento y arranque.
- Mejora continua.

Las habilidades que no se consideran claves son la Ingeniería de detalle y la Construcción. Tapia, C. (2004)

2.5.-Entregables de cada paso FEL para su evaluación.

En el modelo FEL se definen los documentos entregables que al ser revisados por los expertos y partes interesadas dan lugar a pasar a la siguiente etapa FEL del proyecto y finalmente a la ejecución de la obra. Un esquema de modelo es el sistema integral de desarrollo de proyectos (SIDP) de PEMEX el cual muestra en la figura 2.15 un esquema de aprobación de cada etapa FEL.



**Figura 2.15.- Modelo del SIDP de PEMEX para la elaboración de proyectos.
Diplomado en administración de proyectos, PEMEX-BUAP, Modulo 1, (2014).**

Las actividades principales y entregables en el **FEL** se describen a continuación:

FEL I.- Se Evalúa la congruencia entre la factibilidad técnica, económica y la oportunidad de inversión.

Sus actividades principales son:

- 2.4.1 Definición del proyecto y su factibilidad como negocio.
- 2.4.2 Integrar al equipo de proyecto y definir las funciones principales. En esta fase se determinan las partes interesadas y se desarrolla el plan del proyecto con tiempos definidos y el Plan de administración del proyecto.
- 2.4.3 Diseño propuesto y análisis para su construcción.
- 2.4.4 Se determinan las bases de cada usuario.
- 2.4.5 Se determinan los objetivos del proyecto su prioridad y su alineación al negocio. Se definen las actividades y secuencias, se estiman los recursos y la duración de cada trabajo con sus tiempos.
- 2.4.6 Buscar alternativas viables al mismo proyecto.
- 2.4.7 Analizar y definir el lugar de realización del proyecto.
- 2.4.8 Establecer el estimado del costo del proyecto clase V (+50% / -30% el costo total).

2.4.9 Redactar el caso del negocio y programa de instalación propuesto.

2.4.10 Aprobación de entregables del FEL I.

En la etapa FEL II.

2.4.11 Desglosar la estructura de los bloques de trabajos del proyecto.

2.4.12 Definir el programa preliminar del proyecto y los esquemas de reporte durante el desarrollo del mismo. Plantear los recursos humanos necesarios para realizar la actividad en función de la estructura de bloques de trabajo.

2.4.13 Desarrollar la ingeniería básica y de detalle del proyecto en el sitio propuesto.

2.4.14 Verificar los estimados de costos.

2.4.15 Determinar el análisis de riesgos para el costo, tiempo, el personal y medio ambiente.

2.4.16 Determinar la fase de ejecución e impacto al medio ambiente.

2.4.17 Definir y validar los entregables del proyecto de la etapa FEL II con el alcance definitivo y plan de instalación con fechas.

2.4.18 Definir los administradores de proyectos entrenados en la metodología FEL para dar seguimiento al proyecto durante la siguiente fase.

2.4.19 Elaborar y comunicar la etapa FEL II para el caso de Negocio a las partes interesadas.

La realización de todas estas actividades en el proyecto de FEL son las que van integrando los entregables de todo el proyecto para evitar desviación en los planes de trabajo para llevar a buen término el proyecto.

2.6 Costos en FEL

Los costos en FEL se manejan de acuerdo a la precisión de los mismos, en la etapa FEL I se maneja un costo tipo V que es el que tiene mayor estimación. en la etapa FEL II se maneja un costo Clase IV o Clase III (+35% / -20%) que tiene los equipos de mayor valor cotizados con una aproximación buena, en FEL III se tiene un costo tipo Clase III o Clase II que es el más aproximado antes de iniciar la ejecución. El costo Clase I es el real durante la ejecución del proyecto y este se compara con el de Clase II para determinar la buena planeación y las desviaciones posibles durante la ejecución del estimado de costo original.

2.6.1 La desviación de costos.

De acuerdo al estimado por clase, la desviación de los costos en los proyectos y una comparación se presentan en la Figura 2.16

Clasificación de estimados de costos internacional de la Asociación Internacional para avances de Ingeniería de costos (AAACE)					
Construction Industry Institute (CII SD-6) y lineamientos de PEMEX.					
			AAACE (18R-97)	Construction Industry Institute (CII SD-6)	Lineamientos Pemex
Estimados por clase	Nivel de definición del proyecto (%)	Propósito del estimado preliminar	Rango exactitud(%)	Rango exactitud(%)	Rango exactitud(%)
Clase 5	0 a 2	Evaluación conceptual	-50 a +100		-30 a +50
Clase 4	1 a 5	Estudio de factibilidad	-30 a +50	+ -30 a +50	-20 a +35
Clase 3	10 a 40	Autorización de presupuesto o Control	-20 a +30	+ -25 a +30	-15 a +25
Clase 2	30 a 70	Control o licitación	-15 a +20	+ -10 a +15	-10 a +15
Clase 1	50 a 100	Estimado verificado o licitación	-10 a +15	+ - <10	-5 a +10

Figura 2.16.- Desviación esperada en los estimados de costo. Construction Industry Institute (1998).

El estimado del costo en un proyecto se cuantifica en la cantidad de información disponible, costo conocido y cuantificable, costos conocidos pero no cuantificables y los costos aun no reconocidos. En la figura 2.17 se observa que el costo de clase V es la base para la toma de decisiones y ver si se contrata o no la ingeniería. Las actividades de procura ayudan para terminar la ingeniería de detalle al tener el costo exacto de los equipos. Los estimados de costo de los proyectos se van revisando para

calcular su desviación. Hay que medir y controlar el proyecto después de las etapas FEL.

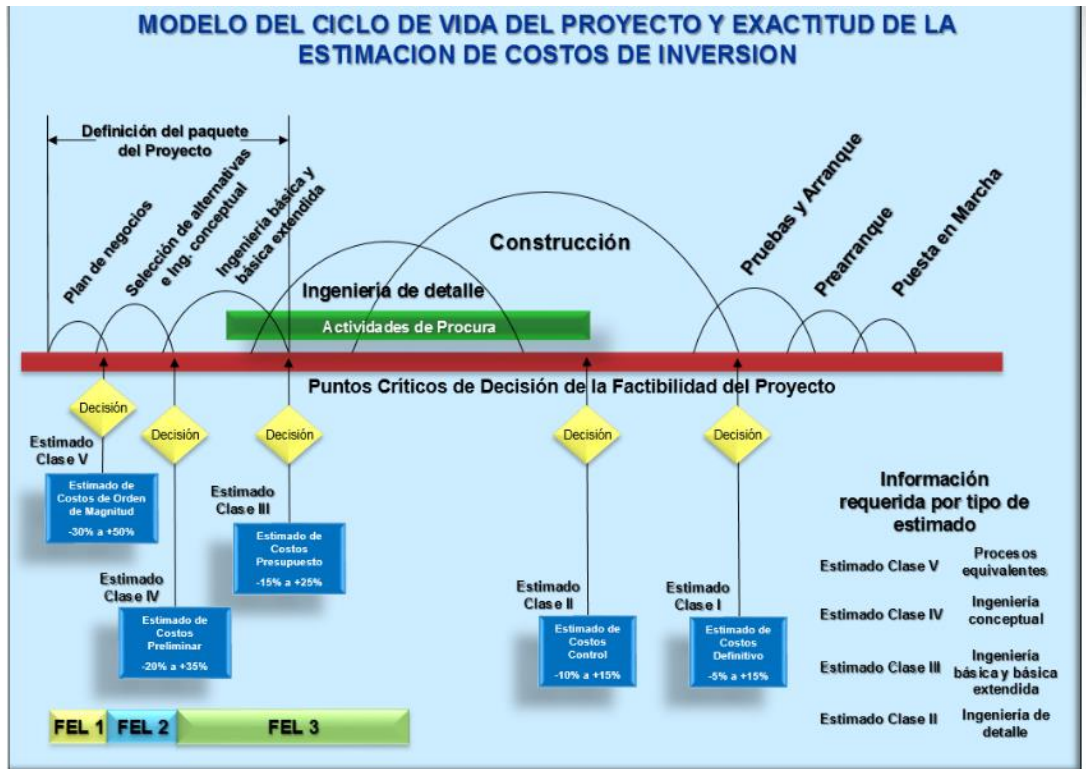


Figura 2.17.- Exactitud de la estimación de costos de inversión en un proyecto apoyado en etapas FEL. Diplomado en administración de proyectos, PEMEX-BUAP, Modulo 3, (2014).

2.6.2 Tecnologías de la información para el desarrollo de proyectos.

Para una mejor estimado del costo ya se tienen herramientas disponibles en el mercado donde se pueden usar el Simulador de proceso (HYSYS o ASPEN plus), el sistema integral de ASPEN (Capital Cost Estimator); el catalogo GEN, el Sistema Neodata, Questor OFFshore (plataformas petroleras), Cristal Ball, software Primavera, Bases de datos de cotizaciones de equipos y materiales, horas hombre promedio de Ingeniería, Estudios e Inflación.

El uso del *ASPEN Cost Estimator* es el mejor desarrollado del mercado, emplea características del proceso o del equipo principal y auxiliar y calcula el costo en función del tamaño definido en el alcance para proyectos medianos a grandes.

Otros métodos más comunes son las **Bases de Datos de Costos** del pasado donde si el equipo es similar puede calcularse una aproximación usando herramientas de ajuste por inflación o tiempo.

Se deben incluir los precios de acuerdo a los aranceles si es de importación el equipo y los fletes de acuerdo al lugar de origen.

La estructura del precio debe contemplar además del costo directo que se compone de los materiales, la mano de obra y las máquinas y herramientas necesarias para el trabajo se debe incluir un costo de sobreprecio o sobre costo que son los costos indirectos como mantener la oficina, costos de financiamiento y las utilidades de proveedores y del negocio y permisos o impuestos y derechos adicionales.

En los materiales se debe considerar un porcentaje de desperdicio y la depreciación y /o el consumo de herramienta y maquinaria, equipo de seguridad personal y consumibles.

2.6.3 Administración del riesgo por el uso de la metodología FEL.

Costos por contingencias se calculan usando software especializado de análisis de riesgos como el método de Montecarlo que estima desviaciones posibles del costo de acuerdo a la información técnica disponible en ese momento y el pronóstico de variables externas macroeconómicas que afectan el costo.

Las variables macroeconómicas durante el periodo de ejecución del proyecto deben ser evaluadas como el tipo de cambio, pronósticos de las bolsas de valores, Tasa interbancaria de equilibrio (TIEE) y la inflación de México y de los Estados Unidos.

El costo por la administración del dueño del proyecto también es un costo que debe ser integrado al costo del proyecto. Este número debe ser definido por los dueños

para calcular las rentabilidades del proyecto y definir su viabilidad. Diplomado en administración de proyectos, PEMEX-BUAP, Modulo 3, (2014).

2.7 Aplicación de la metodología FEL a un proyecto en una empresa en Puebla como modelo de mejora a la metodología en proyectos.

Los proyectos dentro de la unidad de negocio de la empresa en Puebla se llevan a cabo de acuerdo a la experiencia de los ingenieros involucrados en el mismo pero no se tiene una metodología alineada 100% a ninguna propuesta de las mejores prácticas de la industria, los años dedicados a la instalación de maquinaria y equipo para realizar el producto ha generado una experiencia muy particular dentro de la empresa y esa metodología es usada para completar las propuestas y los proyectos de inversión.

En la figura 2.18 se puede ver el modelo actual de administración de proyectos y donde se pueden colocar las compuertas de aprobación de FEL para seguir esta metodología.

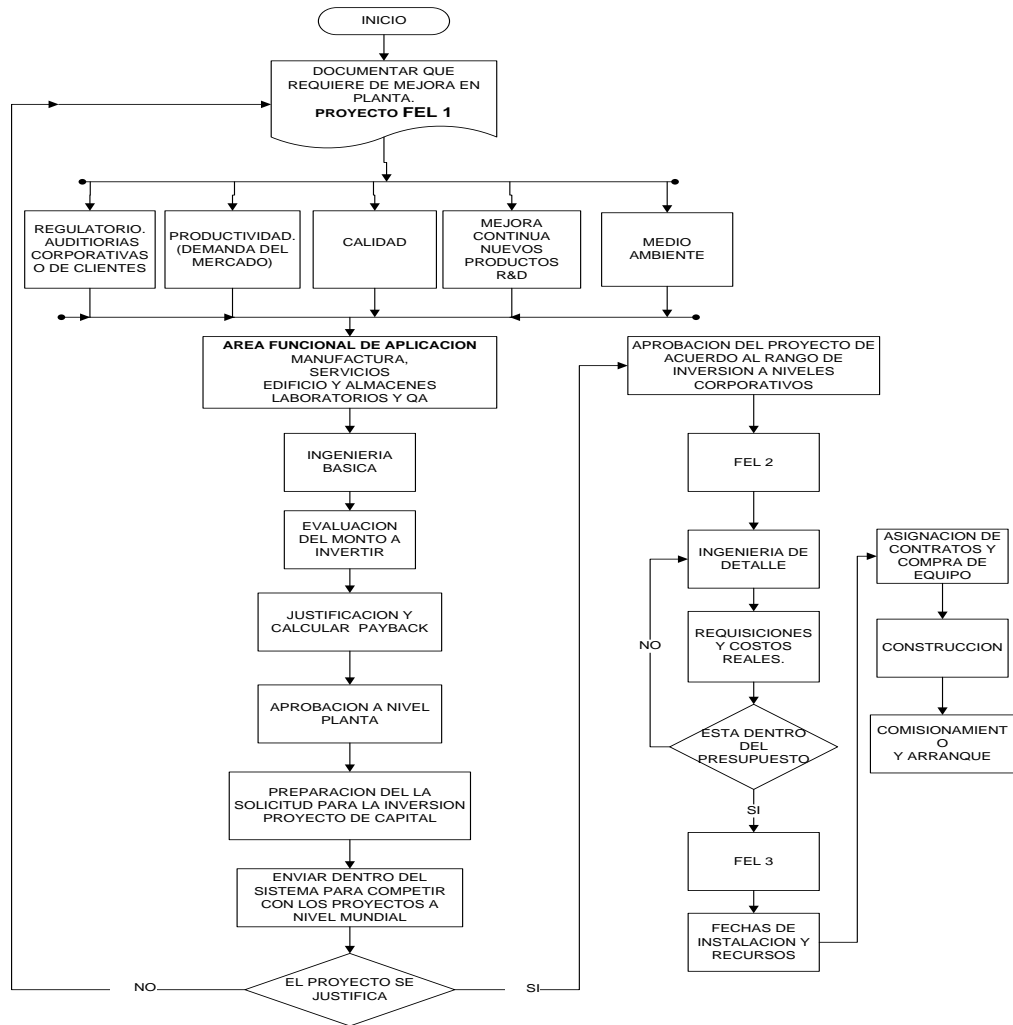


Figura 2.18.- Modelo actual de administración de proyectos incluidos las compuertas FEL.

La propuesta es presentar un modelo de trabajo que incluya la metodología FEL I y FEL II para desglosar con un ejemplo las actividades para desarrollar el proyecto.

Capítulo 3.- Aplicación de FEL I y FEL II

3.1 FEL I en el proyecto de reciclaje de un polímero en una empresa de Puebla.

La definición de un proyecto, desde la formación del equipo de trabajo principal hasta que la aprobación de los fondos para la inversión es lograda, es lo que se llama el proceso FEL (*Front End Loading*).

Aunque en la actualidad pocos directores de proyectos no consideran el proceso FEL como muy importante, su inexperiencia para la administración estructurada de las fases de un proyecto usando este procedimiento, ha ocasionado fallos importantes para lograr una conclusión exitosa. Merrow, E. (2011).

FEL es el núcleo del trabajo de los equipos de proyectos previo a la autorización. El proceso de trabajo está dividido típicamente en etapas con una pausa entre ellas para la evaluación y decisión sobre seguir adelante o no. Cada etapa debería examinar los aspectos económicos, de negocio y los aspectos técnicos del Proyecto en ese momento. A los puntos de decisión se les denominan como compuertas. Una interpretación básica se puede observar en el esquema siguiente:

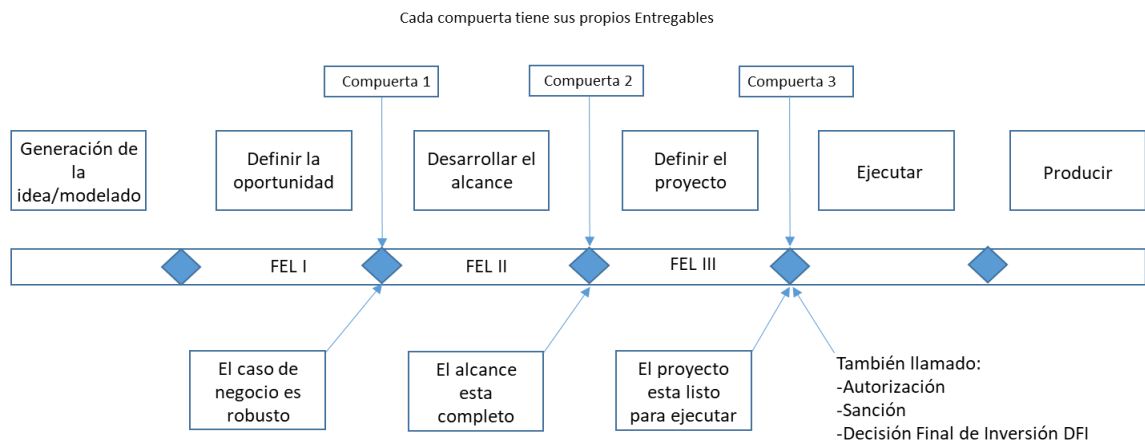


Figura 3.1. Procesos por etapas. Cada Compuerta resuelve diferentes problemas.

Merrow, E. (2011).

La definición de 3 compuertas es lo mínimo propuesto para un proceso coherente, en la primera el caso de negocio puede ser analizado y evaluado, en la segunda compuerta el alcance es definido y las implicaciones evaluadas y la última compuerta que conduce al compromiso de obtener los recursos financieros para la ejecución.

Las compuertas funcionan principalmente para propósitos del negocio, aunque los soportes sean enfocados a ingeniería. El propósito de negocio es permitir revisando los puntos en el desarrollo del proceso a tomar decisiones de parar, reciclar o proceder.

El proyecto sin las compuertas en una combinación de proceso negocio-ingeniería que comience con un enfoque cargado hacia el negocio y adquiera la parte de enfoque de ingeniería en el camino, puede permitir que los ingenieros adelanten compuertas y sigan un proceso sin la integración y valoración adecuada, este modo tiene alta probabilidad de resultar en un desastre para el negocio.

Es muy importante para la salud del programa de capital del negocio que esos puntos de decisión en términos del desarrollo de proyectos sean igual para cada proyecto de capital llevado a la compuerta de evaluación. Sin la aplicación general de FEL para todo proyecto en cada etapa de decisión, el control efectivo del portafolio de capital no es posible.

Cada diferente etapa de FEL provee diferentes niveles de confiabilidad en costo, programación, y logro de la producción.

En el formato de 3 fases de la figura 3.1. La primera etapa está diseñada para producir la inspección y evaluación de la salud del caso de negocio para el proyecto de capital. Merrow, E. (2011). La forma como la IPA evalúa FEL I se muestra en la figura 3.2.

FEL I.- Evaluaciones e Índice

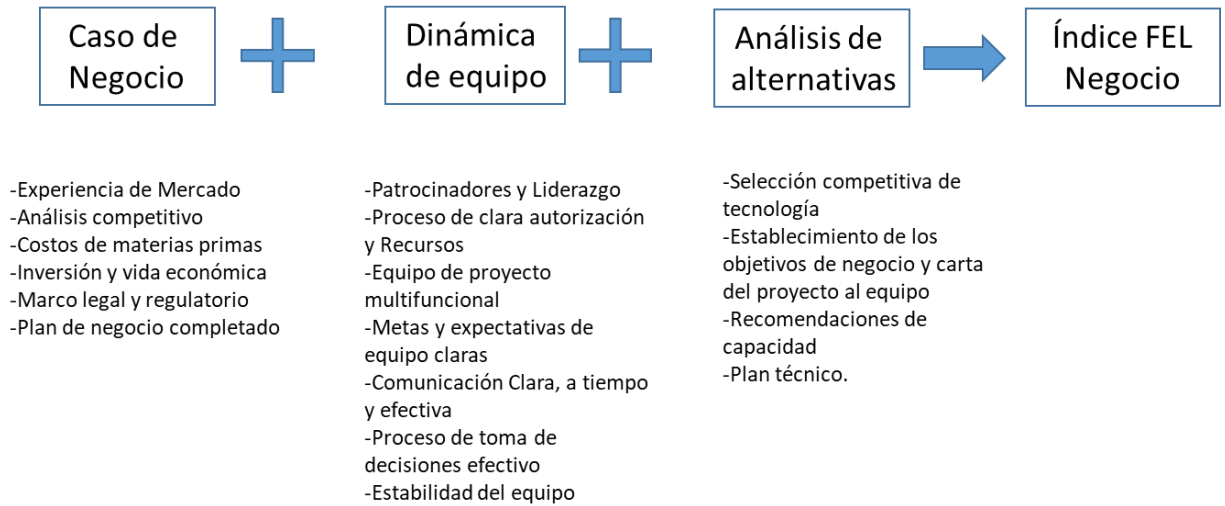


Figura 3.2.- FEL I es sobre el caso de negocio. Merrow, E. (2011).

