Metodología para Estructurar los Procedimientos para Validación de Proyectos de Eficiencia Energética

(MSVV-01)

VersiónSV5.1

5 de Agosto de 2017

Tabla de Contenido

1. Introducción 1
1.1. Definiciones que se utilizarán en el presente documento 3
2. Datos Generales del Proyecto 5
2.1. Preparación para el Registro del Proyecto 5
2.2. Descripción del Proyecto 6
2.3. Condición de Operación Actual 6
2.4. Condición de Operación Propuesta 8
3. Información Energética del Proyecto 10
3.1. Marco Teórico 10
3.2. Indicadores de desempeño energético (IDEn) 16
3.3. Índice de Mejora del Desempeño Energético (IMDEn) 20
3.4. Ahorro Energético y Compensación Económica 22
3.5. Consideraciones Económicas 24
3.6. Reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CO2e) 30
4. Medición, Reporte y Validación 33
4.1 Generalidades 33
4.1. Sistema MRV 36
4.2. Implementación del Sistema MRV 37
5. Información sobre disposición de residuos 43
5.1. Equipos sustituidos 43
5.2. Generación potencial de residuos 43
5.3 Plan de manejo de residuos 44
6. Información sobre el Cronograma de Trabajo 46
6.1 Estructura del Cronograma 46
6.2. Recomendaciones 46
7. Valoración de los criterios 48
ANEXOS 48
Anexo 1 – Fichas descriptivas y modelizaciones propuestas para cada tecnología 1
Anexo 2 – Caracterización de Motores para cálculo de indicadores de desempeño energético 2
Anexo 3 - Caracterización de Aire comprimido para cálculo de indicadores de desempeño energético 51

Lista de Figuras

Figura2-1: Ejemplo del Registro y Datos Generales de un Proyecto. 5
Figura 2-2: Ejemplo de la Descripción de un Proyecto. 6
Figura2-3: Ejemplo de diagrama asociado a la condición de operación actual de un proyecto. 7
Figura2-4: Ejemplo sobre la referencia de equipos actuales identificados en un proyecto..... 8
Figura2-5: Ejemplo sobre la referencia a equipos propuestos en un proyecto..... 9
Figura3-1: Conceptualización de Línea Base. 11
Figura 3-2: Relación entre Ahorro Energético e índice de Mejora de Desempeño Energético. 12
Figura 3-3: Ejemplo de variables relevantes, no relevantes y parámetros controlados en una caldera de vapor. 14
Figura 3-4: Ejemplo de Indicador de Desempeño Energético Base, tabla tomada de ejemplo propuesto 18
Figura 3-5: Ejemplo de Indicador de Desempeño Energético Estimado, tomada de ejemplo propuesto. 19
Figura 3-6: Ejemplo sobre el índice de Mejora obtenido, tomada de ejemplo propuesto. 21
Figura 3-7: Línea de Base Energética, gráfica tomada del ejemplo propuesto 20
Figura 3-8: Tabla tomada del ejemplo propuesto..... 25
Figura 3-9:..... 28
Figura 3-10: Tabla tomada del ejemplo propuesto..... 30
Figura 3-11:..... 33
Figura 4-1:Sistema de MRV para el Programa de Financiamiento para Eficiencia energética 36
Figura 4-2:..... 38
Figura 4-3: Ejemplo de reporte 39
Figura 5-1:..... 43
Figura 5-2:..... 44
Figura 6-1: Tomado del ejemplo propuesto..... 43

Lista de tablas

Tabla 1: Formatos utilizados para estandarizar información para la validación de proyectos. 1
Tabla 2: Ejemplifica el desempeño de un proyecto 23
Tabla 3: Categorías de proyectos de eficiencia energética 31
Tabla 4: Elementos de la medición 35
Tabla 5: Parte del contenido de reporte 35
Tabla 6: 48

1. Introducción

El objetivo fundamental de este documento es proporcionar una guía para construir los mecanismos de validación. El documento contiene una guía de cómo se deben estimar los ahorros energéticos de los proyectos. Asimismo, el documento contiene la explicación de los diferentes formatos que conforman los mecanismos de validación. Anexo a este documento se encuentran propuestas de formatos que pueden ser usados por los Bancos Nacionales de Desarrollo. El objetivo de los formatos es estandarizar la información para poder estandarizar la evaluación.

Los Formatos que se anexan, y que se explican en este documento están descritos en la siguiente tabla:

***Tabla 1**: Formatos utilizados para estandarizar información para la validación de proyectos.*

CLAVE	DOCUMENTO
P01-CONTRATISTA	Formato de Solicitud de Validación de Contratista
V01-CONTRATISTA	Informe de resultados de validación de Contratista
P02-PROYECTO	Formato de Solicitud de Validación de proyecto
P02AX-TECNOLOGÍA	Formulario de registro de tecnología usada (X = un número)
V02-PROYECTO	Informe de resultados de validación de proyecto y tecnología
P03-INSTALACIÓN	Formato de Solicitud de Validación de Puesta en Marcha del proyecto
V03-INSTALACIÓN	Informe de resultados de validación de Puesta en Marcha de proyectos
V04-REPORTEO	Formato de Reporteo
MSVV-01	Metodología para estructurar proyectos de eficiencia energética

Cada proceso consta de dos formatos, el primer formato tiene objetivo capturar y organizar la información relevante que se va a evaluar, el segundo formato tiene como objetivo dar los resultados del proceso de validación.