Cada categoría se evalúa en base a un número definido de preguntas, los puntos de cada punto es sumado a la puntuación de cada área principal, El índice es una buena predicción de la razón del valor presente neto alcanzado después de 30 meses (para megaproyectos) para llegar a la autorización de los recursos financieros. En los proyectos el intercambio dinámico de información y colaboración entre lo que modelan en proyecto y los que realizan el alcance técnico es definitivo para el éxito del proyecto.

La estimación de costos debe tener bases fundamentadas debido a que los preliminares en esta etapa normalmente quedan bajos. La mejor aproximación es tomar proyectos similares ya realizados con costos con base a la unidad de producción de salida. Ejemplo, cuanto capital se invierte por barril de petróleo en proyectos de similar tamaño.

Desafortunadamente la compuerta 1 en el proceso FEL es la más débil en la mayoría de las organizaciones, muchos proyectos pasan sin demasiada evaluación. Esto hace

que los proyectos se generen realmente en FEL II, el cual consume la mayoría de las personas técnicas creativas de la organización.

Debido a que, muchas ideas son débiles en la compuerta 1, se realiza mucho trabajo que no conduce a término de un proyecto si la evaluación de compuerta 1 no es buena. Muchas ideas se convierten en proyectos reales, pero es recomendable tener estándares estrictos en la compuerta 1 para que sea significativa su utilización.

Adicionalmente muchos proyectos cuando entran a FEL II (desarrollo del alcance) con una gran cantidad de opciones posibles los resultados no se alcanzan en el plazo fijado. Los proyectos con casos de negocio débiles tienden a tener gran presión para bajar los costos durante FEL III que lleva en muchos casos a la falla del proyecto.

Muchas veces los casos de negocio débiles están asociados a programas de instalación agresivos debido a que los programas de instalación agresivos muestran flujo de efectivo que aparentan ser buenos. Merrow, E. (2011).

FEL I Es el planteamiento de la factibilidad técnica, económica en función de la inversión requerida para el proyecto de reciclaje de polímero. La pregunta que principalmente debe responderse en esta etapa es ¿Vale la pena la inversión y el esfuerzo en este proyecto? El proyecto de recuperación de polímero planteado en el presente documento si tiene factibilidad técnica y una recuperación económica para su realización, en el punto 3.1.3 y hacia adelante se realiza todo el trabajo de desglose para realizar la etapa de evaluación del FEL I. El proyecto será tan bueno como el resultado de la planeación con la metodología FEL. Esta etapa preliminar nos dará la información para el éxito en términos de costo, retorno de la inversión y desempeño del sistema durante su construcción y posterior operación. En este proyecto de recuperación de polímero la justificación para proceder con FEL I proviene del estudio de la cantidad de material con posibilidad de recuperación, con el costo esperado de dicha recuperación se puede calcular un retorno de inversión adecuado al costo del

proyecto. El proyecto para justificar su aprobación debe tener una tasa interna de retorno mayor al 20%.

Cada etapa de FEL se presenta a las partes interesadas para lograr la aprobación de las mismas basadas en el índice siguiendo el esquema de la figura 3.2.

3.1.1 Descripción del proyecto y factibilidad como negocio.

El producto fabricado con el polímero usado para este proyecto va directo al mercado, el convertir la mayor cantidad de materia prima mejora los índices del negocio y abate los costos operativos y de producción. Las ventas del mismo están creciendo cada año a un ritmo de 10% anual, lo cual coloca a la capacidad del negocio en un proceso de expansión y optimización del proceso actual.

El proyecto consiste en recuperar un polímero derivado de Metilcelulosa que queda adherido durante la fabricación a las paredes del equipo donde fue manufacturado como el tanque, tuberías, bomba e intercambiador de calor.

Su limpieza por escurrimiento simple no es posible debido a la viscosidad que tiene y esto a su vez requiere una cantidad de tiempo importante para escurrir hacia los tanques. Este tiempo es mayor a 40 minutos lo que afecta la disponibilidad del sistema de preparación para realizar el siguiente lote de producción. La cantidad de material requerido por día no permite tener un tiempo de escurrimiento mayor a 15 minutos dentro del tiempo de utilización del equipo.

Propiedades del material a remover: El polímero tiene viscosidad aproximada de 2000 centipoises, es soluble en agua fría y se puede desprender como un sólido en suspensión con agua caliente debido a sus características fisicoquímicas.

La longitud de las tuberías del sistema es de aproximadamente 20 metros en un diámetro de 3 a 4 pulgadas, el intercambiador de calor tiene una gran número de placas mayor a 100 piezas por donde pasa el material y ahí queda adherido. El tanque

de preparación tiene al final una película de polímero adherido a las paredes que también se considera remover con este proyecto.

Los análisis de laboratorio del agua de enjuague para cuantificar la cantidad de polímero residual en el sistema nos arroja aproximadamente 6 kg de polímero sólido seco por cada ciclo de preparación.

El costo del polímero es de aproximadamente \$10 USD (\$200 MXP si consideramos el valor de \$1 USD = \$20 MXP) por Kilogramo seco. Esto nos da un cálculo de \$60 USD (\$1200 MXP) por ciclo de preparación.

De la revisión de la frecuencia que se realiza este ciclo de producción por día con el personal de operaciones nos da un numero de mínimo 5 veces al día.

El cálculo para determinar el costo del material que se va al drenaje es de \$60.00 USD por los 5 ciclos da un total de \$300.00 USD (\$6,000.00 MXP) al día.

En una operación estimada anual de 300 días se convierten en \$90,000.00 USD/ año (\$1,800,000.00 MXP por año). Esta cantidad de dinero que puede ser recuperada del sistema como materia prima y reutilizada en el siguiente ciclo genera un ahorro a la empresa anual en costo de fabricación. García, I. (2013).

Adicionalmente la cantidad de agua usada por ciclo de limpieza es de 1,000 litros aproximadamente por ciclo, por lo que por día en 5 ciclos es de 5,000 litros de agua. La concentración de solido en el agua es de 6 kg secos de polímero en 1,000 litros de agua contribuyendo con 6,000mg/litro por ciclo al sistema de agua residual (30 kg aproximadamente de residuos sólidos por día que requieren un proceso en la planta de tratamiento de agua.

3.1.2 Integración al equipo de proyecto y definición de sus funciones principales.

Después del análisis inicial el proyecto tiene de manera general viabilidad técnica y económica se integra al equipo de proyecto para la etapa de FEL I el cual para este caso particular lo integraran los siguientes puestos:

Patrocinador del proyecto: Director de la unidad de negocio y coordinador de las autorizaciones de la alta dirección a nivel global y representante de los inversionistas y grupos de interés. El patrocinador ve la factibilidad económica y/o de mercado del producto o servicio y los beneficios de corto y largo plazo para la organización al completar este proyecto.

Líder del proyecto: Administrador funcional o Gerente de proyectos del área donde se va a instalar la modificación, quien define la información técnica preliminar y recopila la información que será la base para que el patrocinador en base a la evaluación de la compuerta de FEL I autorice pasar a FEL II en camino a la realización del proyecto.

Especialista en Instalaciones mecánicas: Ingeniero del área mecánica. Es responsable de analizar el equipo mecánico requerido, las actividades de mantenimiento durante la instalación y operación, espacios y análisis estructural que minimicen el riesgo.

Especialista en Instalaciones eléctricas: Ingeniero del área eléctrica- electrónica. Es responsable de analizar las cargas eléctricas de los nuevos equipos y el análisis de los diagramas de conexiones de las unidades adicionales al panel de control y al Controlador Lógico Programable (PLC).

Especialista en Control de Costos de proyecto: Jefe del área de proyectos. Es responsable de coordinar la preparación de las requisiciones de compra de equipo y revisar las cotizaciones para que el equipo propuesto cumpla con los básicos de la operación del equipo.

Especialista en Compras de materiales: Comprador de materiales. Los materiales deben comprarse con la mejor opción de calidad y costo de manera coordinada con el líder y el especialista en el costo. Los recursos de un proyecto son limitados y para que se realicen se deben de cumplir todas los requerimientos funcionales determinados por el equipo de proyecto.

Especialista en Compras de Mano de obra y Ejecución: Comprador para contratación de mano de obra. Es responsable de contactar a compañías externas contratistas con las habilidades y la estructura organizacional para la instalación de los elementos mecánicos, eléctricos, obra civil, sistemas de tecnologías de la información y lograr una licitación adecuada para tener la mejor calidad al mejor costo.

Especialista en Servicios Generales: Líder del área de servicios generales. Es responsable de tener la información de los requerimientos de los nuevos equipos o proceso para determinar si la capacidad de la unidad de negocios actual es suficiente en servicios como vapor, aire comprimido, energía eléctrica, áreas estructurales dentro del edificio para mantener la operación del sistema en el largo plazo.

Especialista en calidad: Gerente de Calidad o Ing. de calidad del sitio. Es responsable de verificar la calidad de la instalación así como definir las verificaciones de calidad del producto fabricado en la instalación nueva o modificada. Proporciona información adicional sobre regulaciones que apliquen para el producto o servicio en los materiales a usar para la fabricación y del producto. Coordina el análisis de riesgo al producto debido al cambio en el proceso. En este caso se utilizara la herramienta AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Falla) para tener la evaluación del riesgo como producto.

Especialista de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente y análisis de Riesgos: Jefe de seguridad, Higiene y Medio Ambiente. Es responsable de verificar que la nueva instalación cumpla con la normatividad de higiene y medio ambiente, que la instalación del equipo se realice con la seguridad adecuada para el personal que sigue

operando y el personal contratista que labore en el área de trabajo durante la instalación. Proporciona los lineamientos para los análisis de riesgo de la instalación y operación del sistema. Utilizará la herramienta AMEF para detectar los riesgos y la manera de realizar el control.

3.1.3 Diseño propuesto y análisis para la construcción.

El proyecto de recuperación consiste en un sistema interconectado al sistema de preparación de materia prima líquida para recuperar el agua de enjuague del equipo de preparación y conservada en espera hasta iniciar con un nuevo ciclo de preparación.

La secuencia del ciclo propuesto es la siguiente:

- i) Al término de vaciar el polímero del tanque de preparación solo quedan residuos en las tuberías y equipo auxiliares.
- j) Se realiza la adición de agua para proceso en una proporción suficiente para lograr la recirculación y remoción del residuo en tuberías y equipos.
- k) Se recircula durante un tiempo razonable para remover los residuos sólidos del polímero.
- l) Se drena el agua con el sólido disuelto del tanque principal y se envía al tanque colchón.
- m) En el tanque colchón permanece hasta que es requerido para el siguiente proceso.
- n) Al requerirse para el siguiente ciclo el agua con el material residual en mezcla del tanque colchón debe de bombearse al tanque de preparación.
- o) Se procede a preparar la siguiente carga de la manera descrita en la figura 3.3.

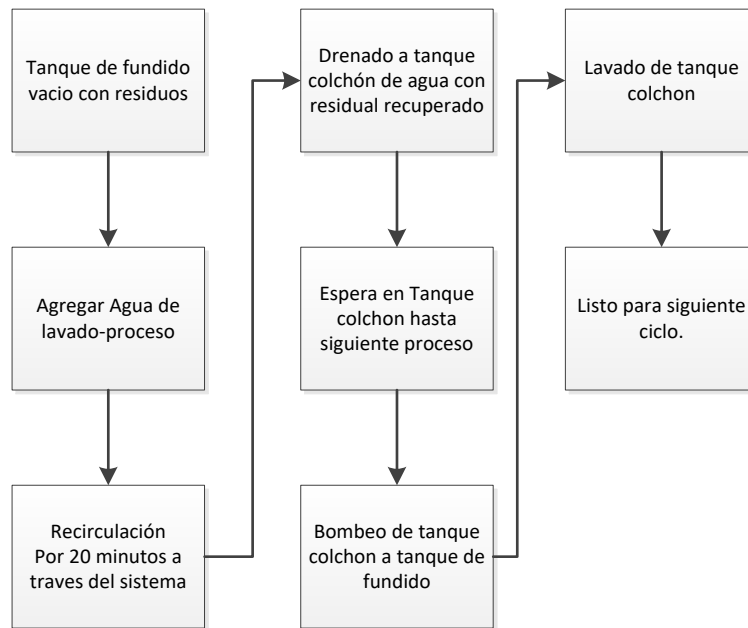


Figura 3.3. Diagrama de bloques de la operación del sistema para recuperación de polímero líquido.

3.1.4 Bases de cada usuario.

Patrocinador del proyecto: Director de la unidad de negocio.- Para el patrocinador es importante que el proyecto se pueda concluir en la fase de planeación FEL, se logre su instalación y cumpla con el propósito de su realización. En este proyecto la recuperación del polímero residual de las líneas de proceso y el ahorro que puede obtenerse con la instalación del sistema al recuperar polímero para reúso lo hace muy atractivo ya que mejora los costos de fabricación. A su vez la cantidad de dinero que se puede recuperar hace viable este proyecto y puede competir con otros proyectos dentro de la organización. Desde el punto de vista financiero la tasa interna de retorno de la inversión (TIR) no debe ser menor a 20% para poder aprobar la construcción.

Líder del proyecto: Una de las características principales que revisa en el proyecto, es que pueda construirse en el sitio sin problemas mayores o bloqueos significativos a la producción actual. Si esto es no es posible, en el tiempo de mantenimiento del

sistema puede usarse para realizar las interconexiones e instalaciones necesarias bajo un plan. El tiempo de instalación del proyecto no debe ser mayor a un año para proyectos que no rebasan el monto de 1 millón de USD. Es la persona que conjunta al equipo así como partes interesadas para que el proyecto tenga seguimiento y concluya de acuerdo al plan. El tiempo de instalación no debe ser mayor a un año calendario del arranque del proyecto. La operación de la unidad de negocio no debe verse afectada para no perder la productividad de los sistemas que no sean intervenidos mientras se realizan los trabajos de instalación. Da seguimiento al plan de instalación y avisa a las partes interesadas de los avances. Mantiene estrecha comunicación con el personal que realiza las actividades y con personal de compras, para verificar que las piezas delicadas se puedan conseguir sin problema o bajo un esquema de tiempo de entrega adecuado.

Especialista en Instalaciones mecánicas: Verifica las características físicas de los equipos como dimensiones y peso y los materiales de los que están construido. Los equipos no deben tener pesos mayores a los que puede soportar la estructura civil del edificio ni rebasar el volumen del espacio destinado a la instalación en este caso es de 225 metros cúbicos.

Los equipos deben ser de fabricación reciente y deben tener el respaldo de una compañía sólida para la compra de refacciones con el paso del tiempo.

Los materiales deben ser de una calidad que prevenga la corrosión de las sustancias que usaran en el mismo y que no se contaminen y deben tener materiales que no dejen residuos que puedan mezclarse con el producto si estos materiales están en contacto con el mismo.

Especialista en Instalaciones eléctricas: Sus actividades es verificar que los equipos eléctricos sean evaluados en sus consumos, ya que no deben usar más de la capacidad instalada en los sistemas instalados actualmente, o en su defecto dejar ver en el proyecto que se requieren unidades nuevas o adicionales para la operación del

nuevo equipo, ejemplos el transformador, el consumo de amperaje y Kilowatt-hora, la potencia del equipo, normalmente se realizan diagramas unifilares específicos donde se verifica que cumpla con la normatividad vigente en instalaciones eléctricas.

Todo el cableado debe cumplir las normatividades vigentes y se debe de realizar un estudio al terminar el proyecto por una unidad de verificación de instalaciones eléctricas.

Los componentes electrónicos deben cumplir con los requisitos determinados y cubiertos satisfactoriamente por el fabricante y una propuesta de desecho o reciclaje al finalizar la vida útil del mismo.

No deben tener o manejar materiales que sean nocivos a las personas o el medio ambiente como asbestos o químicos prohibidos por las legislaciones en ningún componente o ser mezcla de ningún componente.

Especialista en Control y Costos de proyecto: El costo del proyecto en su totalidad no debe rebasar los montos planeados por rubro, por lo que se debe apegar al plan de inversión y de instalación para evitar que los trabajos rebasen los montos acordados, se deben incluir montos para imprevistos durante la planeación del mismo para el tiempo de la ejecución. Los pagos deben ser ejecutados de acuerdo al avance del proyecto contra inspección de los especialistas de la construcción y control de avance de la obra. En caso de algún problema que no se tenía en la planeación se deberá hacer la evaluación del problema y determinar si el proyecto debe ser reevaluado para su continuación o cancelación. En este proyecto en particular se deben contemplar los costos de la transportación del equipo, impuestos y aranceles del mismo.

Especialista en Compras de materiales: El Comprador de materiales debe de realizar las negociaciones correspondientes con los proveedores del equipo para los proyectos, la puesta en el lugar de uso incluyendo los fletes impuestos y aranceles que apliquen al mismo, la planeación de las fechas de entrega por parte de los proveedores para que los cronogramas no se vean afectados por tener que detener

la construcción o instalación del proyecto por demoras en el proceso de fabricación de los materiales y equipos necesarios en el proyecto.

Especialista en Compras de Mano de obra: El comprador para contratación de mano de obra debe asegurarse que la compañía o compañías realicen una licitación acorde al tamaño del proyecto y tiempo de ejecución y tenga al personal calificado para la instalación. Normalmente las compañías de instalación tienen especialistas que son los que se encargan de tener al personal calificado de realizar las operaciones durante la construcción del proyecto. El poner varias compañías a competir permite que se tenga un precio justo al momento de la licitación y fomentar la sana competencia entre compañías. En este proyecto se les solicitan constancia de habilidades emitidas por autoridades reconocidas o la secretaria del trabajo. Esto se aplica para los trabajos de soldadura y pailería.

Especialista en Servicios Generales: Líder del área de servicios generales debe de verificar que los equipos nuevos estén acordes con el edificio y al área donde se instalaran cumpla con las regulaciones y normatividades de construcción, que los equipos que se usaran para dar el servicio a los nuevos equipos estén dentro de la capacidad de los equipos ya instalados, si no, debe promover la instalación de capacidad adicional previa a la terminación del proyecto. Los almacenes o áreas de almacenaje deben estar bien definidas y delimitadas para evitar espacios desperdiciados o espacios demasiado pequeño.

Especialista en calidad: El líder de calidad del sitio debe de verificar que la calidad de la tecnología usada y el proyecto no afecten la calidad posterior de los productos fabricados con el resultado del proyecto. Un análisis de los resultados esperados del proyecto deben de dar la pauta a poder autorizar la instalación del equipo.

Especialista de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente y análisis de Riesgos: El Jefe de seguridad, Higiene y Medio Ambiente debe de asegurar que el espacio para realizar las operaciones y las instalaciones sea suficiente y que cumpla toda la normatividad

aplicable para la instalación de maquinaria y equipo, así como verificar cuales son los permisos necesarios para proceder a la instalación. Los residuos probables y de su disposición de manera adecuada. Debe verificar que no se rebase la capacidad instalada de equipos como plantas de tratamiento de agua. Debe verificar con el líder eléctrico-electrónico que las instalaciones estén dentro de la norma y no se rebase de ninguna manera la capacidad eléctrica instalada. En este proyecto hay una mejora al ahorro de agua que puede cuantificarse como resultado del mismo.

3.1.5 Objetivos del proyecto, prioridad y alineación al negocio.

El objetivo del proyecto es recuperar el remanente de polímero en las tuberías y equipos del sistema donde fue preparado para poder reciclarlo mezclándolo con materia prima en el siguiente ciclo de preparación del polímero.

El material recuperado en Dólares americanos estimado es de \$90,000.00 dólares al año en lugar de dejarlo pasar como un desperdicio.

La recuperación de este material está alineado con las iniciativas del negocio de reducir el costo operativo de la preparación de materia prima al evitar el desperdicio. Asimismo está alineado con los ahorros el cuidado del medio ambiente, al desechar menor cantidad de solidos al agua residual que causan un aumento en el parámetro de demanda química de oxígeno.

La prioridad está en función de los proyectos del año en curso, pero por la cantidad de dinero potencial que se puede recuperar anualmente y con el cálculo del retorno de la inversión el proyecto es viable para su realización al momento de aprobar las etapas FEL.

3.1.6 Alternativas viables al proyecto en operación y tecnologías.

Alternativa 1: No realizar el proyecto.

Las alternativas probables se tenían en el tiempo adicional utilizado para el drenado del polímero de las líneas del equipo de preparación, pero puede pasar más de 40 minutos y aún siguen escurriendo polímero líquido del sistema.

Debido a la necesidad operativa de volver a arrancar el equipo para el siguiente ciclo una vez vacío el tanque principal se deja material remanente en el sistema que es removido en el ciclo de limpieza y esos residuos enviados al drenaje. Por lo que esta propuesta alterna queda descartada.

Alternativa 2: Realizar este proyecto propuesto con la instalación de un tanque de captación de polímero previamente removido con agua de proceso caliente de las tuberías e intercambiador de calor, mantenerlo a temperatura de 80°C, permitir que se termine de lavar el tanque de proceso y en el siguiente ciclo de preparación de polímero reenviar nuevamente el polímero mezclado con agua al tanque de proceso. Esta alternativa requiere de un tanque de almacenamiento de aproximadamente 400 litros de fabricación en acero inoxidable colocado en el área de mantenimiento y equipos de los tanques de preparación, interconectado con tuberías y válvulas en acero inoxidable 316 para el manejo del producto de forma que no se contamine desde el punto de vista de otros componentes y bajo en riesgos de contaminación por microbiología. La tecnología será interna, revisada por el grupo de la empresa responsable del proyecto. La parte de la automatización la realizara el ingeniero responsable de programación que tiene la empresa en Los Estados Unidos de América (USA).

Los equipos requeridos como la bomba de transporte del líquido y las válvulas se cotizaran de manera local donde el mejor costo-calidad sea lo requerido en el proyecto.