La metodología para estimar el ahorro energético está basada en los estándares de ISO 50006:2014 e ISO 50015:2014, familia de la norma de desempeño energético ISO 50001:2011 y en donde se establecen los criterios para el desarrollo de una línea base e instrumentos para el establecimiento de un sistema de Medición, Reporte y Validación (MRV); además de la Ley General de Electricidad, Reglamentos, Acuerdos, Normativas y Procedimientos vigentes en la República de El Salvador.

El presente manual está diseñado para poder evaluar seis tecnologías que se incluyen como parte del programa. Uno de los objetivos de trabajar sólo con ciertas tecnologías es de estandarizar los procesos de medición, validación y reporte. Es posible incluir otras tecnologías de eficiencia energética más adelante pero se requerirá adaptar algunos formatos.

Cabe destacar que para que un Contratista sea considerado para la ejecución de proyectos de eficiencia energética es necesario ser validado por la Unidad Validadora usando los formatos destinado para este efecto P01-CONTRATISTA y V01-CONTRATISTA.

Adicionalmente, es importante tomar en cuenta los tiempos de validación que cada procedimiento requiere poder ser evaluado por parte de la Unidad Validadora y los costos.

El documento está estructurado en 6 partes y en una forma secuencial que describe cómo estructurar un proyecto de eficiencia energética. A continuación, se muestra la estructura de este documento para que sirva como una referencia inmediata de las tareas que el Contratista debe preparar para presentar cada proyecto de eficiencia energética.

1. Introducción
2. Datos generales del proyecto
   - 2.1. Preparación para el Registro del Proyecto
   - 2.2. Descripción del proyecto
   - 2.3. Condición de operación actual
   - 2.4. Condición de operación propuesta
3. Información Energética del proyecto
   - 3.1. Marco teórico
   - 3.2. Indicadores de Desempeño Energético (IDEnBase e IDEnEstimado)
   - 3.3. Índice de Mejora en el Desempeño Energético (%)
   - 3.4. Ahorro estimado
   - 3.5. Reducción de emisiones
   - 3.6. Consideraciones económicas
4. Proceso de medición
   - 4.1. Diseño del sistema de medición

4.2. Levantamiento de datos
4.3. Análisis de datos
4.4. Reporte de resultados
5. Información sobre disposición de residuos
5.1. Equipos sustituidos
5.2. Generación potencia de residuos
5.3. Plan de manejo de residuos
6. Información sobre plan de trabajo
6.1. Estructura del Cronograma
6.2. Recomendaciones
7. Valoración de criterios

Dicha información deberá de solicitarse en los formatos P02-PROYECTO y en el P02AX-TECNOLOGÍA:

Definiciones que se utilizarán en el presente documento

Ahorro estimado	El ahorro que se compromete a entregar un Contratista por el cambio de un equipo, se calcula con los datos de la tecnología existente y los datos de la tecnología propuesta. Expresado en kWh
Ahorro efectivo	El ahorro que se calcula a partir con los datos de las mediciones a la nueva tecnología ya instalada. Expresado en kWh
Indicador de Desempeño Energético (IDEn)	Valor cuantitativo o medida del desempeño energético construido con el consumo de energía de entrada y el trabajo entregado por la tecnología
Indicador de Desempeño Energético Base ($IDEn_{Base}$)	Valor cuantitativo que representa la relación entre el consumo de energía de la tecnología existente y su trabajo entregado
Indicador de Desempeño Energético Estimado ($IDEn_{Estimado}$)	Valor que representa la relación entre el consumo de energía que se espera de la nueva tecnología entre el trabajo que ésta va a entregar
Indicador de Desempeño Energético Efectivo ($IDEn_{Efectivo}$)	Valor que representa la relación entre el consumo de energía medido entre el trabajo que entrega
Indicador de Desempeño Energético Registrado ($IDEn_{Registrado}$)	Valor que representa la relación de cada uno de los datos tomados en un tiempo establecido, con el objeto de dar trazabilidad a los datos obtenidos sobre los ahorros logrados
Índice de Mejora del Desempeño Energético (IMDEn)	Valor expresado en porcentaje que representa la relación entre los diferentes tipos de indicadores de desempeño energético
Índice de Mejora del Desempeño Energético Estimado ($IMDEn_{Estimado}$)	Porcentaje de proyección que se encuentre integrado por el $IDEn_{Base}$ y el $IDEn_{Estimado}$

Índice de Mejora del Desempeño Energético Efectivo ($IMDEn_{Efectivo}$)	Porcentaje real de mejora en el desempeño energético integrado por $IDEn_{Base}$ y el $IDEn_{Efectivo}$
Línea Base Energética (LBEn)	Representación de los indicadores en períodos representativos
Variable relevante	Elemento de la tecnología que afecta directamente al consumo de energía
Variable no relevante	Elemento de la tecnología que no afecta de manera significativa el desempeño energético
Parámetro controlado	Condiciones de medición bajo las cuales los datos para la construcción de los indicadores de desempeño energético
Período de vida útil del proyecto	Tiempo en el que el Contratante obtendrá beneficios de la mejora del desempeño energético y se relaciona con la inversión realizada y la operación de la tecnología
Ciclo de validación	Tiempo en que se debe emitir un reporte para la liberación de retención con la información de los datos medidos bajo parámetros controlados
Período de reporte preventivo	Tiempo de evaluaciones intermedias o entre ciclos de validación que sirven de supervisión y control de las mejoras obtenidas
Período de medición controlado	Tiempo que determina para la caracterización inicial y en sitio de las tecnologías
Frecuencia de recolección de datos para medición	Tiempo establecido en el que se registran los datos que componen los indicadores de desempeño energético
Contratista	Proveedor encargado de realizar la propuesta para la validación del proyecto
Índice de Desviación	Porcentaje que indica la inconsistencia entre el valor estimado y el valor efectivo
GEI	Gases de Efecto Invernadero, se define así por su capacidad de retención de calor

2. Datos Generales del Proyecto

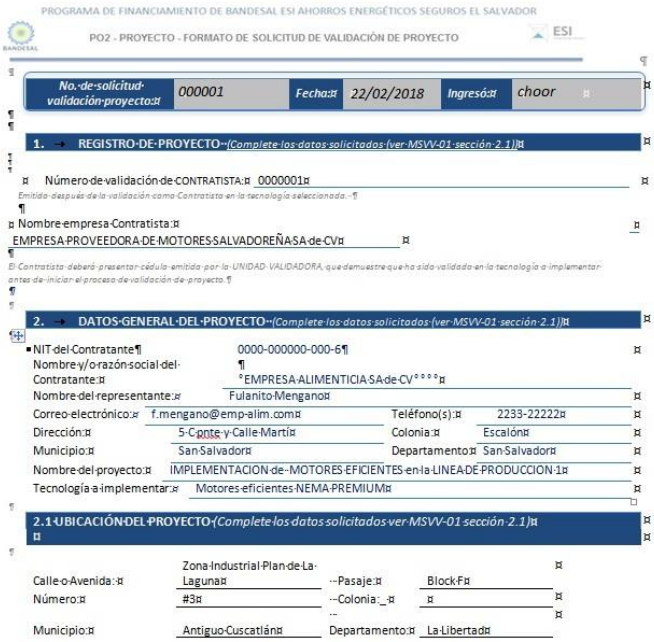
El objetivo de este apartado es proporcionarlos lineamientos y recomendaciones para que el Contratista desarrolle una perspectiva general del proyecto, describiendo el enfoque principal del mismo en términos de modernización y eficiencia energética, así como la conceptualización gráfica de los equipos principales, equipos secundarios e instalaciones, tanto actuales como futuras, así como su perímetro de actuación y los puntos de medición necesarios para la estructuración del sistema de MRV.

2.1. Preparación para el Registro del Proyecto

El registro del proyecto parte de contar con la información mínima necesaria para dar estructura a la nueva solución. Asume que el Contratista ha realizado un diagnóstico de la situación actual de su Contratante en donde se sustente y justifique la medida de mejora y la aplicación de la tecnología propuesta.

En la **figura 2-1** se encuentra un ejemplo del encabezado del registro de proyecto por parte del Contratista, misma que deberá de incluirse en el formato P02-PROYECTO, en el apartado correspondiente a “REGISTRO DEL PROYECTO” y “DATOS GENERALES DEL PROYECTO”, el cual es entregado a la Unidad Validadora.

***Figura 2-1**: Ejemplo del Registro y Datos Generales de un Proyecto.*



PROGRAMA DE FINANCIAMIENTO DE BANDESAL ESI AHORROS ENERGÉTICOS SEGUROS EL SALVADOR

PO2 - PROYECTO - FORMATO DE SOLICITUD DE VALIDACIÓN DE PROYECTO

No. de solicitud validación proyecto:	000001	Fecha:	22/02/2018	Ingresó:	choor

1. REGISTRO DE PROYECTO *(Complete los datos solicitados (ver MSVV-01 sección 2.1))*

Número de validación de CONTRATISTA: 0000001

Emitido después de la validación como Contratista en la tecnología seleccionada.

Nombre empresa Contratista:
EMPRESA PROVEEDORA DE MOTORES SALVADOREÑA SA de CV

El Contratista deberá presentar cédula emitida por la UNIDAD VALIDADORA, que demuestre que ha sido validado en la tecnología a implementar antes de iniciar el proceso de validación de proyecto.