Alternativa 3.- Realizar una limpieza del equipo de proceso y someter a un proceso de filtración el polímero para separarlo del efluente, posteriormente llevarlo a un proceso de secado para recuperar el sólido, pulverizarlo nuevamente y tenerlo listo en hojuela o en polvo para su reúso. Este sistema al tratar de secarlo completamente el costo del secado y el pulverizado hace que esta alternativa aunque posible sea de un costo mayor a la alternativa no 2.

Alternativa 4.- Realizar la limpieza del equipo de proceso y vender a una compañía externa que pueda tratarlo y separarlo del agua de limpieza realizando un cargo al negocio. Esta opción puede verse viable desde el punto de vista de disminución del agua con residuo, pero la adición de costo al realizar este tratamiento lo hace más costoso que la alternativa no 2.

3.1.7 Lugar de realización del proyecto.

El proyecto se realizara en la fábrica ubicada de la ciudad de Puebla, en el área contigua a los equipos donde se prepara el polímero.

La ciudad de Puebla está ubicada a 2200 metros sobre el nivel del mar.

El clima es adecuado para la fabricación del polímero ya que no se presentan temperaturas que puedan afectar al mismo y la planta existente ya tiene sistemas de control de temperatura.

Los sistemas de producción son existentes. Se realizara dentro de la misma área de preparación para reducir al máximo posible los trayectos de la tubería de acuerdo al diagrama de tubería e instrumentación (DTI).

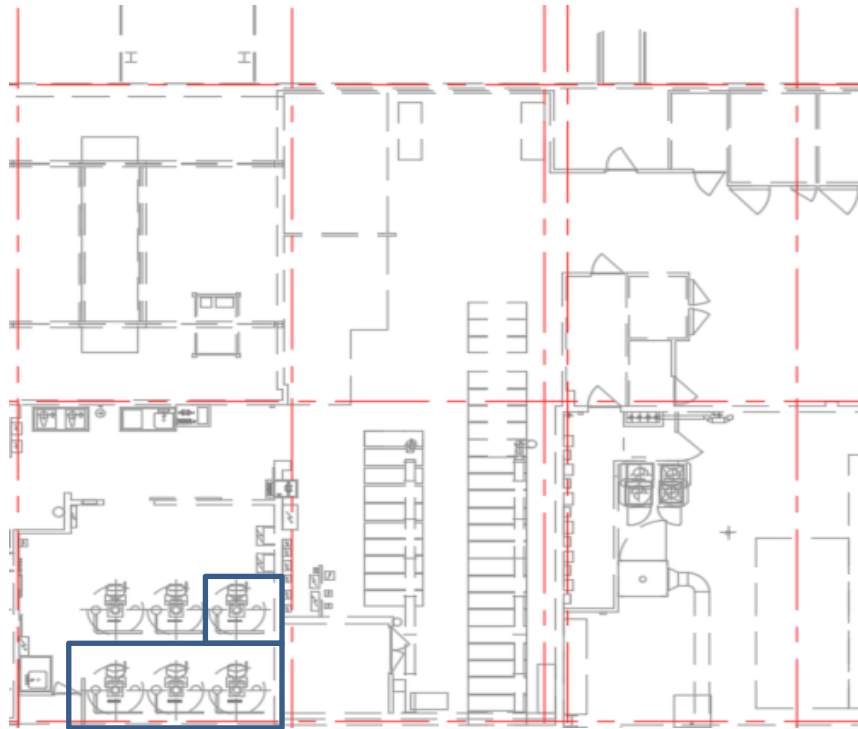


Figura 3.4 Layout del área proyectada para la instalación del sistema.

3.1.8 Establecer el estimado del costo del proyecto clase V (+50% / -30% costo total).

El costo del proyecto estimado clase V es de \$118,826 USD y es desglosado en la tabla 3.1.

Tabla 3.1.- Tabla de elementos principales para realizar el estimado del costo del proyecto de inversión para la recuperación de polímero.

Cantidad	Descripción	Costo en Dolares americanos (USD)
1	Tanque de acero inoxidable 316 con chaqueta de calefacción integrada de 400 litros cerrado con tapas toriesfericas con tuberias de entrada, salida venteos y sello de seguridad para evitar colapsos por vacio. (incluye flete y puesta en sitio)	15526
14	Valvulas de bola automáticas de 1.5 pulgadas de diametro tipo on-off en acero inoxidable con actuador neumatico a 100 psi que de retroalimentación al PLC de abierto o cerrado a prueba de explosion, (Incluye flete para puesta en sitio)	38000
1	Motobomba de recirculación con variador de frecuencia	7500
1	Trabajos mecanicos de instalación de tuberias en acero inoxidable 316 sanitaria y conexiones en acero inoxidable para el sistema	15800
1	Trabajos de conexiones electricas y neumaticas para las valvulas	8000
1	Set de instrumentos de campo, manometros, termometros RTD tipo K	5000
1	Trabajos de refuerzo de estructuras para soporte de tanque de almacenamiento de 400 litros	7000
1	Servicio de modificación de programa en PLC y pruebas en sitio	15000
1	Servicio de aislamiento termico a tuberias y equipo	7000
	Total	118826

Dentro de este costo tipo V (-30 / +50%) hay que considerar que puede variar del plan que es FEL I a la realización de la etapa FEL II.

3.1.9 Caso del Negocio y programa de instalación propuesto.

El negocio propuesto en este proyecto es recuperar 90,000 USD anuales durante el proceso de fabricación del polímero, este material actualmente no es posible recuperar por lo que se va en las aguas residuales durante el lavado de los equipos que debe realizarse de acuerdo a las buenas prácticas de fabricación.

El material al tener una alta viscosidad no es posible removerlo solo por escurrimiento, por lo que el agua recirculada a través de los equipos, tuberías y el tanque de fabricación lograr remover el polímero utilizando sus características principales de volverse nuevamente un sólido en contacto con el agua caliente. El agua con la que se remueve puede mantenerlo en suspensión mientras se realiza la preparación del siguiente lote.

La inversión requerida es de aproximadamente 118 mil USD y cada año se recupera 90 mil USD, lo cual nos da una tasa interna de retorno de más de 50%, por lo que el proyecto se vuelve muy factible de ser realizado.

De acuerdo a McGinn et al. (2003), Las condiciones de calidad del polímero deben después de ser evaluadas y aprobadas para ser utilizado nuevamente en el proceso. El proyecto al ser factible no debe afectar las condiciones del producto final preparado. Un estudio se debe realizar antes de la instalación del equipo para determinar si las propiedades y la calidad de la materia prima resultante cumplen con los requerimientos de calidad en el producto final.

El sistema que se pretende instalar será automático y su operación debe impactar de forma mínima en función del tiempo del operador. La lógica de control debe ser diseñada para lograr este objetivo.

El Programa de instalación propuesto estimado para la realización del proyecto en semanas está definido en la tabla 3.2.

Tabla 3.2.- Programa de tiempo de instalación del proyecto de recuperación de polímero en semanas.

Actividad	Semanas
1.- Definición del proyecto FEL I y FEL II	20
2.- Aprobación del presupuesto para el proyecto.	4
3.- Realización de Requisiciones de materiales y servicios.	1
4.- Cotizaciones en firme de los materiales y servicios.	3
5.- Preparación de las ordenes de compra.	1
6.- Tiempo maximo de entrega de materiales (equipos de tiempo de entrega más largo).	6
7.- Instalacion mecanica de los materiales y equipos.	2
8.- Instalación eléctrica de los materiales y equipos.	2
9.- Instalacion de la modificación en el software.	1
10.- Pruebas de arranque del sistema.	1
11.- Validación y entrega de documentación de la operación del sistema.	4
Tiempo total para la ejecución del proyecto	45

3.1.10 Aprobación de entregables FEL I.

Se define la siguiente tabla de aprobación de los involucrados en aprobar la etapa FEL I para el proyecto.

El líder del proyecto reúne todos los documentos para que se pueda hacer una evaluación de cada criterio para poder aprobar la etapa FEL I y pasar a la etapa FEL II.

Esta aprobación es donde el equipo de trabajo define que el proyecto es factible de ser realizado.

La firma de cada uno de los participantes da el aval de que los documentos presentados consideran la información necesaria para que el proyecto pueda pasar a la siguiente etapa.

La tabla de aprobación de la etapa FEL I se presenta en la tabla 3.3.

Tabla 3.3.- Tabla de aprobación de las evaluaciones del proyecto de recuperación de polímero en etapa FEL I.

PROYECTO:		RECUPERACION DE POLIMERO INDUSTRIAL RESIDUAL DENTRO DE EQUIPOS DE PROCESO		
AÑO DEL PROYECTO:		2020		
Evaluaciones e Índice de FEL I				
COMITÉ DE APROBACION		NOMBRE (INICIALES)	FIRMA ELECTRONICA	FECHA APROBACIÓN
Patrocinador del proyecto		TJG	tjg#s"der/(jil	15-jul-20
Lider del proyecto		JAM	jam%763"l45&	16-jul-20
Especialista en instalaciones mecánicas		JLG	jlg456&8#208!2	17-jul-20
Especialista en instalaciones electricas		NHG	nhg67#d\$5gt/8	18-jul-20
Especialista en Control de Costos del Proyecto		AAZ	aaz0987f\$%w2#	19-jul-20
Especialista en Compra de Materiales		ILQ	ilq683df#r42w#	20-jul-20
Especialista en Compra de Mano de Obra		GMP	gmpdr4\$e#g6/&	21-jul-20
Especialista en Servicios Generales		KVC	kvcd%6\$89/6yt	22-jul-20
Especialista en Calidad		JLT	jltc5\$2#!=)gt56	23-jul-20
Especialista en Seguridad Higiene, medio ambiente y analisis de Riesgos		AGU	agu\$%frd7h%&	24-jul-20

Los criterios de evaluación de la etapa FEL I y las calificaciones obtenidas para el proyecto se pueden observar en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Tabla de criterios de evaluación para la etapa FEL I para el proyecto de Recuperación de polímero.

Evaluaciones e Índice de FEL I				
	Documentación completa (Si / No)	Resumen	Resultado de la evaluación. Calificación (5-10)	Cumple criterio de aceptación.
1.- Caso de negocio				
1.1. Experiencia de mercado	SI	El producto es utilizado en el mercado con excelente aceptación y las ventas siguen incrementando. Se requiere de mayor capacidad de producción para cubrir la demanda	9	SI
1.2. Análisis competitivo	SI	El producto tiene una competencia baja de otros productores en el mercado con capacidad limitadas para cubrir el volumen requerido por el mismo. La alta capacidad de respuesta en la producción con la calidad excedente hace de este proyecto una forma de bajar el costo para aumentar el margen de utilidad que se puede analizar al calcular la Tasa de Retorno de la Inversión (TIR)	9	SI
1.3. Costo de materias primas	SI	El costo de las materias primas es elevado y este proyecto compromete un % de ahorro base anual que mejora el margen de utilidad en la fabricación.	10	SI
1.4 Inversión y vida económica	SI	El producto realizado tiene una proyección de vida económica de al menos 10 años más. Su demanda como sustituto de otros polimeros usados en la fabricación le da aun más tiempo de vida. La inversión en una estimación tipo V es de 119 USD. EL retorno de la inversión esta a 2 años aproximadamente.	9	SI
1.5 Marco Legal y regulatorio	SI	En el marco legal y regulatorio al ser un producto en producción no se afecta ningun marco legal o regulatorio aplicable al momento de realizar el proyecto.	9	SI
1.6 Plan de negocios completo	SI	El plan de negocios esta planteado como una alta posibilidad de éxito durante la implementación del sistema. Su retorno de inversion esta calculada en un tiempo de dos años aprox.	9	SI
PROMEDIO				9.2

2.- Dinamica de equipo	Documentación completa (Si / No)	Resumen	Resultado de la evaluación. Calificación (5-10)	Cumple criterio de aceptación.
2.1 Patrocinadores y liderazgo	SI	El grupo directivo de la empresa esta de acuerdo en la implementación de este proyecto y promoveran los planes y financiamiento necesario para la realización y termino del proyecto. El liderazgo funcional recarera en el Director de proyectos para la coordinación de los trabajos con el resto de los participantes del equipo.	9	SI
2.2. Proceso de autorización y recursos	SI	El proceso de autorización de recurso con el estimado del costo y el retorno de la inversion al pasar de 20% del minimo de la Tasa Interna de Retorno. El sistema de analisis de proyectos y aprobación de recursos es clara y efectiva.	9	SI
2.3 Equipo de proyecto multifuncional	SI	Las personas responsables en la implementación del proyecto estan seleccionadas de los grupos de especialidad funcional que puede valorar las actividades para llegar al termino del proyecto	9	SI
2.4 Metas y expectativas de equipo claras	SI	Las metas del alcance y termino del proyecto estan claras y no se contraponen con otros proyectos o trabajos para el año.	9	SI
2.5. Comunicación Clara, a tiempo y efectiva	SI	El metodo de comunicación es claro, las reuniones son efectivas y se toman las desiciones adecuadas a tiempo para el proyecto	8	SI
2.6. Proceso de toma de desiciones efectiv	SI	El proceso de autorización y toma de desiciones en el equipo funcional opera correctamente gracias a que es un equipo que ya tiene minimo trabajando en este tipo de proyectos 10 años.	9	SI
2.7. Estabilidad del equipo	SI	La estabilidad de equipo es adecuada ya que las personas que forman parte del equipo tienen un historial de mas de 10 años en la compañía y experiencias en este tipo de trabajos.	9	SI
PROMEDIO				8.9

3.- Analisis de alternativas	Documentación completa (Si / No)	Resumen	Resultado de la evaluación. Calificación (5-10)	Cumple criterio de aceptación.
3.1. Selección competitiva de tecnología	SI	La tecnología es interna de la compañía, no se requiere apoyo adicional de otras entidades. Los desarrollos e ideas son revisadas y verificadas por el equipo de trabajo asignado para la evaluación. Solo verificaciones del departamento de calidad.	10	SI
3.2. Establecimiento de los objetivos de ne	SI	Los objetivos del negocio son claros para mantener la productividad y generar ahorros potenciales en las etapas del proceso que permitan mantener el margen de ganancia en el mercado del producto.	9	SI
3.3. Carta del proyecto al equipo	SI	El equipo de trabajo conformado para el proyecto tiene claras las expectativas y tiene firmada una carta compromiso para la asistencia a las reuniones de revisión de avances.	9	SI
3.4. Recomendaciones de capacidad	SI	La capacidad del sistema no se vera afectada por este proyecto, en contrario se espera tener una reducción en el ciclo de preparación que genera un aumento de capacidad del equipo a modificar para completar este proyecto.	9	SI
3.5. Plan técnico	SI	El plan tecnico de la evaluación para FEL I se realizó y su costo estimado realizado. El proceso como tal no interfiere con la capacidad o calidad del producto que se tiene al día de hoy en el mercado.	9	SI
PROMEDIO				9.2
Notas adicionales en caso de incumplimiento o recomendaciones de mejora				
Evaluaciones e Índice de FEL I (GLOBAL)			9.1	SI
Resultado			Proceder a la etapa FEL II	

En la tabla 3.5 se puede observar el resultado de la evaluación numérica al proyecto de recuperación de polímero y la decisión de seguir a la siguiente etapa. Esta tabla es la que define la oportunidad del éxito del proyecto.

Tabla 3.5.- Calificaciones y resultado de las evaluaciones del proyecto de recuperación de polímero.

Tabla de calificaciones	
Calificación	Significado
5	Proyecto no debe realizarse
6	Proyecto con alto nivel de riesgo
7	Proyecto en riesgo de no cumplir expectativas
8	Proyecto cubre expectativas
9	Proyecto excede las expectativas
10	Proyecto de alto potencial en sus resultados

3.2 FEL II para el proyecto.

FEL II es la fase más importante de cualquier proyecto, en las etapas iniciales de FEL II la correcta definición de la tecnología a usar es crucial para el desarrollo de la ingeniería conceptual.

El desarrollo del alcance en esta etapa debe ser entendida por todos los participantes al momento de la aprobación. Los siguientes trabajos deben estar completos: El alcance del proyecto, revisados los servicios requeridos, la infraestructura del proyecto, tratamiento de residuos y normas ambientales, desarrollo de la comunidad, los balances de masa y calor, diagramas de flujo, los equipos de mayor tamaño y accesorios listados, los costos del equipo principal y resto del proyecto cotizados para tener un valor confiable como base.

Cualquier parte del proyecto que quede fuera del alcance puede ocasionar demoras o costos no contemplados que puede traer problema con los patrocinadores del proyecto al cambiar el tiempo y costo de realización.

Cuando esta FEL II completo el estimado de costos será la base del costo actual del proyecto real.

La actividad simple más importante es cuando se tienen los diagramas de proceso completos. Al estar completos el costo durante FEL III no debe tener un incremento significativo, en caso contrario, si hay algún cambio o adición en los diagramas la probabilidad de falla en el costo del proyecto se incrementa de manera notable.

Lo costos de proyecto en FEL II deben estar en un rango de -15 a +25% de variación. En este punto el patrocinador debe tener la decisión para se adelante.

La última opción para el proyecto debe ser que tenga fecha de expiración, aunque también debe ser considerada para seguir adelante. Merrow, E. (2011)

El patrocinador del proyecto y su equipo que evalúa las etapas de FEL II definen si el proyecto se realizara o no.

3.2.1 Estructura de trabajo del proyecto en bloques.

Los trabajos a desarrollar durante FEL II se listan en forma de diagrama de flujo de la figura 3.5 y se dividen en Factores del sitio, Estatus del diseño y el Plan de ejecución del proyecto. Los documentos generados en cada bloque de los diagramas deben evaluarse para definir si el proyecto avanza a la siguiente etapa o no.

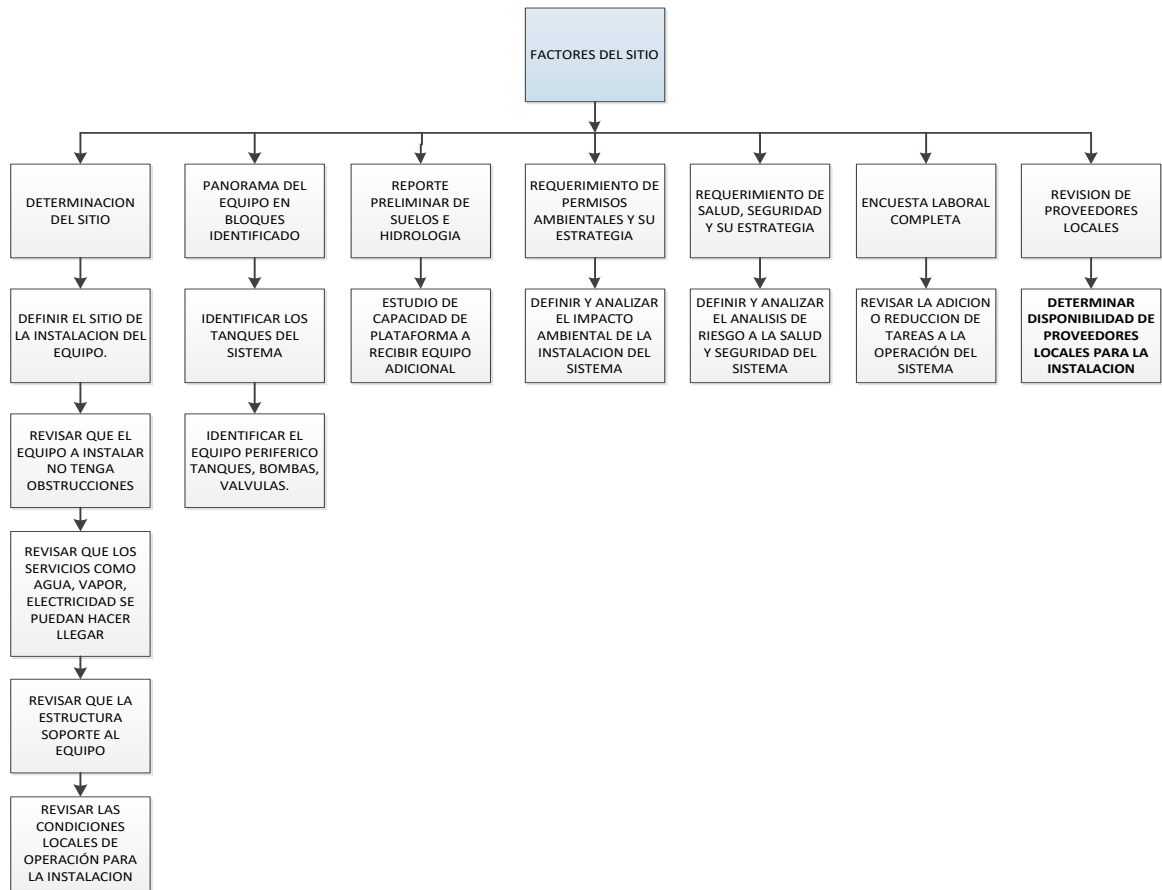


Figura 3.5 Factores del sitio a evaluar en FEL II para el proyecto. Merrow, E. (2011)

Al realizar el análisis de los factores de sitio del proyecto de recuperación de polímero ya existe dentro de una planta en operación por lo que el sitio queda como el actual donde se tiene la producción del polímero. Ver figura 3.5.

En el diagrama de la figura 3.6 se observa que se tiene el espacio para poder realizar la instalación del equipo y un estudio de capacidad de la plataforma donde se instalará para cumplir con las normativas.