2. DATOS GENERAL DEL PROYECTO *(Complete los datos solicitados (ver MSVV-01 sección 2.1))*

NIT del Contratante	0000-000000-000-6		
Nombre y/o razón social del Contratante:	°EMPRESA ALIMENTICIA SA de CV°°°°		
Nombre del representante:	Fulanito Mengano		
Correo electrónico:	f.mengano@emp-alim.com	Teléfono(s):	2233-22222
Dirección:	5 C pnte y Calle Martí	Colonia:	Escalón
Municipio:	San Salvador	Departamento:	San Salvador
Nombre del proyecto:	IMPLEMENTACION de MOTORES EFICIENTES en la LINEA DE PRODUCCION 1		
Tecnología a implementar:	Motores eficientes NEMA PREMIUM		

2.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO *(Complete los datos solicitados ver MSVV-01 sección 2.1)*

Calle o Avenida:	Zona Industrial Plan de La Laguna	Pasaje:	Block F
Número:	#3	Colonia:	
Municipio:	Antiguo Cuscatlán	Departamento:	La Libertad

2.2. Descripción del Proyecto

De una forma narrativa, el Contratista debe describir el proyecto de una forma general, incluyendo la descripción de las condiciones de operación e instalación actual de la tecnología a sustituir, así como la información de los equipos auxiliares existentes que se encuentren dentro del perímetro de las instalaciones del Contratante. También se incluirán en la descripción los equipos propuestos a sustituir y las consideraciones generales de instalación y operación actual. El objetivo es que esta descripción permita identificar las condiciones de trabajo actuales y las condiciones que se están buscando con los nuevos equipos propuestos.

De una manera enunciativa y no limitativa, el Contratista deberá describir los siguientes elementos:

- Las generalidades de la industria en términos de uso y consumo de la energía;
- Situación actual de las instalaciones del Contratante;
- La tecnología a utilizar para generar eficiencias en las instalaciones del Contratante;
- El proceso de producción en donde se instalará el equipo; y
- El ámbito y límites en donde se instalarán los equipos.

En la **figura 2-2** se encuentra un ejemplo de la descripción del proyecto, misma que deberá de incluirse en el formato P02-PROYECTO, en el apartado correspondiente a "DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO".

***Figura 2-2**: Ejemplo de la Descripción de un Proyecto.*

INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO *(Complete la información solicitada)*

Descripción del proyecto
El proyecto se orienta a la modernización de las líneas de envasado, específicamente en la elaboración de bebidas no carbonatadas en donde se identificó un equipamiento obsoleto con más de 9 años de operación y con una tecnología poco eficiente. *Con base en lo anterior, se propone la sustitución de un motor eléctrico convencional, por uno de alta eficiencia que aporte un incremente de potencia, con un consumo eléctrico menor al motor existente.* *El ámbito del proyecto está acotado en la sustitución de este motor sin considerar ajustes mayores a la instalación.*

2.3. Condición de Operación Actual

El Contratista debe hacer un diagrama esquemático de la instalación a sustituir con el objeto de dar a la Unidad Validadora del proyecto, los elementos necesarios para comprender el estado de la tecnología que se busca sustituir y su perímetro de actuación.

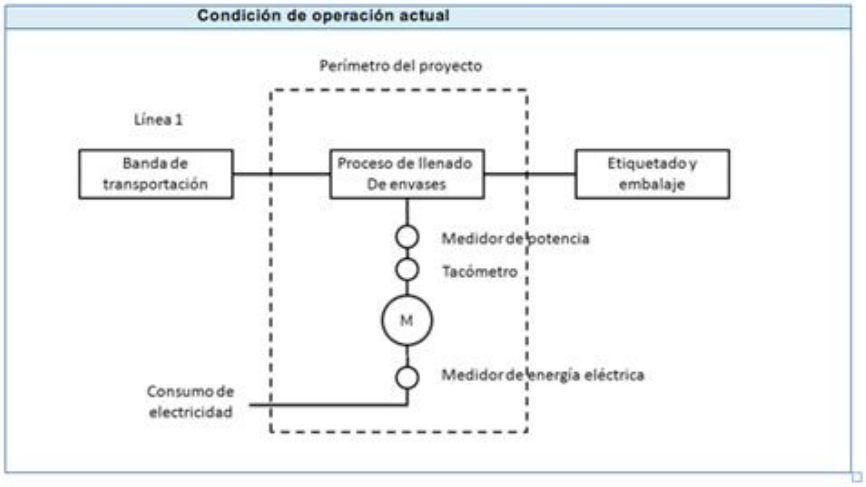
Asimismo, este diagrama deberá proporcionar elementos para comprender la propuesta y los elementos que utilizó el Contratista para justificar el proyecto y tener elementos para evaluar que lo propuesto tenga una razonabilidad tecnológica.

Los elementos mínimos que el diagrama debe contener son:

- El perímetro bajo el cual se encuentra la medida de ahorro energético;
- Los equipos principales involucrados en el alcance del proyecto;
- Los equipos auxiliares e instrumentos involucrados en el alcance del proyecto;
- Las interconexiones relacionadas con fluidos energéticos;
- Las entradas y salidas de materia y energía tanto primaria como transformada en trabajo o fluidos energéticos; y
- Los puntos de medición realizados para el diagnóstico.

En la **figura 2-3** se encuentra un ejemplo de diagrama esquemático de la instalación, misma que deberá incluirse en el formato P02-PROYECTO, en el apartado "CONDICIONES DE OPERACIÓN ACTUAL".

***Figura 2-3**: Ejemplo de diagrama asociado a la condición de operación actual de un proyecto.*



En complemento a los puntos desarrollados, el Contratista deberá incluir una relación de los equipos principales donde se detallen sus principales datos, muchos de ellos obtenidos de la información de placa del equipo, si ésta existiera. Los datos mínimos a incluir en esta relación son:

- Marca
- Modelo
- Años de Operación
- Variables de uso según tecnología
- Una breve descripción de la situación del equipo

En la **figura 2-4** se encuentra un ejemplo de los cuadros con la descripción de los equipos principales actuales, mismos que deberán de incluirse en el formato P02AX-TECNOLOGÍA, en el apartado correspondiente a "EQUIPOS ACTUALES".

***Figura 2-4**: Ejemplo sobre la referencia de equipos actuales identificados en un proyecto.*

1.1.1 EQUIPOS ACTUALES

Motor 1 Existente					
Marca:	CORRADI	Modelo:	MTA-220L	Años de Operación:	9 años
Potencia (kW):	30 kW	RPM:	1470	Dato Placa 1:	
Frecuencia (Hz):		Amperaje (A):		Dato Placa 2:	
Voltaje (V):	220 - 440 VAC	Ambiente:		Dato Placa 3:	
Factor de servicio:		Tipo de Aislamiento:		Dato Placa 4:	
Nema:		Enclosere:		Dato Placa 5:	

Dato Placa, refiere a cualquier dato que no se incluya dentro de la tabla y el proponente considere relevante en cuanto a su funcionamiento y/o caracterización.

2.4. Condición de Operación Propuesta

De una forma similar al punto 2.3, pero estructurando la solución propuesta, el Contratista debe hacer un diagrama esquemático de la tecnología que se ha definido y dimensionado para que cumpla con las variables de servicio de los procesos intervenidos y que genere una eficiencia energética en los mismos.

Para lo anterior deberá seguirse con lo recomendado en el punto 2.3 al respecto de los estándares requeridos para la elaboración de un diagrama esquemático. Este diagrama de situación propuesta deberá incluirse en el formato P02-PROYECTO, en el apartado correspondiente a "CONDICIONES DE OPERACIÓN PROPUESTA".

De la misma forma, el Contratista deberá incluir una relación de los equipos propuestos desglosando sus especificaciones técnicas relevantes en forma similar a cómo se realizó en el apartado 2.3. En este caso el dato de "Años de Operación" no aplica al ser equipo nuevo.

En la **figura 2-5** se encuentra un ejemplo de los cuadros con la descripción de los equipos principales propuestos, mismos que deberán incluirse en el formato P02AX-TECNOLOGÍA, en el apartado correspondiente a "EQUIPOS PROPUESTOS".

***Figura 2-5**: Ejemplo sobre la referencia a equipos propuestos en un proyecto.*

1.2.1 EQUIPOS PROPUESTOS

Motor 1 Propuesto					
Marca:	SIEMENS	Modelo:	1LG6220-4MA	Años de Operación:	
Potencia (kW):	37 kW	RPM:	1470	Dato Placa 1:	
Frecuencia (Hz):		Amperaje (A):		Dato Placa 2:	
Voltaje (V):	440 VAC	Ambiente:		Dato Placa 3:	
Factor de servicio:		Tipo de Aislamiento:		Dato Placa 4:	
Nema:		Enclosere:		Dato Placa 5:	

Dato Placa, refiere a cualquier dato que no se incluya dentro de la tabla y el proponente considere relevante en cuanto a su funcionamiento y/o caracterización.

3. Información Energética del Proyecto

3.1. Marco Teórico

Un proyecto de eficiencia energética, adicionalmente al diseño de la solución tecnológica orientada a proporcionar el servicio requerido por la industria para la realización de sus procesos, debe contener la información necesaria para demostrar que la incorporación de equipos e instalaciones proporcionarán un ahorro energético durante su operación y que este ahorro tendrá la capacidad de obtener el flujo financiero para pagar la inversión realizada.

Plasmar esta información de una forma estándar y con un grado de precisión suficiente son retos de un Sistema de MRV. Para los fines de esta metodología, el Sistema de MRV propuesto se encuentra sustentado en el enfoque sugerido por ISO a través de los anexos técnicos a la norma internacional ISO 50001, ISO 50006 e ISO 50015 que se refieren a la definición de indicadores energéticos, línea base y mecanismos de MRV, además de la Ley General de Electricidad, Reglamentos, Acuerdos, Normativas y Procedimientos vigentes en la República de El Salvador.