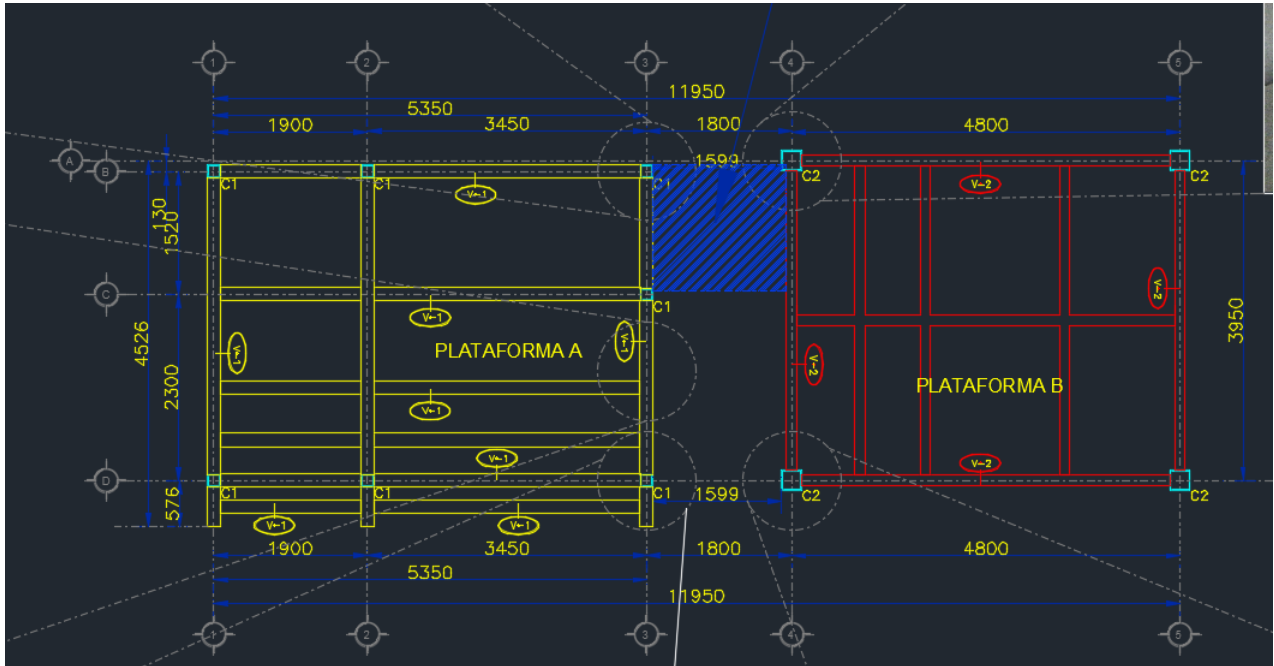


Figura 3.6.- Área para la instalación del tanque colchón.

El estudio de la estructura con sus soportes y cimentación es importante para definir el peso máximo a colocar de equipo y tubería sobre la estructura metálica, un esquema utilizado es el diagrama de la estructura que soportara el sistema. En este caso la estructura ya existe y se analizara el peso adicional para revisar si son requeridos refuerzos a la misma. En la figura 3.7 puede verse el esquema de la estructura.

Las ayudas visuales de las áreas principales para la instalación de equipo proporcionan una memoria para el cálculo y facilitar las aprobaciones para proceder con la instalación del sistema. En la figura 3.9 podemos ver la zona donde estaría instalado el tanque del sistema.



Figura 3.9.- Fotografía del área para realizar la instalación del sistema.

El detalle en los dibujos de las estructuras donde se instalará el sistema permite definir que el riesgo por la adición del equipo del proyecto es mínima por la capacidad de carga de la estructura. Estos detalles de la estructura para el área de la instalación del tanque se pueden ver en la figura 3.10.

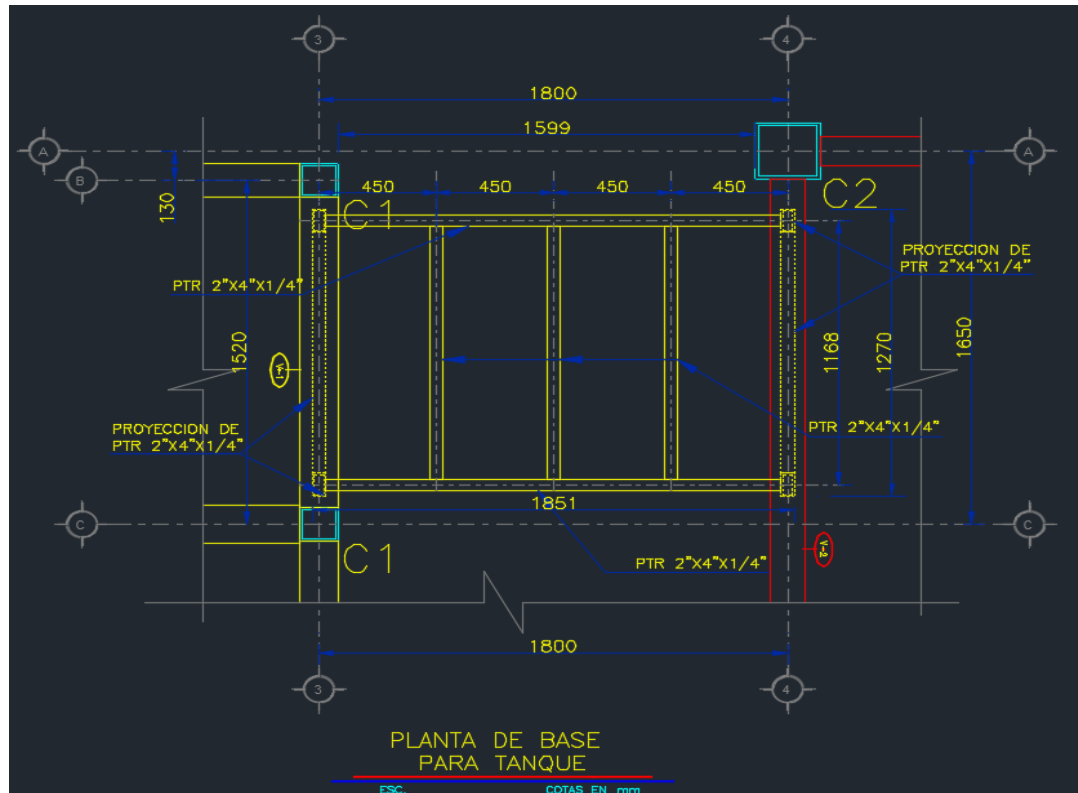


Figura 3.10.- planta de la base para el tanque del sistema.

Los servicios como agua, vapor, energía eléctrica a 440 volts están disponibles y las cargas no afectan los otros sistemas en operación actualmente.

El sistema puede ser instalado durante la operación de la planta y del equipo y posteriormente se solicita un tiempo de paro para poder interconectar el sistema.

Los tanques del sistema son un tanque de 400 litros, incluye una bomba de 5 Hp para tener un caudal de 150 litros por minuto mínimo y válvulas manuales y automáticas en un tubo de 1.5 pulgadas de diámetro.

El impacto ambiental del sistema se determina que al no enviar el residuo al drenaje se tendrá una mejora en la reducción de la demanda química de oxígeno al dejar de emitir aproximadamente 6 kg de HPMC residual por cada ciclo.

En los impactos a la salud por el proyecto no se tienen identificados impactos de largo plazo. Solo los riesgos inherentes a la instalación que están cubiertos por los protocolos de seguridad de la fábrica.

La adición de tareas al área operativa no se tiene un impacto significativo debido a que el sistema estará automatizado desde el controlador lógico programable (CLP). Las tareas adicionales las tendrá el equipo de mantenimiento al meter los nuevos equipos al programa de mantenimiento preventivo, principalmente la bomba y las válvulas automáticas que requieren de revisiones periódicas los sellos mecánicos para prevenir fugas de líquidos.

Los proveedores que se tienen disponibles en el catálogo de proveedores de la fábrica pueden realizar esta instalación con sus recursos debido a que es la fabricación del tanque, la instalación de tuberías y válvulas con las trayectorias definidas en el plano. El único proveedor externo a la ciudad es el programador del controlador lógico programable (CLP).

Para el análisis del Estatus del diseño del sistema ver la figura 3.11, se realizó una descripción de la metilcelulosa como el polímero de este proyecto en el punto 2.1.

El alcance del proyecto descrito en el punto 3.1 tiene como finalidad la recuperación del polímetro para su posterior reciclaje en los ciclos de preparación posteriores. Su alcance es la instalación en la fábrica ubicada en la ciudad de Puebla sobre equipo de proceso existente para poder realizar el reciclaje y tener un ahorro en costos de materia prima.

En el punto 3.2.3.- se revisara la ingeniería y las actividades del sistema a detalle para el entregable.

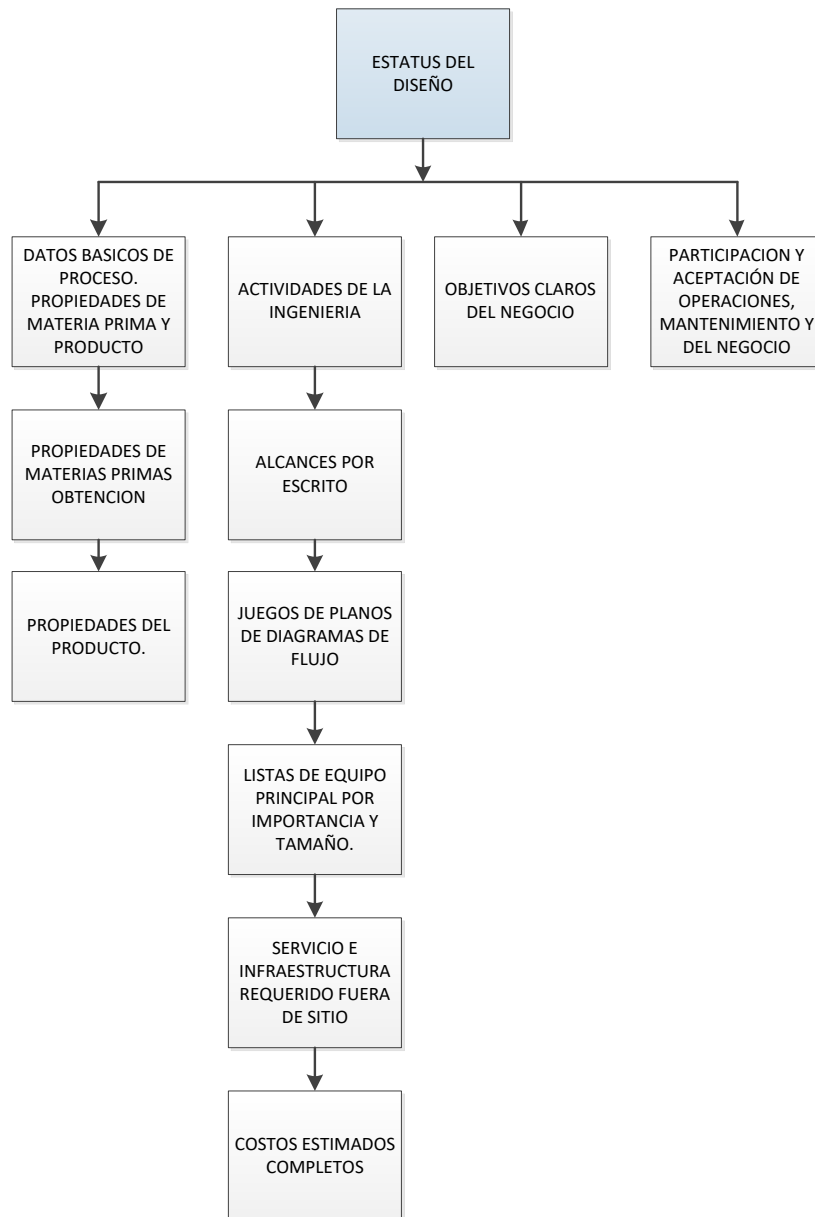


Figura 3.11.- Diagrama de Bloques del análisis de Estatus del diseño en FEL II.

Merrow, E. (2011)

El objetivo del negocio es reducir el costo de fabricación al ahorrar 6 kg de materia prima por ciclo que con el sistema actual esta manejado como una merma del proceso. Este proyecto operando de forma permanente contribuye a reducir los costos de fabricación.

Las operaciones tienen aceptación por el proyecto debido a que no es complicada la operación del mismo y estará automatizado de acuerdo a las explicaciones sobre el proceso. Los equipos se dan de alta en el programa de mantenimiento.

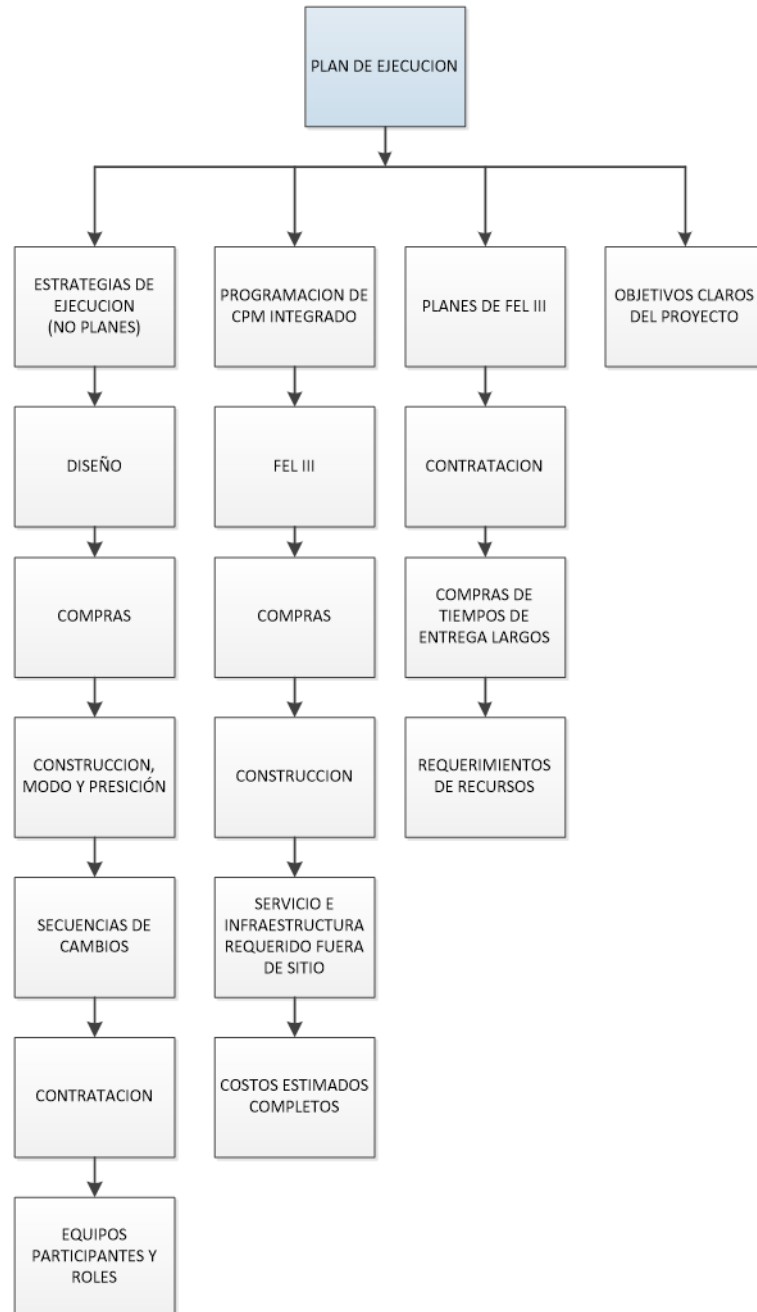


Figura 3.12.- Diagrama de Bloques del análisis de Estatus del diseño en FEL II.

Merrow, E. (2011).

3.2.2 Recursos para la toma de decisiones.

Los recursos involucrados para la toma de decisiones en la etapa FEL II son los mismos que autorizaron el paso del FEL I. Los entregables a analizar en la etapa FEL II deben cumplir de manera satisfactoria todos los puntos descritos en los diagramas de bloques de Factores del Sitio, Estatus del diseño y el plan de ejecución para la aprobación. En la tabla 3.6 se pueden ver los nombres, puesto y firmas de los responsables del comité de aprobación para FEL II del proyecto de recuperación de polímero.

Tabla 3.6.- Tabla de aprobación de las evaluaciones del proyecto de recuperación de polímero en etapa FEL II.

PROYECTO:	RECUPERACION DE POLIMERO INDUSTRIAL RESIDUAL DENTRO DE EQUIPOS DE PROCESO		
AÑO DEL PROYECTO:	2020		
Evaluaciones e Índice de FEL II			
COMITÉ DE APROBACION	NOMBRE (INICIALES)	FIRMA ELECTRONICA	FECHA APROBACIÓN
Patrocinador del proyecto	TJG	tjg#sder/(jil	
Lider del proyecto	JAM	jam%763"!45&	
Especialista en instalaciones mecánicas	JLG	jlg456&8#208!2	
Especialista en instalaciones electricas	NHG	nhg67#d\$5gt/8	
Especialista en Control de Costos del Proyecto	AAZ	aaz0987f\$%w2#	
Especialista en Compra de Materiales	ILQ	ilq683df#r42w#	
Especialista en Compra de Mano de Obra	GMP	gmpdr4\$e#g6/&	
Especialista en Servicios Generales	KVC	kvcd%6\$89/6yt	
Especialista en Calidad	JLT	jltc5\$2#!)=)gt56	
Especialista en Seguridad Higiene, medio ambiente y analisis de Riesgos	AGU	agu\$%frd7h%&	

3.2.3 Ingeniería básica y de detalle del proyecto.

La ingeniería básica y detalles del proceso son primordiales para la implementación del alcance del proyecto. Los detalles como el equipo principal, el equipo auxiliar así como la instrumentación son los que se consideran básicos para calcular los costos del proyecto. Otros costos adicionales son las dimensiones y materiales de la tubería, válvulas de corte manual y aditamentos para el mantenimiento del equipo, el aislamiento del equipo para mantener la eficiencia energética del sistema.

En la figura 3.13 se tienen listados 7 equipos principales del sistema que incluyen el tanque, bomba, variador de frecuencia y boquillas de limpieza, los medidores de flujo, presión y temperatura en la instrumentación.

Adicionalmente se tienen 16 válvulas automáticas para la operación del sistema en 3 tanques de preparación, 6 válvulas manuales para el corte de suministro de servicios por seguridad durante el mantenimiento y 3 válvulas *check* para evitar la contaminación por contraflujo de las tuberías de agua con producto, 1 válvula de venteo para el tanque para mantenerlo a presión atmosférica durante su operación.

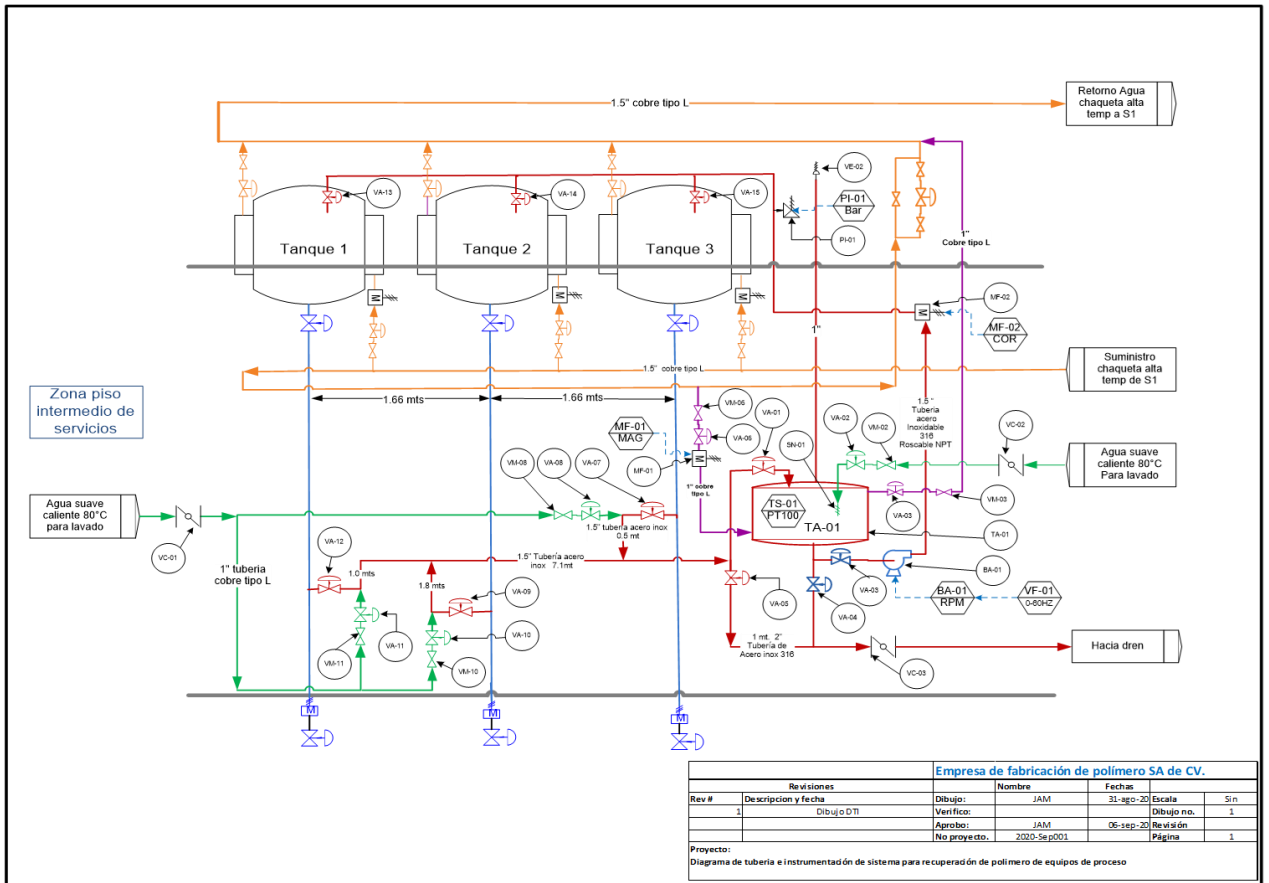


Figura 3.13. Diagrama de Tubería e instrumentación del sistema para la recuperación de polímero líquido.

En la figura 3.14 se analiza el *layout* el sistema para verificar las dimensiones entre los equipos a interconectar para calcular la cantidad de tubería para los servicios. Las tuberías contempladas incluye las tuberías de acero inoxidable 316 de 2 pulgadas del sistema para transferir el agua con residual de polímetro hacia el tanque colchón de almacenamiento y la zona de la colocación de las válvulas de control. Adicionalmente se tienen las distancias para calcular las dimensiones de la tubería de cobre tipo L con conexiones y codos etc.

El *layout* se toma como base de las dimensiones de los cálculos del costo de las tuberías para la instalación de cableado eléctrico y neumático para el control de equipo, instrumentación y válvulas.

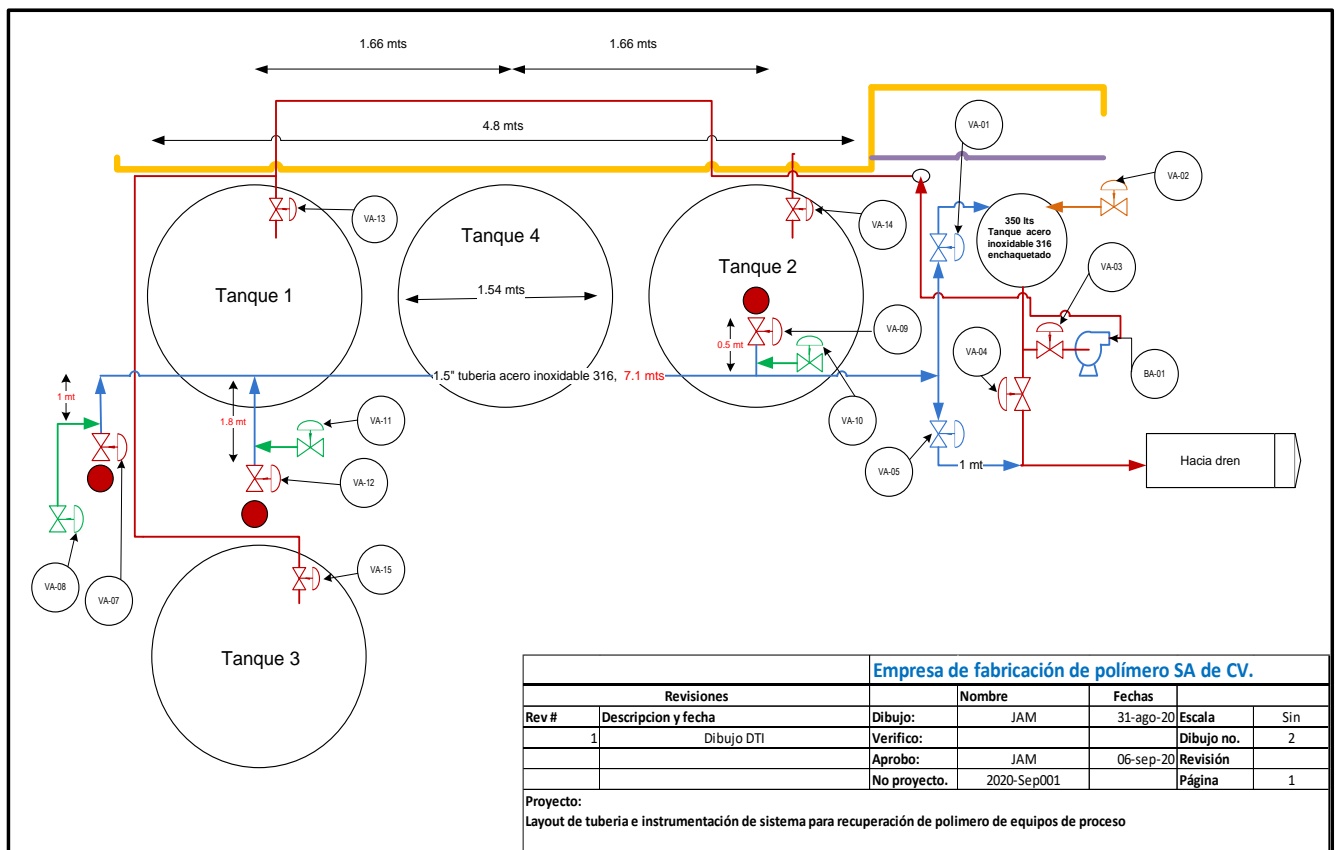


Figura 3.14. Diagrama Layout de Tubería del sistema para la recuperación de polímero líquido.

En la figura 3.15 se tiene el diagrama de las conexiones eléctricas y neumáticas que lleva el sistema para mantener el control desde el controlador lógico programable (CLP). Los sistemas llevan cable blindado 3X18 AWG , liquatite flexible, soportería, manguera neumática poliflo de ¼ de pulgada de diámetro interno.

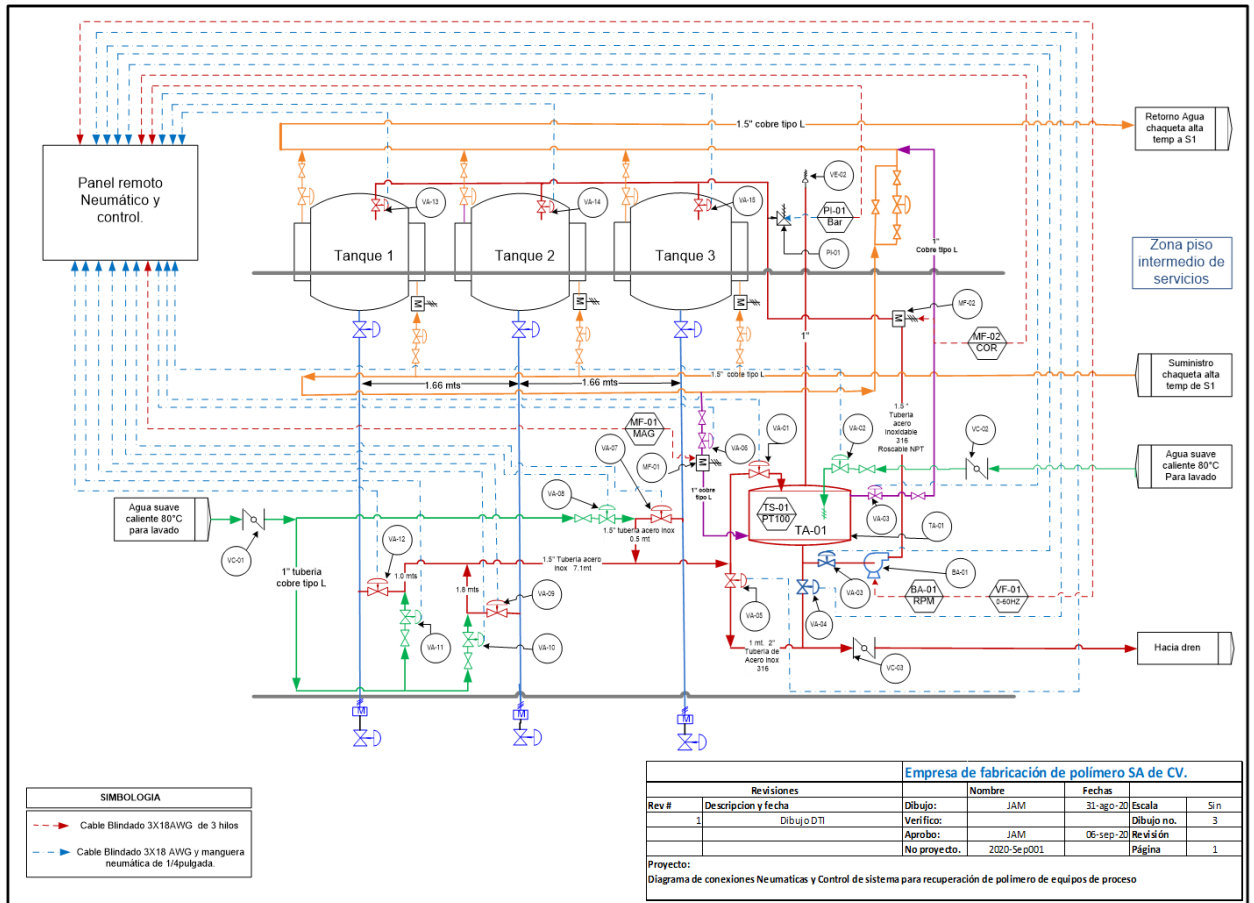


Figura 3.15. Diagrama Conexiones neumáticas y control de Tubería del sistema para la recuperación de polímero líquido.

En la figura 3.16 se tiene el diagrama unifilar de la bomba de 5 caballos de potencia del sistema previamente analizada para la operación del sistema, en este diagrama se tiene una descripción del cable requerido para su conexión al circuito eléctrico existente de la fábrica. La tensión en la misma es de 440 Volts. La descripción de los

interruptores para la seguridad de la operación del equipo previniendo corto circuito y para el mantenimiento del equipo.

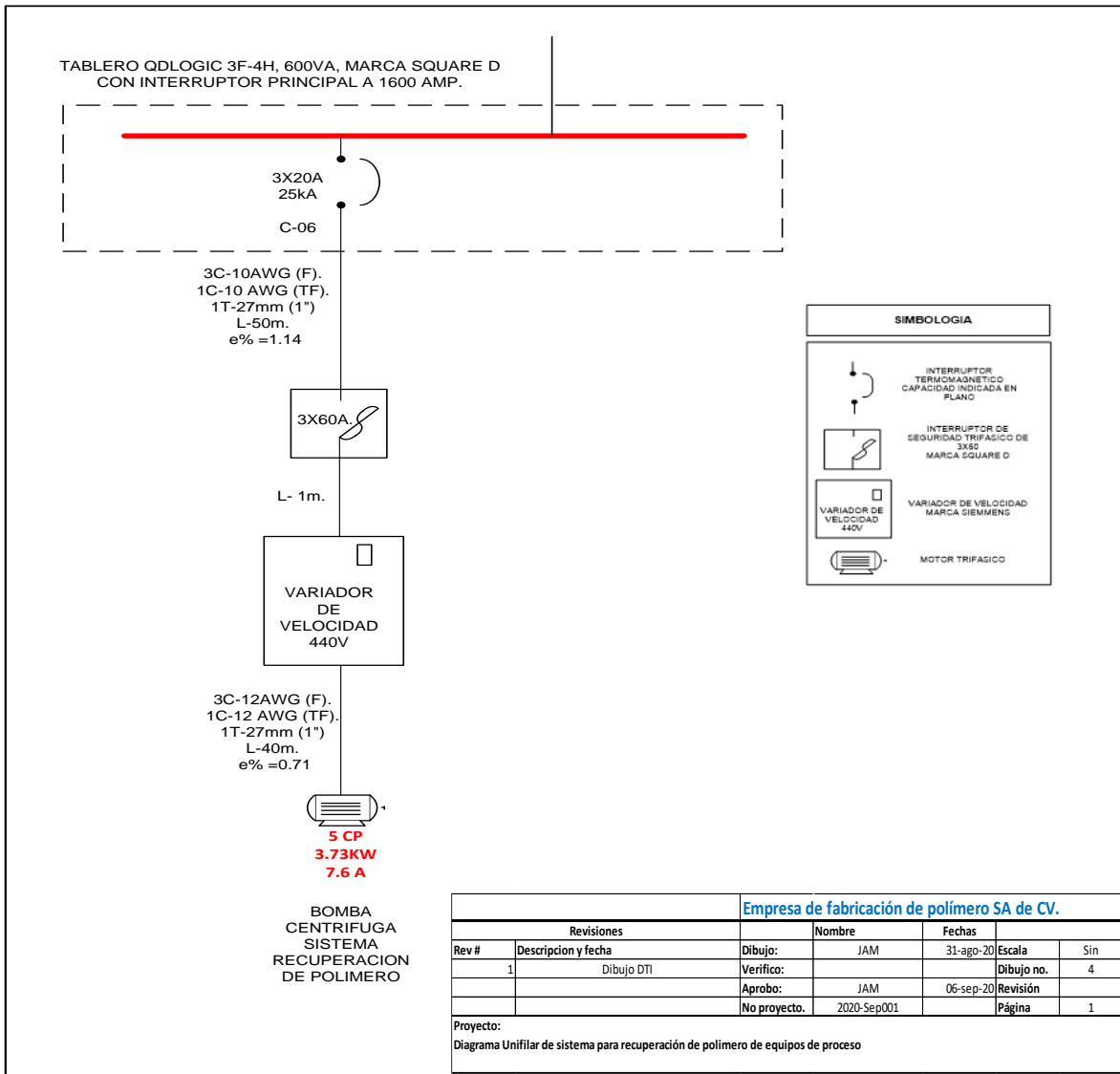


Figura 3.16. Diagrama Unifilar de sistema para la recuperación de polímero líquido.

En la tabla 3.7 se puede observar el listado del equipo requerido por el sistema y su función principal para el proyecto. Esta tabla define los equipos y trabajos de

instalación a cotizar por parte de los especialistas de compras para tener los costos del proyecto en un rango más exacto al estimado en la etapa FEL I.

Tabla 3.7.- Lista de equipo y trabajos para la realización del proyecto de recuperación de polímero de equipo de proceso.

Empresa de fabricación de polímero SA de CV

Lista de partes y Mano de obra para el proyecto de recuperación de polímero de equipos de proceso.

Tag	Cantidad	Descripción	Función
Equipo principal			
TA-01	1	Tanque de acero inoxidable 316L enchaquetado capacidad 400 litros. Temperatura operación 80°C. Incluye pasivado con acido cítrico.	Tanque colchon para almacenar solución después de recirculación.
BA-01	1	Bomba de acero inoxidable con motor de 5 CP, caudal de 150 LPM, 440 volts, 3 fases, con conexiones bridadas	Bomba para llenado de tanque de proceso
MF-01	1	Medidor de flujo magnetico con bridas. Capacidad de medicion de 200 LPM 24 V salida 4-20 mA	Medidor de caudal de agua chaqueta a tanque colchón
MF-02	1	Medidor de flujo masico con bridas. Capacidad de medicion de 200 LPM 24 V salida 4-20 mA	Medidor de caudal de agua con producto al tanque de proceso
SN-01	1	Boquilla de espreado de acero inoxidable 316 de capacidad 50-100 LPM para tanques cilindricos 360"	Esprea de limpieza de tanque colchón
PI-01	1	Indicador de presión de 0 a 10 bar	Indicador de presión del bombeo de la bomba
VF-01	1	Variador de frecuencia para velocidad a 440V marca Siemens	Varia la frecuencia eléctrica para aumentar o disminuir las RPM del motor de la bomba
TS-01	1	RTD con rango de 0°C a 100°C PT100. Punta de acero inoxidable con termopozo modelo TW-ST02	Mide la temperatura del agua + polímero del tanque colchon.
Equipo auxiliar			
VA-01	1	Válvula de bola automatica de 1.5" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Llenado de tanque colchon
VA-02	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Llenado con agua de lavado tanque colchon
VA-03	1	Válvula de bola automatica de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Llenado de tanques de proceso.
VA-04	1	Válvula de bola automatica de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Drenado de tanque colchon
VA-05	1	Válvula de bola automatica de 1.5" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Válvula de drenado de tubería de sistema con producto.
VA-06	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Suministro de agua a chaqueta de tanque colchon
VA-07	1	Válvula de mariposa sanitaria automatica de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Drenado de tanque de proceso no 3 hacia tanque colchón
VA-08	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Válvula para enjuague de tubería de proceso del tanque no 3
VA-09	1	Válvula de mariposa sanitaria automatica de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Drenado de tanque de proceso no 2 hacia tanque colchón
VA-10	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Válvula para enjuague de tubería de proceso del tanque no 2
VA-11	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Válvula para enjuague de tubería de proceso del tanque no 3
VA-12	1	Válvula de mariposa sanitaria automatica de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Drenado de tanque de proceso no 1 hacia tanque colchón
VA-13	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Válvula de llenado de tanque de proceso 1
VA-14	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Válvula de llenado de tanque de proceso 2
VA-15	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	Válvula de llenado de tanque de proceso 3
VM-02	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	Válvula de corte manual para mantenimiento y Aseguramiento de línea por seguridad
VM-03	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	Válvula de corte manual para mantenimiento y Aseguramiento de línea por seguridad
VM-06	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	Válvula de corte manual para mantenimiento y Aseguramiento de línea por seguridad
VM-08	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	Válvula de corte manual para mantenimiento y Aseguramiento de línea por seguridad
VM-10	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	Válvula de corte manual para mantenimiento y Aseguramiento de línea por seguridad
VM-11	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	Válvula de corte manual para mantenimiento y Aseguramiento de línea por seguridad
VC-01	1	Valvula check bronce 1" NPT	Prevenir el regreso de agua con materia prima al tubo de agua caliente
VC-02	1	Valvula check bronce 1" NPT	Prevenir el regreso de agua con materia prima al tubo de agua caliente
VC-03	1	Válvula check de acero inoxidable 2" sanitaria	Prevenir el regreso de agua del drenaje.
VE-01	2	Válvula de venteo	Mantiene el tanque colchón a presión atmosférica
Otros materiales y trabajos para la instalación del sistema.			
	1	Cable Blindado 3X18 AWG, licuante, condulets, tubo eléctrico, soportería, manguera neumatica poliflo de 1/4" .	Materiales instalación eléctrica
	1	Cable y tubería para motor de bomba de 5HP incluye protector termomagnética, interruptores.	Materiales instalación eléctrica
	1	Tubería de acero inoxidable 316 sanitaria, conexiones, codos, soportería, etc.	Materiales instalación mecánica.
	1	Tubería de cobre tipo L con conexiones, codos soportería, etc.	Materiales instalación mecánica.
	1	Materiales de construcción, cemento, tablarroca, pintura, acero estructural	Materiales de instalación obra civil.
	1	Materiales para instalación de aislamiento térmico del sistema	Materiales para la instalación de aislamiento térmico.
	1	Mano de obra para la instalación eléctrica del sistema	Mano de obra para instalación eléctrica.
	1	Mano de obra para la instalación mecánica del sistema	Mano de obra para instalación mecánica
	1	Mano de obra para la instalación civil del sistema	Mano de obra para la instalación obra civil
	1	Mano de obra para la instalación de aislamiento térmico de la tubería y el tanque colchon	Mano de obra para la instalación de aislamiento térmico.
	1	Servicio de modificación de programa en el controlador lógico programable	Programar la secuencia de operación del sistema en el programa actual en el controlador lógico programable.

La tabla 3.7 de equipo, trabajos requeridos y los diagramas se revisan en la etapa FEL II son la base la toma de la decisión final de realizar o cancelar el proyecto, si aprueba la etapa de FEL II posteriormente se usan estos datos para el desarrollo de los diagramas detallados para la etapa FEL III que ya incluyen mayor precisión de la instalación previo a proceder a la construcción.

3.2.3 Verificación del estimado de costo.

La verificación del costo del proyecto se realiza con la lista del equipo y trabajos a realizar en la etapa FEL II para la ingeniería básica del sistema. El costo total del sistema se tiene en \$140,406.00 USD. Al comparar el costo inicial de la etapa FEL I se tiene la variación siguiente.

Costo estimado de FEL I = \$118,826.00 USD

Costo estimado de FEL II = \$140,406.00 USD

Diferencia de costo FEL II – Costo FEL I = \$21,580.00 USD

% Variación = $(\$21,580.00 / \$118,826.00) * 100 = 18.16\%$

De acuerdo a las tablas de variación de costo de un proyecto de FEL I a FEL II está dentro del rango de variación pero más cercano al costo real final.

Dentro de este costo tipo V (-30 / +50%) hay que considerar que puede variar del plan que es FEL I a la realización de la etapa FEL II.

La tabla de verificación del costo del equipo y de mano de obra para la instalación de proyecto se puede verificar en la tabla 3.8 (precios en Dólares americanos).

**Tabla 3.8.- Tabla de costos de equipo y mano de obra requerido para la etapa FEL II
para la evaluación de la instalación del proyecto de recuperación de polímero
líquido de equipo de proceso.**

Empresa de fabricación de polímero SA de CV

Lista de partes y Mano de obra para el proyecto de recuperación de polímero de equipos de proceso.