A continuación se describirá brevemente la filosofía de este protocolo.

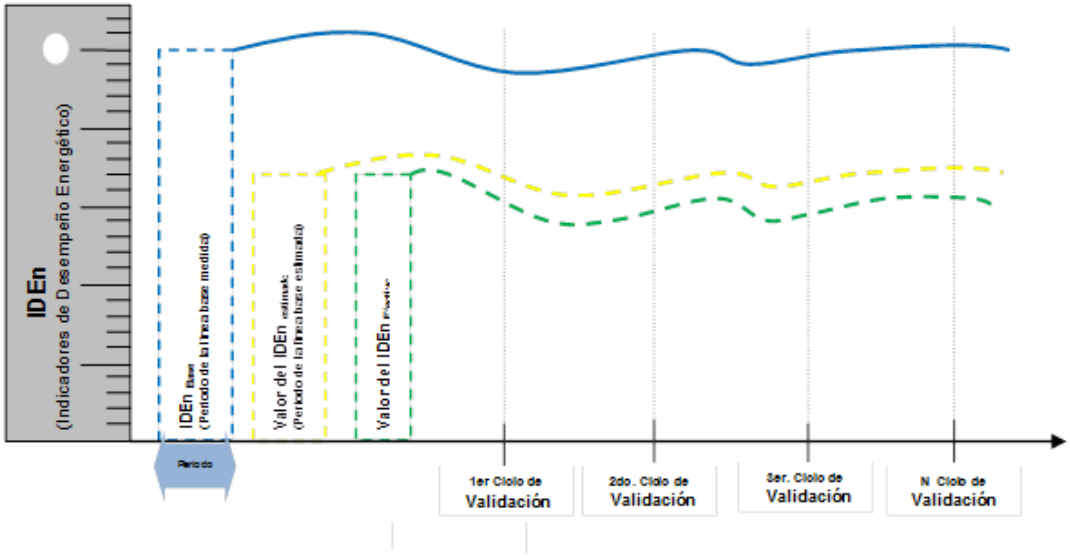
3.1.1. Fundamentos

La lógica de razonamiento de este protocolo se basa en la definición de Indicadores de Desempeño Energético (IDEn) que expresen una relación entre la energía consumida (en kWh, por ejemplo) para generar un trabajo, producto o energía transformada. Con ello se puede determinar la eficiencia de la energía utilizada para entregar un fin.

Un indicador de desempeño energético (IDEn), (KPI por sus siglas en inglés), normalmente se utiliza en los negocios para dar seguimiento a las variables críticas de operación, financieras, administrativas y de mercado, y sobre la cual se sustentan diversos sistemas de gestión como es el ISO 9001. En este caso, este IDEn se refiere al uso de la energía como recurso valioso para las organizaciones que permite medir y aportar información relevante para diagnóstico, diseño de propuesta de mejora y el seguimiento de su efectividad.

Teniendo claro el IDEn del ámbito que nos interesa resolver, circunscrito por un perímetro adecuadamente definido, podemos establecer una serie de tiempos que establezca el IDEn en el pasado y presente (también conocida como línea base en un período de medición controlado y que es medida) y una proyección de este indicador en el futuro que contemplen los ciclos de validación si continuáramos con la misma tecnología y si realizáramos un proyecto de mejora. La diferencia entre estas dos últimas proyecciones define el ahorro estimado sobre el cual se justificará todo el proyecto. En la **figura 3-1** se presenta un esquema en donde se muestra claramente lo anteriormente expresado.

***Figura 3-1**: Conceptualización de Línea Base.*



Un elemento crítico para la adecuada aplicación de lo anteriormente expuesto es la realización de una medición de variables que impactan la eficiencia energética. Para ello, resulta crítico contar con un histórico de estas variables durante un período establecido o en su defecto, tener la capacidad de realizar mediciones con parámetros de tiempo, precisión y significancia de las variables importantes para el cálculo del uso y consumo de la energía.

A partir de esta información, el Contratista debe caracterizar estas variables y obtener valores relevantes para identificar la relación existente entre un consumo de energía y el uso que se le dio. Es importante mencionar que cada tecnología, y en muchos casos la propia instalación a evaluarse o desarrollarse, tiene un modelo específico para aplicar. En apartados posteriores se abundará al respecto.

Con base en lo anterior, esta metodología busca establecer un criterio de medición expresado en un indicador de desempeño energético (IDEn) que comparado entre una situación actual (línea base energética o LBEn) y una situación esperada establecida como meta energética (definido ahora como “IDEn estimado”), se pueda establecer un ahorro que pueda ser expresado en términos de un porcentaje (IMDEn), energía y dinero.

Una vez implementado el proyecto, en cada período de medición controlado estipulado se deberá calcular el indicador energético producto de la operación de la nueva instalación (ahora definido como “IDEn efectivo”) y comparar contra el IDEn estimado y con ello determinar si se logró la meta de ahorro de energía.