Tag	Cantidad	Descripción	Precio unitario (USD)
Equipo principal			
TA-01	1	Tanque de acero inoxidable 316L enchaquetado capacidad 400 litros. Temperatura operación 80°C. Incluye pasivado con ácido cítrico.	\$ 18,854.90
BA-01	1	Bomba de acero inoxidable con motor de 5 CP, caudal de 150 LPM, 440 volts, 3 fases, con conexiones bridadas	\$ 8,625.00
MF-01	1	Medidor de flujo magnetico con bridas. Capacidad de medicion de 200 LPM 24 V salida 4-20 mA	\$ 5,000.00
MF-02	1	Medidor de flujo masico con bridas. Capacidad de medicion de 200 LPM 24 V salida 4-20 mA	\$ 6,500.00
SN-01	1	Boquilla de espreado de acero inoxidable 316 de capacidad 50-100 LPM para tanques cilindricos 360°	\$ 2,019.60
PI-01	1	Indicador de presión de 0 a 10 bar	\$ 500.00
VF-01	1	Variador de frecuencia para velocidad a 440V marca Siemens	\$ 2,000.00
TS-01	1	RTD con rango de 0°C a 100°C PT100. Punta de acero inoxidable con termopozo modelo TW-ST02	\$ 2,500.00
Equipo auxiliar			
VA-01	1	Válvula de bola automatica de 1.5" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 1,500.00
VA-02	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 1,992.00
VA-03	1	Válvula de bola automatica de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 2,684.40
VA-04	1	Válvula de bola automatica de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 2,684.40
VA-05	1	Válvula de bola automatica de 1.5" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 1,500.00
VA-06	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 1,300.00
VA-07	1	Válvula de mariposa sanitaria automatica de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 2,684.40
VA-08	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 1,300.00
VA-09	1	Válvula de mariposa sanitaria automatica de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 2,684.40
VA-10	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 1,992.00
VA-11	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 1,992.00
VA-12	1	Válvula de mariposa sanitaria automatica de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 2,684.40
VA-13	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 1,992.00
VA-14	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 1,992.00
VA-15	1	Válvula de bola automatica de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumatico a 24 V	\$ 1,992.00
VM-02	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	\$ 100.00
VM-03	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	\$ 100.00
VM-06	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	\$ 100.00
VM-08	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	\$ 100.00
VM-10	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	\$ 100.00
VM-11	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	\$ 100.00
VC-01	1	Valvula check bronce 1" NPT	\$ 250.00
VC-02	1	Valvula check bronce 1" NPT	\$ 250.00
VC-03	1	Válvula check de acero inoxidable 2" sanitaria	\$ 250.00
VE-01	2	Válvula de venteo	\$ 150.00

Otros materiales y trabajos para la instalación del sistema por Lote.

1	Cable Blindado 3X18 AWG, licuatite, condulets, tubo electrico, soporteria, manguera neumatica poliflo de 1/4", gabinete de acero inoxidable para conexiones	\$ 4,500.00
1	400 mts. Cable y tuberia para motor de bomba de 5HP incluye protector termomagnetica, interruptores.	\$ 1,000.00
1	Tuberia de acero inoxidable 316 sanitaria, conexiones, codos, soporteria, etc.	\$ 11,111.11
1	Tuberia de cobre tipo L con conexiones, codos soporteria, etc.	\$ 3,333.33
1	Materiales de construcción, cemento, tablarroca, pintura, acero estructural	\$ 8,050.00
1	Materiales para instalacion de aislamiento termico del sistema	\$ 2,000.00
1	Mano de obra para la instalación electrica del sistema	\$ 5,000.00
1	Mano de obra para la instalación mecanica del sistema	\$ 6,666.67
1	Mano de obra para la instalación civil del sistema	\$ 2,222.22
1	Mano de obra para la instalación de aislamiento termico de la tuberia y el tanque colchon	\$ 8,050.00
1	Servicio de modificacion de programa en el controlador lógico programable	\$ 10,000.00
Total de costo		\$ 140,406.83

3.2.4 Determinar el Análisis de riesgos para el costo y el tiempo.

En el análisis detallado de FEL II para el estimado de tiempo con las personas involucradas en el calendario de trabajo se determinan los siguientes tiempos para el proyecto. El estimado de tiempo es de 56 semanas. 20 semanas del total son la planeación conceptual del proyecto para aprobar los requisitos tanto de etapa FEL I como de Etapa FEL II.

Para cumplir con este plan en la tabla 3.9 se puede ver el estimado de tiempo con mayor definición para FEL II.

Tabla 3.9.- Tiempo estimado para el proyecto de instalación de equipo para la recuperación de polímero.

Actividad del Proyecto Recuperación de Polímero de equipo de proceso	Semanas
1.- Definición del proyecto FEL I y FEL II	20
2.- Aprobación del presupuesto para el proyecto.	6
3.- Realización de Requisiciones de materiales y servicios.	2
4.- Cotizaciones en firme de los materiales y servicios.	4
5.- Preparación de las ordenes de compra.	2
6.- Tiempo máximo de entrega de materiales (equipos de tiempo de entrega más largo).	12
7.- Instalación mecánica de los materiales y equipos.	2
8.- Instalación eléctrica de los materiales y equipos.	2
9.- Instalación de la modificación en el software.	1
10.- Pruebas de arranque del sistema.	1
11.- Validación y entrega de documentación de la operación del sistema.	4
Tiempo total para la ejecución del proyecto	56

En la tabla 3.10 De acuerdo con los expertos al utilizar esquemas de contingencia de acuerdo al tamaño del proyecto, el tiempo máximo de la ejecución de proyecto es de máximo 20% más del tiempo estimado en la etapa FEL II. A mayor detalle y control durante la instalación no debe sobrepasar el tiempo máximo.

El mayor costo de pasarse en el tiempo de instalación es paro del sistema y costo de oportunidad al dejar de producir el polímero por el tiempo adicional de la instalación.

Este desglose se puede ver en % del tiempo y las semanas estimadas para realizar la instalación.

Tabla 3.10.- Estimación de tiempo para la instalación del equipo y sistemas para la operación del proyecto de recuperación de polímero en % del tiempo de acuerdo a las semanas definidas por expertos.

Estimado del tiempo de instalación del proyecto			Opinión de expertos			Opinión de expertos		
			Min (%)	Mas probable (%)	Maximo (%)	Min	Mas probable	Maximo
Proyecto de recuperación de Polímero liquido en equipo de proceso	56		90	100	120	50.4	56	67.2

El estimado de costos y la variación para contingencias de acuerdo al programa Cristal Ball de Oracle para aplicar la simulación de riesgo de acuerdo al modelo de Montecarlo es mostrado en la tabla 3.11 en porcentaje y en los límites del costo. Este costo deberá ser muy cercano al costo de la etapa para FEL III, y debe estar en el rango del análisis de contingencias.

Tabla 3.11.- Estimado de costos y variación para contingencias del proyecto de recuperación de polímero.

Estimado del costo del proyecto		Opinión de expertos			Opinión de expertos		
		Min (%)	Mas probable (%)	Maximo (%)	Min	Mas probable	Maximo
Proyecto de recuperación de Polímero liquido en equipo de proceso	\$ 140,406.00	90	100	115	\$ 126,365.40	\$ 140,406.00	\$ 161,466.90

3.2.5 La fase de ejecución e impacto al medio ambiente.

El impacto al medio ambiente en este proyecto está determinado por el dejar de enviar al sistema de tratamiento de agua la cantidad de polímero sólido disuelto que se va a reciclar. Esto puede cuantificarse con las mediciones de demanda química de oxígeno de las aguas residuales. En el cálculo de la cantidad de material a recuperar se puede considerar como la cantidad de material que no se va a la planta de tratamiento. Esto genera un ahorro en el costo del tratamiento del efluente ya que la planta de tratamiento genera su esquema de costo con un porcentaje alto hacia la demanda química de oxígeno (DQO). Este parámetro de la demanda química de oxígeno es una medición de la cantidad de sólidos disueltos en el efluente que deben ser oxidados completamente en la planta de tratamiento de agua.

Para la reducción de carga orgánica al efluente, se tiene un promedio de 1541 mg/lt de carga orgánica en el efluente que va a la planta de tratamiento de agua. Al ahorrar 5 veces al día en los lavados a los tanques de fundido un volumen de agua de limpieza de 1000 litros aproximadamente por cada lavado, la cantidad de material no enviado por día el efluente es de 7705 gramos de carga orgánica. Aunque este valor en referencia no es muy alto comparado con el total de la carga si representa una reducción que al año es de 2,735 kg de carga orgánica anual.

3.2.6 Entregables del proyecto para aprobar la etapa FEL II y comunicación a la organización.

Los *objetivos del negocio* se tienen como la implementación del proyecto para al ahorro del costo de materia prima que actualmente es una merma de proceso.

La aceptación de parte del equipo de operaciones es positiva después de la explicación sobre el alcance del proyecto y los beneficios a obtener de la implementación del mismo. La operación y mantenimiento acordaron que se harán

cargo del sistema durante las pruebas posteriores a la capacitación en cómo funciona y la verificación de los beneficios por la implementación del sistema.

Los responsables de operaciones y mantenimiento aprueban los entregables y al realizarlo se determina que están de acuerdo con el proyecto.

Posteriormente se debe de comunicar a todo el personal involucrado sobre las fechas de posible implementación del sistema

En la figura 3.17 se realiza el esquema de los entregables requeridos para la etapa FEL II. Sin ellos el riesgo que representa el arranque de proyecto es elevado y su posibilidad de falla recae en un costo adicional debido a los equipos y materiales que puede provenir de un deficiente desarrollo de la tecnología e ingeniería. Esto a su vez los esquemas implicados alrededor del proyecto pueden también detener la ejecución del mismo de forma parcial o definitiva cuando no se toman en cuenta elementos como permisos, medio ambiente, servicios disponibles para el proceso, efecto a la comunidad, mano de obra calificada para la construcción, puesta en marcha y operación de la misma, los esquemas de contratación y los medios para que los trabajadores realicen las labores de construcción hasta el término del proyecto con un cierre adecuado a la planeación definida en FEL II. En la etapa FEL II el proyecto es cuando tiene la mayor oportunidad de ser realizado o ser cancelado y los riesgos calculados tomados previenen que los patrocinadores del mismo no consideren la eliminación del mismo.

Las etapas de construcción se realizan a detalle en el FEL III, pero en FEL II se define el tiempo estimado de ejecución tomando en cuenta la mayoría de las alternativas.

En FEL II también se definen políticas sobre la construcción y forma de controlar los avances del proyecto para que se tenga la realidad durante las evaluaciones durante la construcción.

La claridad en la estructura del proyecto y sus interacciones hacia el mercado, clientes internos, patrocinadores es la mejor manera de llevar al éxito el mismo y obtener los beneficios planteados desde FEL I.

FEL II.- Desarrollo del alcance

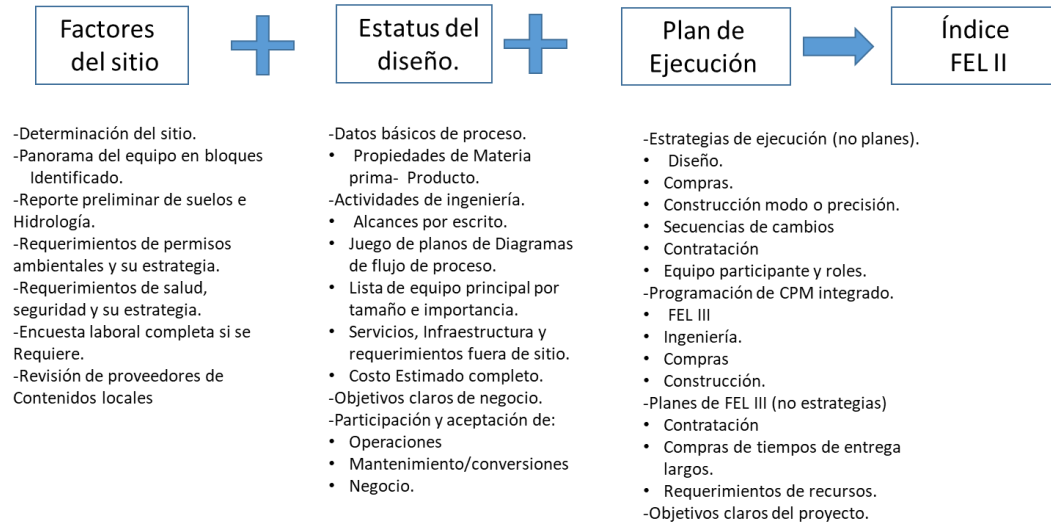


Figura 3.17.- Desarrollo del alcance para aprobación de etapa FEL II.

Merrow, E. (2011)

En la tabla 3.12 se detalla el resumen de la evaluación de los entregables durante la etapa de FEL II por el comité de aprobación del proyecto. Esta aprobación define el acuerdo de las partes evaluadoras para continuar con el proyecto hacia la etapa FEL III donde ya se realizará la ingeniería de detalle del proyecto.

Tabla 3.12.- Tabla de aprobación de las evaluaciones del proyecto de recuperación de polímero en etapa FEL II.

PROYECTO:	RECUPERACION DE POLIMERO INDUSTRIAL RESIDUAL DENTRO DE EQUIPOS DE PROCESO		
AÑO DEL PROYECTO:	2020		
Evaluaciones e Índice de FEL II			
COMITÉ DE APROBACION	NOMBRE (INICIALES)	FIRMA ELECTRONICA	FECHA APROBACIÓN
Patrocinador del proyecto	TJG	tjg#sder/(jil	12-oct-20
Lider del proyecto	JAM	jam%763"!45&	14-oct-20
Especialista en instalaciones mecánicas	JLG	jlg456&8#208!2	15-oct-20
Especialista en instalaciones eléctricas	NHG	nhg67#d\$5gt/8	15-oct-20
Especialista en Control de Costos del Proyecto	AAZ	aaz0987f\$%w2#	15-oct-20
Especialista en Compra de Materiales	ILQ	ilq683df#r42w#	16-oct-20
Especialista en Compra de Mano de Obra	GMP	gmpdr4\$e#g6/&	16-oct-20
Especialista en Servicios Generales	KVC	kvcd%6\$89/6yt	12-oct-20
Especialista en Calidad	JLT	jltc5\$2#!=-)gt56	14-oct-20
Especialista en Seguridad Higiene, medio ambiente y analisis de Riesgos	AGU	agu\$%frd7h%&	16-oct-20

Los criterios de evaluación de la etapa FEL II y las calificaciones obtenidas para el proyecto se pueden observar en la tabla 3.13.

Tabla 3.13. Tabla de criterios de evaluación para la etapa FEL II para el proyecto de Recuperación de polímero.

Evaluaciones e Índice de FEL II				
	Documentación completa (Si / No)	Resumen	Resultado de la evaluación. Calificación (5-10)	Cumple criterio de aceptación.
1.- Factores del sitio				
1.1.- Determinación del sitio	SI	El sitio es dentro de la misma empresa dentro de las áreas que ya están en operación por lo que una descripción detallada de la selección no es necesaria. Se anexa un análisis de la estructura donde se instalará el equipo para poder determinar la capacidad de carga y poder minimizar el riesgo de equipo adicional en el sitio.	10	SI
1.2.- Panorama del equipo en bloques identificado	SI	Se definió la lista de materiales principales y auxiliares con su número de tag desde el diagrama de tubería e instrumentación para poder realizar la cotización de los mismos y tener el cálculo del costo del equipo. En este proceso el costo por sistema es la mejor manera de tener el costo aproximado del proyecto.	9	SI
1.3.- Reporte preliminar de suelos e Hidrología	SI	Este reporte no se requiere debido a que la planta ya se encuentra en operación.	8	SI
1.4.- Requerimiento de permisos ambientales y su estrategia	NO	Los permisos ambientales no se requieren por estar la planta en operación. El ahorro que se logrará debido a arrojar menos material residual a la planta de tratamiento de agua será un factor a favor.		SI
1.5.- Requerimientos de salud, seguridad y su estrategia	SI	En la estrategia de salud y seguridad el equipo opera de manera automática, los accesos serán adecuados para el mantenimiento posterior del equipo. Los equipos deberán añadirse posteriormente al sistema de mantenimiento preventivo.	9	SI
1.6.- Encuesta laboral completa. Si se requiere	NO	La encuesta laboral no es requerida porque será un proceso automático anexo a la operación del sistema actual, el personal operativo solo tendrá la actividad adicional de reconocer el ciclo dentro de la operación del sistema.		SI
1.6.- Revisión de proveedores de contenidos locales	SI	Los proveedores locales se tienen para suministrar los equipos principales. Las válvulas y equipo de automatización normalmente se puede comprar en el extranjero, pero se tienen proveedores locales que importan esas partes a esta ciudad.	9	SI
		PROMEDIO		9

2.- Estatus del diseño	Documentación completa (Si / No)	Resumen	Resultado de la evaluación. Calificación (5-10)	Cumple criterio de aceptación.
2.1 Datos basicos de proceso.	SI	Se tienen los diagramas de proceso en bloques, los diagramas basicos de la ingeniería y la lista de equipo principal y auxiliar del sistema.	9	SI
2.1.1. Propiedades de la materia prima-Producto.	SI	Se tiene las propiedades de la materia prima - producto y con ellas se puede definir el equipo necesario para realizar este proyecto de recuperación del polímero.	9	SI
2.2 Actividades de ingeniería	SI	Se definen los procesos que formaran parte del proyecto, los resultados esperados y se tiene los listados de equipo principal y auxiliar para calcular los costos del mismo.	9	SI
2.2.1 Alcances por escrito.	SI	Se define el alcance del proyecto y de los sistemas para la operación el mismo.	9	SI
2.2.2. Juego de planos de Diagramas de flujo de proceso.	SI	Los diagramas principales de ingeniería como el de tubería e instrumentación, el diagrama unifilar, el diagrama de conexiones pneumáticas y el layout del sistema y estudios de capacidad de carga del sistema se tienen como soporte para dejar claro el alcance del sistema.	8	SI
2.2.3. Lista de equipo principal por tamaño e importancia	SI	Se tiene la lista de equipo principal y auxiliar, su función y su tag dentro del diagrama de tubería e instrumentación.	9	SI
2.2.4. Servicios, Infraestructura y requerimientos fuera de sitio	SI	Los servicios requeridos por el sistema se analizaron y se tiene disponibilidad de agua, vapor, energía eléctrica en las capacidades necesarias para el funcionamiento de este sistema.	9	SI
2.2.5. Costo estimado completo	SI	Se tiene el costo completo a nivel de FEL II y esta dentro de los rangos esperados del cálculo preliminar en FEL I.	10	SI
2.3. Objetivos claros del negocio	SI	Se tiene claros los objetivos y beneficios de la implementación de este proyecto por parte de la dirección del proyecto y de las partes interesadas. Un alcance adecuado y un tiempo realista de ejecución.	10	SI
2.4. Participación y aceptación de Operaciones, Mantenimiento y del Negocio.	SI	Los equipos de operaciones, mantenimiento y otras áreas funcionales del negocio han estado involucrados para el análisis de los alcances, beneficios y cambios dentro de la operación del proceso actual. Las partes de compras, seguridad, medio ambiente y servicios de planta participaron de manera activa en la revisión del proyecto.	9.5	SI
		PROMEDIO		9.2

3.- Plan de ejecución	Documentación completa (Si / No)	Resumen	Resultado de la evaluación. Calificación (5-10)	Cumple criterio de aceptación.
3.1.- Estrategias de ejecución (no planes)	SI			SI
3.1.1. Diseño	SI	El diseño del sistema esta acorde a los espacios del área donde se instalará el equipo de proceso. Esta adecuado a la operación que llevara a la recuperación de polimero del sistema. En la etapa FEL II se tiene la ingeniería básica del sistema y un cálculo del costo más real, para que la aprobación de parte de los patrocinadores este dentro de las expectativas del proyecto.	9	SI
3.1.2. Compras	SI	La estrategia para compras es lograr las cotizaciones tanto a nivel nacional como en el extranjero para lograr obtener el mejor costo-beneficio en la compra de los equipos de proceso.	9	SI
3.1.3. Construcción, modo o presión.	SI	La construcción de los tanques y del sistema debiera apearse a los planos de ingeniería de detalle y debe dejar el espacio para el correcto mantenimiento posterior del sistema.	9	SI
3.1.4. Secuencias de cambios	SI	Los cambios seran evaluados por el director del proyecto con el equipo creado para evaluar el proyecto. Esta evaluación debe ser realizada desde el inicio para evitar cambios posteriores en el diseño que puedan afectar el costo calculado inicial.	9	SI
3.1.5. Contratación	SI	La contratación de la compañía que realizará los trabajos de instalación mecánica, eléctrica y el software será dentro de la misma empresa.	8.5	SI
3.1.6. Equipo participante y roles	SI	Es importante que el equipo que participa en el proyecto sea de multihabilidades para poder realizar la evaluación cubriendo todos los puntos importantes del proyecto y que en el analisis de riesgo se tenga minima variación al hacer la evaluación final del diseño para FEL III.	8.5	SI
3.2. Programación de CPM integrado	SI			SI
3.2.1. FEL III	SI	La etapa FEL III viene una vez que se aprueba la versión del proyecto en FEL II y se tiene practicamente asegurada la ejecución del proyecto.	8	SI
3.2.2. Ingeniería	SI	La ingeniería del proyecto a nivel de detalle está lista para ser realizada y tener el análisis de costo más parecido a lo real y bien definido el tiempo de ejecución del proyecto. Identificados los equipos críticos y su tiempo de entrega.	9	SI
3.2.3. Compras	SI	El equipo de compras ya tiene la aprobación del proyecto para poder realizar la compra de los equipos críticos y con tiempo de entrega más largo. En este caso, es la bomba, el tanque y las válvulas que vienen de importación.	9	SI
3.2.4. Construcción	SI	La instalación en sitio del sistema debe estar elaborado de manera que no obstaculice más alla de lo necesario las actividades de la operación normal. Posteriormente a terminar la instalación se tendra un tiempo para la interconexión, pruebas y análisis de la limpieza del sistema nuevo instalado en prevención del riesgo microbiológico.	9	SI
3.3. Planes de FEL III (no estrategias)	SI			SI
3.3.1. Contratación	SI	En el plan de contratación se debe tener compañías con la experiencia necesaria para realizar el trabajo y el personal responsable tendra a su cargo la responsabilidad de la realización. Empresas con el curriculum adecuado deben ser las que se responsabilicen de la buena instalación del sistema.	9	SI
3.3.2. Compras de tiempo de entrega largos	SI	Compras ya debe tener las cotizaciones y las evaluaciones del mejor lugar para relizar la compra del equipo y en caso de que se realice la compra fuera del país se tenga la regulación aduanera y los permisos de importación para evitar multas y recargos de las autoridades.	8.5	SI
3.3.3. Requerimientos de recursos	SI	Los recursos financieros en FEL III se van liberando conforme el proyecto avance en su instalación. La terminación de los trabajos en la fecha compromiso es de vital importancia para la visita del personal que realizara la automatización y las pruebas.	9	SI
3.4. Objetivos claros del proyecto	SI	El beneficio de largo plazo esta claro para el equipo del proyecto en las fechas de instalación y puesta en marcha del sistema. El tiempo determinado en la planeación corresponde al tiempo adecuado para completar proyectos de este tamaño. El beneficio financiero se verá desde el primer día y se puede reflejar con la tasa interna de retorno.	10	SI
		PROMEDIO		8.9
Notas adicionales en caso de incumplimiento o recomendaciones de mejora				
		Evaluaciones e Índice de FEL I (GLOBAL)	9.0	SI
Resultado		Proceder a la etapa FEL III		

En la tabla 3.14 se puede observar el resultado de la evaluación numérica al proyecto de recuperación de polímero y la decisión de seguir a la siguiente etapa. Esta tabla es la que define la oportunidad del éxito del proyecto en FEL II.

Tabla 3.14.- Calificaciones y resultado de las evaluaciones del proyecto de recuperación de polímero.

Tabla de calificaciones	
Calificación	Significado
5	Proyecto no debe realizarse
6	Proyecto con alto nivel de riesgo
7	Proyecto en riesgo de no cumplir expectativas
8	Proyecto cubre expectativas
9	Proyecto excede las expectativas
10	Proyecto de alto potencial en sus resultados

3.2.7. Administradores de Proyectos entrenados en la Metodología FEL.

Los administradores de proyectos entrenados con bases sólidas y teniendo las guías sobre la administración de cada etapa del proyecto, permiten tener una buena evaluación que lleve a la culminación del mismo.

La metodología de FEL hace un análisis detallado del proyecto en diferentes etapas de construcción y se somete a consenso con las personas indicadas las variables a manejar como pilares del mismo.

La recopilación de dicha información y su análisis detallado permiten tomar la decisión de continuar o detenerse en etapas tempranas después de evaluar la probabilidad de éxito.

Los equipos multifuncionales son los más adecuados para elaborar toda la gama a detalle de los entregables del proyecto en su campo de especialidad y logran una

información robusta en etapas tempranas que permite continuar adelante o detenerse a realizar análisis adicionales.

El esquema de aprobación en las etapas FEL a cada paso permite tener el consenso y el compromiso de los involucrados para llevar el proyecto a un buen término.

Capítulo 4.- Herramientas para evaluar costos y plan de instalación.

4.1 Costo calculado del proyecto de la etapa FEL II.

El proyecto de recuperación del polímero tiene un costo de \$140,406.00 USD basado en los equipos que se van a instalar con una aproximación de 18.16% adicional al costo planteado en etapa FEL I. Ver la tabla 4.1. La literatura marca que la variación de la etapa FEL I define una rango de +/- 30 a + 50 de acuerdo con la etapa que es FEL 2 para obtener la aprobación del proyecto. Construction Industry Institute (1998).

**Tabla 4.1 Tabla de costos de equipo y mano de obra requerido para la etapa FEL II
para la evaluación de la instalación del proyecto de recuperación de polímero
líquido de equipo de proceso.**

Empresa de fabricación de polímero SA de CV

Lista de partes y Mano de obra para el proyecto de recuperación de polímero de equipos de proceso.

Tag	Cantidad	Descripción	Preio unitario (USD)
Equipo principal			
TA-01	1	Tanque de acero inoxidable 316L enchaquetado capacidad 400 litros. Temperatura operación 80°C. Incluye pasivado con acido cítrico.	\$ 18,854.90
BA-01	1	Bomba de acero inoxidable con motor de 5 CP, caudal de 150 LPM, 440 volts, 3 fases, con conexiones bridadas	\$ 8,625.00
MF-01	1	Medidor de flujo magnetico con bridas. Capacidad de medición de 200 LPM 24 V salida 4-20 mA	\$ 5,000.00
MF-02	1	Medidor de flujo masico con bridas. Capacidad de medición de 200 LPM 24 V salida 4-20 mA	\$ 6,500.00
SN-01	1	Boquilla de espray de acero inoxidable 316 de capacidad 50-100 LPM para tanques cilindricos 360°	\$ 2,019.60
PI-01	1	Indicador de presión de 0 a 10 bar	\$ 500.00
VF-01	1	Variador de frecuencia para velocidad a 440V marca Siemens	\$ 2,000.00
TS-01	1	RTD con rango de 0°C a 100°C PT100. Punta de acero inoxidable con termopozo modelo TW-ST02	\$ 2,500.00
Equipo auxiliar			
VA-01	1	Válvula de bola automática de 1.5" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 1,500.00
VA-02	1	Válvula de bola automática de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 1,992.00
VA-03	1	Válvula de bola automática de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 2,684.40
VA-04	1	Válvula de bola automática de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 2,684.40
VA-05	1	Válvula de bola automática de 1.5" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 1,500.00
VA-06	1	Válvula de bola automática de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 1,300.00
VA-07	1	Válvula de mariposa sanitaria automática de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 2,684.40
VA-08	1	Válvula de mariposa sanitaria automática de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 1,300.00
VA-09	1	Válvula de mariposa sanitaria automática de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 2,684.40
VA-10	1	Válvula de bola automática de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 1,992.00
VA-11	1	Válvula de bola automática de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 1,992.00
VA-12	1	Válvula de mariposa sanitaria automática de 2" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 2,684.40
VA-13	1	Válvula de bola automática de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 1,992.00
VA-14	1	Válvula de bola automática de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 1,992.00
VA-15	1	Válvula de bola automática de 1" NPT acero inoxidable con actuador neumático a 24 V	\$ 1,992.00
VM-02	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	\$ 100.00
VM-03	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	\$ 100.00
VM-06	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	\$ 100.00
VM-08	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	\$ 100.00
VM-10	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	\$ 100.00
VM-11	1	Válvula de bola manual de bronce de 1"	\$ 100.00
VC-01	1	Valvula check bronce 1" NPT	\$ 250.00
VC-02	1	Valvula check bronce 1" NPT	\$ 250.00
VC-03	1	Válvula check de acero inoxidable 2" sanitaria	\$ 250.00
VE-01	2	Válvula de venteo	\$ 150.00

Otros materiales y trabajos para la instalación del sistema por Lote.

1	Cable Blindado 3X18 AWG, licuatite, condulets, tubo eléctrico, soporteria, manguera neumatica poliflo de 1/4", gabinete de acero inoxidable para conexiones	\$ 4,500.00
1	400 mts. Cable y tubería para motor de bomba de 5HP incluye protector termomagnética, interruptores.	\$ 1,000.00
1	Tubería de acero inoxidable 316 sanitaria, conexiones, codos, soporteria, etc.	\$ 11,111.11
1	Tubería de cobre tipo L con conexiones, codos soporteria, etc.	\$ 3,333.33
1	Materiales de construcción, cemento, tablarroca, pintura, acero estructural	\$ 8,050.00
1	Materiales para instalación de aislamiento térmico del sistema	\$ 2,000.00
1	Mano de obra para la instalación eléctrica del sistema	\$ 5,000.00
1	Mano de obra para la instalación mecánica del sistema	\$ 6,666.67
1	Mano de obra para la instalación civil del sistema	\$ 2,222.22
1	Mano de obra para la instalación de aislamiento térmico de la tubería y el tanque colchon	\$ 8,050.00
1	Servicio de modificación de programa en el controlador lógico programable	\$ 10,000.00

Total de costo	\$ 140,406.83
-----------------------	----------------------

4.2 Análisis de riesgos de la implementación del proyecto.

El análisis de riesgo del proyecto se analiza usando la herramienta Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) para determinar cuáles son los riesgos y los planes de mitigación para llevarlo a cabo. Se tiene la tabla 4.2 como resultado del análisis para determinar las premisas a verificar durante la instalación. Cartín-Rojas et al. (2014), Reyes, P. (2007).

De la tabla se determina que los principales riesgos son la contaminación microbiológica de la producción en proceso con 240 puntos la cual es reducido su riesgo al determinar el monitorio microbiológico antes y después de la intervención para la instalación del equipo, esto se logra mediante la limpieza del mismo utilizando detergentes cáusticos y la toma de parte de personal de laboratorio de microbiología de muestra antes del arranque del equipo y durante sus primeros ciclos de producción con posteriores verificaciones programadas y establecidas por el personal del área de calidad.

El segundo riesgo identificado es el exceder el tiempo de paro de la línea de producción, el cual se reduce al realizar el Gantt de la instalación con los tiempos estimados basados en la opinión de los expertos y realizando reuniones para obtener el compromiso de los proveedores de la instalación que terminarán los trabajos de acuerdo al plan establecido. En proyectos de gran tamaño se puede comparar con proyectos similares como es sugerido por la IPA.

El tercer riesgo se determina dentro de las actividades que se realicen de manera segura, para lo cual se revisa que las acciones de las maniobras no interfieran con la operación del resto del área, el entrenamiento a los líderes y personal contratista para que se sigan las normas de asegure y etiquete así como tener el equipo de trabajo, el equipo de protección personal adecuado y herramientas en buen estado para prevenir actividades que lleven a un accidente. Las actividades coordinadas con el personal de operación disminuyen la posibilidad de accidentes en el área.

Tabla 4.2.- Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) para revisar el riesgo del Proyecto de Recuperación de Polímero.

Análisis de Riesgo

Fecha: 7 SEP 2020

Participantes: Lider del proyecto, Ing de Producción, Ing de Calidad,

Firma: _____

Proceso: Instalación de tanque y tuberías para recuperar polímero

Lideres de contratistas, Ing de seguridad.

Lider del Proyecto: Alfonso Mata

Área: Producción

Ing Mantenimiento, Ing de programación.

Análisis del Riesgo								Reducción del Riesgo									
Eapa del proceso	1. RIESGO Modo de falla potencial (¿Qué puede salir mal?)	Efectos de la falla sobre la calidad	Severidad	2. Causas	Probabilidad	Controles Actuales	Detectabilidad	Factor de Riesgo (NPR)	3. Acciones para reducir el riesgo	Responsable	Fecha	Seguimiento	Severidad	Probabilidad	Detectabilidad	Factor de Riesgo (NPR) recalculado	
																	Instalación sistema de recuperación de polímero de líneas de proceso
Daños a la instalación actual		8		3	No se tiene	3	72				Coordinar con Ing de Producción.	8	3	1	24		
Contaminación microbiológica de la producción en proceso.		10	Contaminación ambiental por trabajos	8	No se tienen establecidos.	3	240	Monitoreo microbiológico antes, durante y después de las áreas intervenidas. Monitoreo de producto terminado (frecuencia por definir). Aislamiento con plástico.	Lider del proyecto, Ing de calidad.	12-oct-19	Coordinar con Ing. de Calidad	10	3	1	30		
Exceder el tiempo de paro de la línea de producción		8		5	Definir en un diagrama de Gantt el proyecto de instalación del sistema mecánico, eléctrico	3	120	Monitoreo y control de la instalación mecánica, la recepción previa de los materiales a instalar antes del paro de equipo. La verificación con el programador de la modificación previa antes de hacer el cambio en el PLC	Lider del proyecto, Ing producción, Ing. Mantenimiento, Lideres de contratistas, Ing de Programación	12-oct-19	Coordinar con Ing. de Calidad.	8	3	1	24		
Seguridad durante la maniobra, del personal que realiza la maniobra y de los colegas de planta	Seguridad en la instalación en las líneas y equipos nuevos		8	Levantamiento y traslado de equipo	3	No se tienen establecidos.	5	120	Verificar con los Administradores, respecto al personal que estará laborando en el área maniobras. Considerar el horario de las maniobras no interfiera con la producción.	Lider del proyecto, Ing de Producción, Ing de seguridad	12-oct-19	Coordinar con el Ing. de Producción.	8	3	1	24	
									Los Contratistas toman una capacitación sobre los riesgos de trabajar en el área operativa. Y toman una capacitación sobre asegure y etiqute para prevenir la operación de un equipo accidentalmente	Lider del proyecto, Lideres de contratistas, Ing Seguridad, Ing Mantenimiento	12-oct-19	Coordinar con el Ing. de Seguridad	8	3	1	24	
									Coordinación con el personal de operación..	Lider del proyecto, Lideres de contratistas, Ing producción, Ing Seguridad	12-oct-19	Coordinar con el Ing de Producción	8	3	1	24	

Conclusión del Análisis de Riesgo:

Verificación de la Efectividad: (6 meses) , Lider del Proyecto: Nombre: Alfonso Mata

Fecha: 07-sep-20

En todos los casos la mejora para el análisis de riesgo proviene de las acciones para reducir la probabilidad y mejorar la detectabilidad. Estas acciones son necesarias de detallar en el FEL III para que durante la instalación el riesgo sea de acuerdo a los estimados.

En este proyecto el riesgo se tiene principalmente de la operación, y seguridad durante la instalación. Se pueden incluir riesgos financieros y de cualquiera de los rubros requeridos para la instalación del sistema que se analizaron en la etapa FEL I y FEL II.

4.3 Software para cálculo de costos del proyecto.

El software utilizado para la obtención de los costos unitarios del proyecto más popular en México es el Neodata con un 60% de usuarios, otra opción en el caso de tener disponible es usar el uso del módulo de costos del simulador de ASPEN, este puede servir como alternativa adicional para verificar el costo estimado de una instalación nueva. En el caso de trabajar sobre un equipo ya instalado el software de ASPEN solo dará un valor aproximado sobre el costo total del proyecto en función de las consideraciones agregadas al programa.

En el caso de este proyecto planteado se puede describir los materiales de una manera manual y obtener los costos aproximados a los mostrados en el punto 4.1 de este capítulo basados en los diagramas de tubería e instrumentación del proyecto.

En el Diagrama isométrico es posible tener la cotización de la tubería de forma unitaria para tener un menor error en el cálculo de los materiales utilizados.

En el software de análisis de costos incluye el costo de las personas involucradas en la instalación del equipo por el tiempo utilizado.

El tiempo propuesto para completar la instalación mecánica, eléctrica y civil de este sistema es de 4 semanas una vez teniendo todos los materiales en sitio.

El tiempo del programador para las modificaciones del PLC se estima en 2 semanas para la modificación del software y una semana en probar los cambios en el mismo. Esto incluye el tiempo que le toma trasladarse en caso de no estar en la ciudad de Puebla.

4.4 Tasa de retorno de inversión del proyecto.

La tasa interna de retorno es una tasa porcentual que indica la rentabilidad promedio anual que genera el capital que permanece invertido en el proyecto.

Este proyecto se tiene un estimado de 5 años para verificar su rentabilidad.

El costo del proyecto es de \$140,406.00 USD. Estimado en etapa FEL II.

Se espera recuperar de 3 sistemas el 2% de materia prima usada en una dilución de 300 kg que es lo que queda al menos en el sistema atrapada. Cada ciclo de preparación recupera alrededor de 6 kg de material de acuerdo al análisis de laboratorio, García, I. (2013).

En 5 ciclos de preparación por día son 30 kg diarios en posibilidad de recuperación.

El costo por Kg es de 10 USD por lo que se recuperan 300 USD por día.

EL equipo opera 300 días en el año por lo que son 9000 kg en el año, este material representa 90,000 USD por año.

Para obtener la tasa interna de retorno usando una utilería de Excel para obtener el valor calculado de forma automática que se presenta en la tabla 4.3.

Tabla 4.3.- Calculo de la tasa interna de retorno del proyecto de recuperación de polímero.

Calculo de la TIR		
	Costo	
Año	-140,406.00	Costo del proyecto
1	90000	Ahorro por año
2	90000	Ahorro por año
3	90000	Ahorro por año
4	90000	Ahorro por año
5	90000	Ahorro por año
TIR	57%	

Se calcula la tasa interna de retorno de la inversión (TIR) que queda en 57% el cual es un valor aceptable ya que el 57% es obtenido por rentabilidad por haber realizado la inversión en el proyecto Blank, L. (1999).

El proyecto se cataloga como viable desde el punto de vista financiero. Un proyecto rentable desde el punto de visto de inversión de capital en ingeniería y con un buen diseño está en una tasa mínima de 20% a 30% en la tasa interna de retorno. Peters, M., Timmerhaus, K. (1991).

4.6 Tiempo de ejecución y recursos necesarios.

En la tabla 4.4 se definen los tiempos requeridos para la realización del proyecto y su puesta en operación.

Tabla 4.4.- Tiempo estimado para el proyecto de instalación de equipo para la recuperación de polímero de la etapa FEL II.

Actividad del Proyecto Recuperación de Polímero de equipo de proceso	Semanas
1.- Definición del proyecto FEL I y FEL II	20
2.- Aprobación del presupuesto para el proyecto.	6
3.- Realización de Requisiciones de materiales y servicios.	2
4.- Cotizaciones en firme de los materiales y servicios.	4
5.- Preparación de las ordenes de compra.	2
6.- Tiempo maximo de entrega de materiales (equipos de tiempo de entrega más largo).	12
7.- Instalación mecánica de los materiales y equipos.	2
8.- Instalación eléctrica de los materiales y equipos.	2
9.- Instalación de la modificación en el software.	1
10.- Pruebas de arranque del sistema.	1
11.- Validación y entrega de documentación de la operación del sistema.	4
Tiempo total para la ejecución del proyecto	56

Las personas responsables de la instalación del proyecto son las siguientes por rubro:

1.- Definición del proyecto. En este rubro se tienen todas las personas involucradas en el proyecto para su definición hasta su conclusión.

Se tiene en los responsables directos al Líder del proyecto, los inversionistas del proyecto, el Ingeniero de Seguridad, Ingeniero de Proceso, Ingeniero de calidad, Compradores, Asesores del área financiera, Contratistas mecánicos, Contratistas eléctricos, Ingeniero Programador de PLC.

2.- Aprobación del presupuesto del proyecto. - En esta etapa el equipo técnico de aprobación del proyecto revisa la factibilidad económica y técnica de este y aprueba el monto solicitado para que el área de finanzas pueda ejercer el gasto para los pagos a los proveedores de equipo y de servicios.

3.- Realización de las requisiciones detalladas de los equipos y servicios solicitados. El Líder del proyecto con los requerimientos detallados de equipo y servicios puede

realizar con apoyo de personal de compras la redacción detallada de cada requisición para obtener la cotización de estos y así tener el costo real que será pagado al momento de la entrega del equipo.

4.- Los compradores con las requisiciones detalladas buscan y envían a los proveedores disponibles en el mercado las descripciones para que retornen el costo de cada producto y servicio a realizar en el proyecto.

5.- Los compradores con las cotizaciones de cada equipo y servicio proceden a realizar las órdenes de compra de cada equipo y servicio. Esa información es registrada por el área financiera para hacer la asignación de los recursos financieros para efectuar los pagos en función de las condiciones de compra y los tiempos de entrega de los equipos y servicios.

6.- En el proyecto descrito a continuación se estima que el equipo de tiempo de entrega mayor es la motobomba, el tanque receptor y las válvulas. El tiempo de entrega mayor estimado es de 6 semanas para poder iniciar los trabajos de instalación. La tubería y el acero para el resto de los trabajos tienen un tiempo de entrega menor a estos equipos.

7.- La instalación mecánica requiere de un contratista que tenga el representante del contratista para los trámites administrativos y legales, un ingeniero de campo para interpretación de los planos, diagramas y equipos, un residente de obra o supervisor, uno o dos maestros paileros expertos en soldaduras e instalación de equipos y dos a cuatro ayudantes para el movimiento de los materiales durante la instalación.

De parte del cliente deberá tener un Ingeniero líder del proyecto para los trámites administrativos, un ingeniero de proyecto con la capacidad de interpretar los planos y documentos necesarios para la instalación del equipo y tuberías auxiliares.

8.- La instalación eléctrica del sistema requiere de un contratista que tenga a un representante del contratista para los trámites administrativos y legales, un ingeniero

de campo para interpretación de los diagramas unifilares relacionados con el equipo a instalar, un residente de obra o supervisor, dos maestros en instalaciones eléctricas con cuatro ayudantes para el movimiento de materiales durante la instalación.

De parte del cliente deberá tener un Ingeniero líder del proyecto para los trámites administrativos, un ingeniero de proyecto con la capacidad de interpretar los planos y documentos necesarios para la instalación del equipo y sistemas eléctricos auxiliares.

9.- Para la instalación de la modificación de software se requiere de un ingeniero programador que pueda interpretar los requerimientos funcionales de la operación del sistema para realizar la definición de las entradas y salidas de las señales dentro del PLC y el sistema donde será realizada la operación del equipo. De parte del cliente se deberá tener un Ingeniero de proyecto con la capacidad de interpretar los requerimientos funcionales para verificación de que el programa realiza lo solicitado.

10.- Las pruebas de arranque del sistema son realizadas por el Ingeniero de proyectos responsable de realizar la puesta en marcha del equipo en conjunto con los responsables de la operación final que usaran el sistema de manera cotidiana.

El ingeniero de proyectos y/o el líder del proyecto coordinarán a los involucrados de los trabajos durante la instalación para verificar que el sistema cumple con lo esperado del proyecto.

11.- El Ingeniero del proyecto va recopilando toda la información generada durante la instalación del sistema para poder realizar el documento que compruebe la operación del sistema de acuerdo con los requerimientos del proyecto y entregue una memoria al personal de operación. Los cambios requeridos deben documentarse con un control de cambios y deberá ser reportado al director del proyecto para evaluar la factibilidad y que no altere el curso del proyecto.