Por definición:

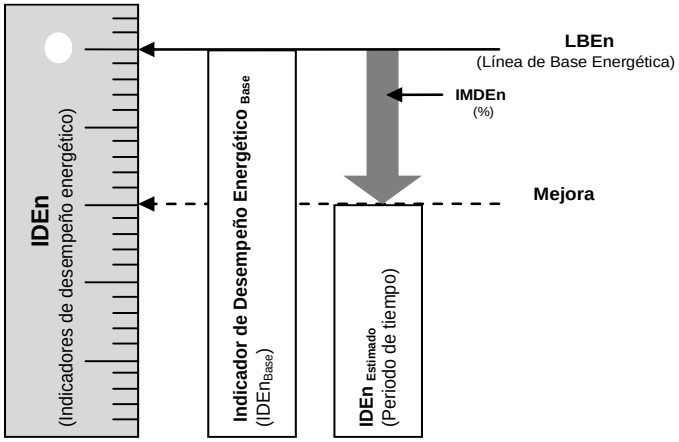
Ahorro energético efectivo ≥ Ahorro energético estimado

IDEn Efectivo ≥ IDEn Estimado[1]

IMDEn Efectivo ≥ IMDEn Estimado[2]

En la **figura 3-2** se muestra en forma de diagrama esta idea anteriormente expuesta.

***Figura 3-2**: Relación entre Ahorro Energético e índice de Mejora de Desempeño Energético.*



Un último concepto relevante es el ahorro energético registrado, el cual utiliza la información monitoreada y registrada en forma continua por la estrategia de medición definida. Con esta información es viable poder integrar el ahorro de energía que se registró por medio de los diferentes instrumentos de medición durante la frecuencia definida, como se explicará en el apartado 3.1.4.

3.1.2. Breve descripción de pasos a realizar para la estimación de línea de base, consumos energéticos y ahorros estimados

[1] Ver sección 3.2

[2] Ver sección 3.3

Con base a lo expuesto anteriormente y con el objeto de dar una síntesis de las actividades que el Contratista deberá realizar para estimar la eficiencia energética de sus equipos, a continuación se listan las actividades fundamentales a desarrollar en los formularios P02-PROYECTO y P02AX-TECNOLOGÍA:

a. Elaboración de un diagnóstico de eficiencia energética en áreas de oportunidad en las instalaciones del Contratante e identificación de áreas de oportunidad o mejora.
b. Definición del perímetro sobre el cual se realizará una propuesta de eficiencia energética.
c. Realizar una propuesta de mejora en el uso y consumo de la energía.
d. Definir una estrategia de obtención de datos para sustentar la propuesta de eficiencia energética.
e. Utilizar datos históricos que el Contratante tenga a su disposición.
f. Realizar mediciones por un período limitado pero significativo para la propuesta a desarrollarse.
g. Determinar el consumo de energía, en kWh, en la situación actual.
h. Caracterizar las variables medidas con el objeto de cuantificar el uso de la energía en la situación actual.
i. Obtener un indicador producto de dividir el consumo de energía entre su uso y expresado en trabajo, producción o energía transformada (IDEn).
j. Determinar la línea base (LBEn) de uso y consumo de la energía
k. Estimar un uso y consumo de la energía aplicando la propuesta tecnológica y expresada en términos del mismo IDEn estimado.
l. Calcular el IMDEn Estimado utilizando el IDEn Base y el IDEnEstimado y con ello obtener el porcentaje de mejora en el desempeño energético
m. Por diferencia entre la LBEn y el IDEn estimado calcular un ahorro en términos de energía

3.1.3. Variables relevantes, no relevantes y controladas para la estimación de la línea de base y consumos estimados

La estimación de la línea base, los consumos energéticos estimados y los ahorros estimados se construyen a partir de modelizaciones de variables vinculadas a los equipos o sistemas utilizados para mejorar el desempeño energético. Estos modelos utilizan variables que dan forma al comportamiento de las tecnologías bajo diferentes condiciones de operación siendo la base para poder determinar indicadores de desempeño energético base, estimados y efectivos.

Existen diferentes tipos de variables que se van a usar para estimar el ahorro energético. A continuación se describen dichas variables:

1) **Variables relevantes.** Las variables relevantes son aquellas que afectan el desempeño del uso de la energía por parte del equipo. Son la base de las modelizaciones y se puede concluir qué variación en las mismas tienen un impacto en el uso y consumo de la energía. Estas variables son las que se van a usar para definir el desempeño de un proyecto y están en el ámbito del Contratista. Por ejemplo, en un motor eléctrico una variable relevante

son las revoluciones por minuto (RPM) ya que dependiendo del régimen de velocidad aplicado, se consumirá más o menos energía.