4.7 Monitoreo y control del proyecto.

El control del proyecto es un proceso administrativo que es utilizado para poder hacer un seguimiento a cada etapa del mismo, detectar oportunidades que ocasionen retrasos o demoras en el mismo, desviaciones en el costo por cambios durante la instalación. En el caso particular de la recuperación del polímero que cubre este proyecto, el director y el ingeniero de proyecto responsable del mismo tiene las herramientas como los diagramas de Gantt que puede usar para hacer el seguimiento de cada etapa.

Con el diagrama de Gantt puede registrar los tiempos de entrega de los materiales, los tiempos de los trabajos de los contratistas, los tiempos para realizar las requisiciones, realizar las órdenes de compra, verificar el costo del proyecto no tenga desviaciones desfavorables en los costos. Los tiempos de ejecución de un proyecto entre más largo sea se puede tener una variación al costo importante que evite que pueda ser concluido.

El monitoreo por parte de ingenieros experimentados en este tipo de herramientas como FEL y conocer el proyecto permite el control adecuado de los recursos humanos, financieros y llevar a término el proyecto planteado. Las desviaciones que se pueden encontrar durante las instalaciones se deben resolver de manera que los costos del proyecto no sean mayores a la contingencia planeada.

Durante el arranque y las primeras semanas de operación se puede verificar la efectividad del proyecto para evaluar que la TIR sea congruente con el resultado esperado. El resultado para la TIR es obtener más del 20% para considerar el proyecto como exitoso y que cumple las expectativas.

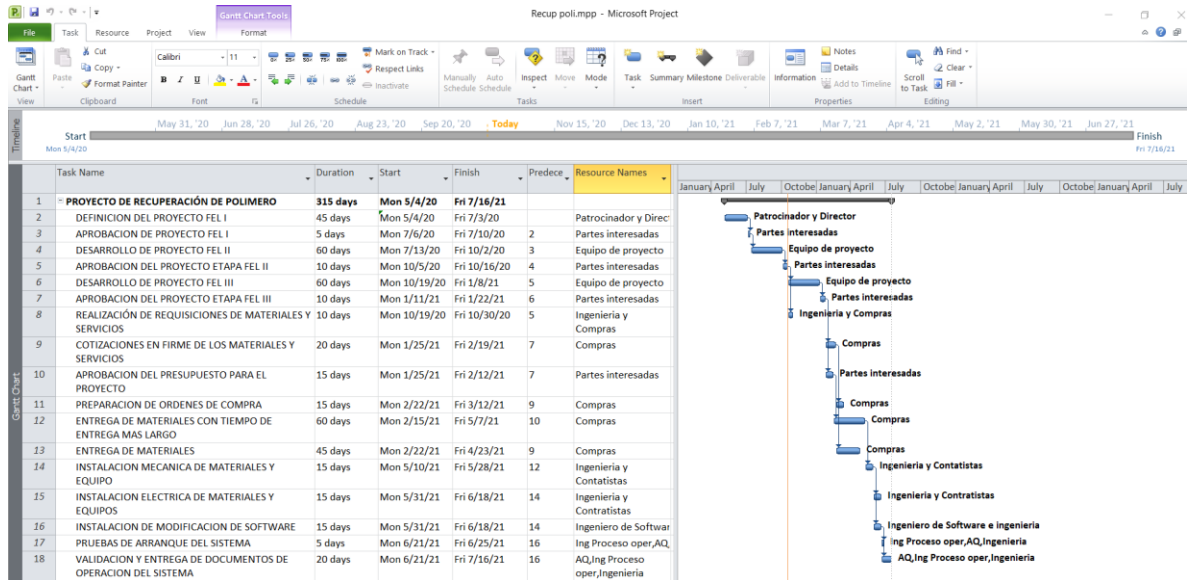


Figura 4.2.- Diagrama de Gantt con los tiempos para el monitoreo y control del proyecto.

Los diagramas de Gantt pueden ser tan detallados como el usuario lo desee para tener una visualización completa del proyecto. La figura 4.2 está realizada en Microsoft Project. Cada área funcional puede meter sus propias actividades en un diagrama detallado del proyecto y actualizar la información dentro del mismo.

En el caso del Proyecto de recuperación de polímero su alcance es desarrollar hasta FEL II, pero para poder completarlo se requiere desarrollar por completo FEL III para tener los detalles del sistema y proceder a la instalación del sistema.

Capítulo 5.- Conclusiones del Proyecto.

5.1 Resultados esperados de la implementación del proyecto.

La metodología FEL da una estructura para análisis de proyectos en ingeniería que da ventajas competitivas al usuario y las partes interesadas y permite un mejor seguimiento a proyectos más complejos en tamaño y tiempo.

Se analizó con los usuarios la ingeniería y los análisis de factibilidad en costo y retorno de la inversión para estar listos para la instalación del sistema y llegar a la etapa de aprobación de FEL II, para estar listos para completar los procesos de FEL III, proceder a la autorización de recursos para comprar los materiales y realizar la ejecución.

El sistema es factible de instalación por las áreas disponibles y los equipos que se van a utilizar. Los estudios de la estructura civil aprueban la construcción del sistema en las áreas designadas.

El costo verificado después de revisar los análisis de laboratorio de la cantidad de material con posibilidad de recuperación nos da una recuperación de \$90,000.00 USD al año el cual es un monto importante ya que en este momento ese dinero se va como merma en las etapas de lavado del equipo.

La tasa interna de retorno anualizada rebasa al mínimo de 20% para definir que es factible desde el punto de vista de operación, el esperado de TIR anualizado es de 57%.

Del análisis con el personal responsable de la operación, los contratistas mecánicos, eléctricos y civiles encargados de la instalación se define que el sistema una vez aprobado y teniendo todas las partes puede instalarse en 4 a 6 semanas. Los detalles de la velocidad de la instalación se verían en FEL III. Las interconexiones del mismo pueden realizar en una semana parando el equipo que opera en proceso intermitente (Lote).

La modificación al software para la operación del sistema puede ser realizada fuera de línea y al momento de las pruebas del equipo previo al arranque se completa el cambio para la operación.

Pruebas con agua del sistema deben realizarse previamente al arranque con producto.

La aprobación de la parte de calidad y microbiológica es importante para que no se tenga ningún impacto al producto final una vez ejecutados los cambios al proceso.

5.2 Modelo de planteamiento ejecutivo para los directivos de la empresa sobre la metodología FEL.

En las empresas de mediano y pequeño tamaño, la conceptualización de proyectos con montos inferiores a un millón de dólares americanos (USD), proporciona a las partes interesadas la idea o imagen de que es un proyecto simple y que varios pasos pueden ser omitidos o pasados por alto. Esta acción en la mayoría de las ocasiones genera re trabajos o demoras importantes en las fases de implementación o instalación.

En la mayoría de los casos que no usan FEL el costo es rebasado por los detalles no contemplados de inicio y el proyecto no es posible culminarlo sin modificaciones y replanteamiento de los costos y tiempos de instalación.

El uso de una metodología como FEL, estructurada y con fases de aprobación una vez que se revisaron todos los pormenores de la propuesta inicial, la viabilidad técnica de construcción, operación y generación del producto o bien, el impacto al medio ambiente, a la seguridad de la operación y su parte financiera hacen que las fases de ejecución del proyecto sean sencillas y estén en los tiempo marcados por las partes interesadas.

EL seguimiento a los planos de ingeniería, los equipos solicitados a compras, las tuberías, equipo comprado y cumplimientos a normas de construcción y operación promueven un ambiente de proyectos bien elaborados y con la obtención del beneficio planeado tan pronto como se complemente la instalación generando desde el inicio el retorno de la inversión en base a los cálculos proyectados.

En el proyecto de recuperación aquí planteado esas fases revisadas una por una dan la seguridad de que el proyecto se lleve a cabo de una forma adecuada y cumpla sus objetivos.

Las bases bien elaboradas del proyecto también ayudan a la generación de la documentación de ingeniería del producto durante la operación más rápido. La parte de calidad siempre se mantiene en los estándares.

5.3 Principales obstáculos para el desarrollo de la metodología FEL en el desarrollo de este proyecto.

Los principales obstáculos encontrados para seguir la metodología FEL en empresas medianas y pequeñas es la información limitada para enviar a los ingenieros de proyectos a recibir un adiestramiento adecuado de FEL y que al ponerlo en práctica el retorno de la inversión en la capacitación de las personas responsables sea el adecuado.

La ingeniería de proyectos normalmente se desarrolla en las empresas de la forma tradicional muchas veces basándose en las experiencias de previos trabajos y el análisis detallado muchas veces se realiza de manera muy superficial para ahorrar los costos de la ingeniería, cuando el costo de la ingeniería normalmente está al nivel de 6 a 10 % del costo total del proyecto.

Se requiere de personal que haya recibido entrenamiento para poder manejar proyectos de diferentes niveles. En muchos casos en compañías donde se instalan equipos similares con una sola vez que se realicen las ingenierías se tiene la idea preconcebida de que son iguales o muy parecidos y que los mismos planos y la misma ingeniería puede ser usada, y se pueden omitir acciones importantes como la verificación de impacto al medio ambiente, al personal operativo, a los tamaños de los almacenes o capacidad de manejo de materiales que pueden generar problemas durante la ejecución o después de la conclusión del proyecto.

En proyectos donde normalmente se generan nuevas ideas o conceptos del mismo es necesario realizar todo el camino con la velocidad más alta permisible sin sacrificar y omitir actividades que pueden resultar en la cancelación o el fracaso del proyecto al no obtener los resultados esperados de costo, tiempo de instalación o calidad del producto.

En algunos proyectos la carencia de información sensible sobre el entorno al lugar de la instalación como permisos, disponibilidad de recursos tanto para los servicios como humanos para la operación pueden hacer que el proyecto sea un rotundo fracaso cuando alguna parte es omitida.

Las regulaciones medioambientales son causa de muchos proyectos fallidos si los productos o subproductos de la fabricación sobrepasan los límites definidos por las autoridades del lugar de la instalación. Esta omisión puede generar multas que afecten el flujo de efectivo de la operación y el costo total.

La correcta definición de la tecnología a utilizar se requiere de analizar, verificar el pago de regalías para verificar las cláusulas legales que impliquen cambios en el largo plazo que no puedan ser cumplidos y el proyecto no opere dentro de los márgenes de ganancia definidos.

5.4 Propuesta de mejoras encontradas durante desarrollo del proyecto.

El proyecto aun siguiendo las etapas de FEL puede caer en la tentación de omitir por desconocimiento algunos entregables ya que al ser un proyecto de bajo costo se calcula que el error en los costos puede ser absorbido sin problemas.

La capacitación en la estructura de la metodología de FEL para todos los involucrados en el proyecto es un activo muy valioso que una vez que se tiene el procedimiento y usando la disciplina de realizar las actividades en la secuencia adecuada, los resultados esperados son muy promisorios.

Es posible que durante el desarrollo de cualquier proyecto pueda existir alguna idea nueva que ponga en duda que el proceso sea la mejor opción, en este caso la documentación de las modificaciones por medio de un control de cambios es de suma importancia, la cuantificación del impacto a favor o en contra en el costo o tiempo de instalación entre los puntos más sensibles del proyecto permite seguir teniendo la visibilidad de una conclusión exitosa.

La comunicación en muchos casos debe quedar bien estructurada y todos deben saber cómo van las cosas para tener un orden y cumplir los tiempos. En varias ocasiones durante la construcción no se toma en cuenta el tiempo que requiere el personal de diferentes especialidades en las áreas de trabajo y tienden a tratar de hacer trabajo en el mismo lugar al mismo tiempo, por eso el director del proyecto debe poner énfasis durante la planeación en los tiempos que ocupa cada equipo de trabajo para tener un avance sin contratiempos. El poder enviar equipos a trabajos nocturnos o de fin de semana para que no se traslapen con los que trabajan de día hace más eficiente el tiempo para la instalación. Aquí negociar con las compañías de construcción es importante desde un inicio porque en ocasiones se niegan a trabajar en horarios nocturnos principalmente o de fines de semana.

Involucrar al personal operativo en el FEL II es importante porque al realizar ellos los trabajos al terminar la instalación pueden aportar ideas que den un mejor panorama operativo, a su vez se logra el involucramiento que los lleva a tomar el proyecto como suyo y la posibilidad de éxito es mayor.

Al finalizar el proyecto es importante que los sistemas de mantenimiento tengan la información de todo el equipo nuevo instalado para tenerlo en un mantenimiento preventivo-predictivo que logre un tiempo de utilización del sistema nuevo elevado y costos bajos.

Los permisos e impactos al medio ambiente en los últimos años ha tomado fuerza gracias a una conciencia ecológica desarrollada en todo el personal, el análisis de riesgo da mucha información sobre los cumplimientos y los impactos al medio ambiente benéficos y adversos que pueden ser evaluados para mantener el riesgo bajo.

En este proyecto un resultado obtenido adicional es la reducción de la emisión de materia prima al sistema de tratamiento de agua logrando un ahorro adicional durante la operación del sistema una vez concluido.

En una etapa posterior este proceso de FEL puede ser llevado a un software que permita seguir los pasos del proyecto de manera ordenada y sin omitir o justificar un solo entregable.

5.5 Ventajas competitivas de la implementación de este proyecto usando la metodología FEL.

Los proyectos estructurados bajo la metodología de FEL tienen una gran posibilidad de éxito si las etapas y las evaluaciones son realizadas de manera correcta, realizando los análisis correspondientes de cada tema que puede o no generar un entregable, pero puede existir un documento donde se plasme que el tema fue revisado con el debido apego a los requerimientos de la etapa.

El costo del proyecto y el tiempo de implementación son predecibles y sus porcentajes de desviación serán bajos. En ocasiones el tener la opinión de un experto en el proyecto que se desea lograr es de suma importancia ya que puede estimar de manera realista las diversas actividades. En el medio pueden existir personas con experiencia baja en el proyecto a evaluar y puede ocasionar errores que pueden ir desde simples hasta muy costosos que lleven a la cancelación del proyecto.

Las tendencias de crear proyectos de tamaño moderado son los que actualmente están en los planes de muchas empresas, pero con el conocimiento adecuado se pueden crear proyectos de millones de dólares con mucho éxito en el tiempo definido.

Los análisis a los proyectos de innovación adecuados pueden ser generadores de rentabilidad muy eficientes, en este caso puede haber áreas no cubiertas por ser actividades nuevas o sin experiencias previas, pero con una buena estructura de FEL estos proyectos pueden llegar a buen término.

La buena estructura del proyecto de FEL logra completar los proyectos y queda como memoria de cálculos para realizar futuros proyectos. Las bases de datos que tienen la IPA o el *Construction Industry Institute* siempre serán una buena fuente de investigación si el proyecto está dentro de los que ellos tienen evaluados previamente.

Otro factor que ayuda a realizar los proyectos más rápido es el caso de expansiones donde la información previa puede usarse nuevamente para proyectos del mismo tipo y ahorra tiempo y dinero al tener muchos estudios o documentos disponibles para acelerar el proceso de entregables para su análisis.

Aunque en este proyecto se completó el alcance hasta FEL II se muestra que las acciones tomadas permiten visualizar un FEL III muy rápido y con probabilidad de éxito muy alta.

La Tasa interna de retorno del 57% que se presenta en este estudio permite realizar el proyecto con una posibilidad de éxito elevada ya que tiene un margen bastante considerable y el retorno de la inversión está asegurado.

El polímero recuperado será de impacto para la reducción de costos de la empresa y eso genera un margen operativo mayor al actual. El dejar de emitir residuos sólidos disueltos a la planta de tratamiento de agua permite ahorrar costos operativos de la planta.

El personal involucrado tiene una participación en cada fase con su experiencia para que la probabilidad de éxito sea mayor que la media del mercado.

El director e ingeniero del proyecto con la experiencia adecuada sobre el tipo de proceso será una ventaja competitiva para llegar las metas establecidas en FEL II.

La formación de equipos multidisciplinarios permite tener un panorama de mayor amplitud en la evaluación, construcción y puesta en marcha. El final del proyecto para el equipo será tener un cliente o partes interesadas satisfechas y listas para enfrentar nuevos retos.

Bibliografía y Referencias.

Agbor, V. B., Cicek N., Sparling R., Berlin A., Levin D.B. (2006). Biomass pretreatment: Fundamentals toward application. *Resources, Conservation and Recycling* 47 209–221

Blank, L. (1999). *Ingeniería Económica, 4a edición Mc Graw Hill.* ISBN 958-600-966-1. 204,209.

Cartín-Rojas et al. (2014). Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual. *Rev. Med. Vet.* ISSN 0122-9354: No 27 enero-junio 2014, paginas 133-148.

Concas, G., Lunesu, M.I., Marchesi, M., and Zhang, H. (2013). Simulation of software maintenance process, with and without a work-in-process limit. *J. Softw. Evol. and Proc.* 25:1225–1248.

Construction Industry Institute. (1998). Improving Early Estimates, Best Practices Guide Implementation Resource 131-2; The University of Texas at Austin, (September 1998). 1 - 2.

Construction Industry Institute. (1994). Pre-Project Planning Research Team. Publication 39-1; the University of Texas at Austin, (December 1994). 1.

Cortés, M. (2012). Metodología de la investigación. Editorial Trillas, México, 2012. Pág. 42-46.

Diplomado en administración de proyectos, PEMEX-BUAP, Módulo 1. (2014).

Diplomado en Administración de proyectos, PEMEX-BUAP, Módulo 3. (2014).

Feller, R.L. (1990). Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation. The Getty Conservation Institute, (1990).

Flores, C. (2006). Definición Inicial Del Proyecto (FEL), una mejor práctica para incrementar el desempeño de los proyectos. Tesis de Licenciatura. Director: Ortiz J. UNAM Facultad de Química.

Garcia, I. (2013). Estudio de ingeniería para determinar el polímero residual en equipo de proceso. Capsugel planta Puebla.

Gray, C.F. , Larson, E.W. (2003). Project Management. 2nd Edition. Mc Graw Hill. ISBN 0-07-283348-3, 23, 24 y 25.

Hernandez, S. R. , Fernandez, C. C., Baptista, L.P. (1998). Metodología de la Investigación. 2da edición. *Mc Graw Hill*. ISBN 970-10-1899-0. 23, 24.

Kiss et al. (2011). Monomer/solvent separation and recycle process for polypropylene containing Polymers. *Patent No. US 8,067, 512 B2*. USA.

Manual de publicaciones de la American Psychological Association. (2010). Version abreviada/Tr. Miroslava Guerra Frias. 2a edición. Editorial El Manual Moderno.

McGinn et al. (2003).Method for control of a chemical manufacturing process.*Patent No. US 6,590,131 B2*.USA.

Merrow, E. (2011). Industrial megaprojects: Concepts, Strategies, and Practices for Success. Merrow Edward W. John Wiley and Sons, 2011.

Nunes dos Santos, W., MarcondesAgnelli, J.A., Mummery, P., Wallwork, A. (2007). Effect of recycling on the thermal properties of polymers.*Polymer Testing* 26, 216–221.

Patel, A. (2008). Best Practices in Front-End Design. *BentleySystemsIncorporated*.BAA015690-1/0002. [http://ftp2.bentley.com/dist/collateral/whitepaper/FEED screen whitepaper plant .pdf](http://ftp2.bentley.com/dist/collateral/whitepaper/FEED_screen_whitepaper_plant.pdf). Consultado en Abril 2014.

Petróleos Mexicanos. (2012). Manual del Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos. 03-2012-050709433300-14. 49, 76,106.

Peters, M., Timmerhaus, K. (1991). *Plant design and Economics for Chemical Engineers*, 4th edition, *Mc Graw Hill*. ISBN 0-07-100871-3. 314-315.

Project Management Institute. (2008). Guía de los Fundamentos para la dirección de proyectos (Guía Del PMBOK) 4ª ed. *Project Management Institute*. ISBN 978-1-933890-72-2. 29.

Reyes, P. (2007). Análisis de modo y efecto de falla (Versión 3.0). Recurso Libre consultado en <http://www.icim.com/files/PFMEA.doc>

Shlopach et Al. (2014). *Front End Loading as an integral Part of the Project Execution Model in Lean Shipbuilding, Contract and Cost Management, Proceedings IGLC-22 June 2014. Oslo Norway. Página 207-220.*

Smith, C. (2000). Improved Project definition ensures value-added performance part 1 & part 2. *Hydrocarbon processing*, August, 95-99 & September 99-104.

Stephen, AM. (2006). Polysaccharides and their applications, 2nd ed. Tylor and Francis Group, Boca Raton FL, pp 147-179

Tam, V.W.Y., Tamb, C.M. (2006). A review on the viable technology for construction waste recycling. *Resources, Conservation and Recycling* 47 (2006) 209–221.

Tapia, C. (2004). Research and Metrics Measuring Capital Project Best Practices. IPA. Carlos Tapia, Bellingham, WA, 25Feb 2004. www.ipaglobal.com
<https://www.nwccc.org/wp-content/uploads/2015/06/tapia.pdf>

Wuestenberg, T. (2014). Cellulose and Cellulose Derivatives in the food industry: Fundamentals and applications. Wuestenberg Tanja, John Wiley and Sons, August 5, 2014.

Whistler, R.L. (1993). Industrial Gums, Polysaccharides and their Derivatives, 3rd edition, Academic Press Inc., San Diego, Chapter 18.

Zorrilla, S. (1995). Introducción a la metodología de la investigación, 14 edición, Aguilar, León y Cal Editores, México, Capítulo 4.