2) **Variables no relevantes.** Las variables no relevantes son aquellas variables que no afectan el desempeño del equipo y no es importante que su valor cambie en el tiempo. Para fines de estimar el ahorro energético en este programa, un ejemplo de una variable no relevante puede ser el tiempo de uso del motor ya que esta variable está en responsabilidad del Contratante y no del Contratista. El desempeño del equipo no se ve afectado si el motor se usa más o menos tiempo de lo normal debido a causas no imputadas al equipo.
3) **Parámetros controlados.** Los parámetros controlados son variables que pueden controlarse y fijarse para asegurar ciertas condiciones de operación. El Contratista tiene que establecer los parámetros bajo los que va a estar trabajando el equipo para poder llevar a cabo las mediciones o ajustes de las variables de un equipo. Un ejemplo podría ser la temperatura de una cámara de refrigeración, que deberá ser constante como una característica de operación de cierto proceso

En la **figura 3-3** se define una tabla ejemplificando una tecnología, en este caso caldera de vapor, en donde se categorizan sus diferentes tipos de variables.

***Figura 3-3**: Ejemplo de variables relevantes, no relevantes y parámetros controlados en una caldera de vapor.*

Equipo: Caldera de vapor
Variables relevantes
Energía de entrada (m^3 gas)
Temperatura de agua entrada (^0C)
Temperatura de vapor de salida (^0C)
Presión de salida (kgf/cm^2)
Caudal de vapor de salida (m^3/h)
Variables NO relevantes
Tiempo de operación[3]
Parámetros controlados
Poder calorífico combustible (KJ)
Temperatura de vapor de salida (^0C)
Presión de salida (kgf/cm^2)
Caudal de vapor de salida (m^3/h)

En caso de que el Contratista tenga variables relevantes a considerarse, éste deberá justificarlas y documentarlas adecuadamente para que la Unidad Validadora tenga los elementos para evaluar

[3] Se explica con mayor detalle en el punto 7 del apartado 3.1.4

si es razonable o no. En el Anexo 2 se explica cómo determinar si una variable es relevante desde un punto de vista estadístico.

En virtud de que el programa que se plantea está acotado a tecnologías estándares y conocidas, se proponen modelos predefinidos sobre los cuales se determinan los IDEn en una forma también estándar, que son los empleados en el formato P02AX-TECNOLOGÍA. Ellos se encuentran descritos en el Anexo 1 como se explica en el apartado 3.1.5 de este documento. Si el Contratista requiere involucrar o ajustar estos modelos deberá de justificar la incorporación de variables relevantes y/o variables controladas bajo el modelo propuesto por él mismo.

3.1.4. Impacto del tiempo y la medición en proyectos de eficiencia energética

Como fundamento para determinar cualquier ahorro de energía es indispensable el factor tiempo. El tiempo es la base bajo el que se establecen los criterios de cálculo y revisión del ahorro energético. Existen 7 diferentes períodos que son importantes definir ya que se estarán usando a lo largo de esta metodología:

1) Período de vida útil del proyecto. Es el período en el que se estima que la instalación eficiente operará y proporcionará un ahorro al Contratante. El ahorro generado durante este tiempo menos la inversión realizada en el proyecto será el beneficio neto que el Contratante recibirá al haber implementado este proyecto de eficiencia energética.
2) Período de compromiso garantizado. Es el plazo en donde el Contratista se compromete a generar los ahorros estimados. El período establecido en el contrato.
3) Ciclo de validación. Es el período en el cual el Contratista y el Contratante deberán calcular el ahorro generado para fines de cumplimiento del contrato firmado entre ellos. Para ello se deberá realizar un cálculo utilizando el período de medición controlado y los datos recolectados por los equipo de medición en ese período. El Contratista del proyecto y el Contratante se comprometen a registrar la información en el sistema de reporte que el Banco Nacional de Desarrollo establezca para este efecto. Esta información servirá para evaluar el desarrollo del proyecto de eficiencia energética y para tomar medidas anticipadas en caso de que el proyecto no esté cumpliendo con lo establecido en el contrato.
4) Período de reporte preventivo. Es un plazo opcional en donde el Contratista y el Contratante se comprometen a revisar en períodos intermedios al ciclo de validación el desempeño del equipo instalado con el objeto de evaluar la gestión realizada sobre el equipo y tomar medidas correctivas tempranas en la operación del mismo para maximizar su desempeño, permitiendo al Contratante usar adecuadamente sus instalaciones y recursos.
5) Período de medición controlado. Para fines de estimación del ahorro del ciclo de validación, se deberá contar con un plazo de obtención de datos significativo para que, realizada una medición controlada, se pueda proyectar el ahorro (estimado y efectivo) para el ciclo de validación. En este plazo se deberán usar la información recolectada por

los equipos de medición como un sustento de este cálculo. Es importante comentar que este plazo debe ser representativo conforme a los ciclos operativos de la industria y a las variables relevantes para el modelo de ahorro energético.

6) Frecuencia de recolección de datos para medición. Es el tiempo transcurrido entre una toma de datos y la siguiente. A menor tiempo de toma de datos, mayor es la precisión de la información, partiendo del hecho de que se cuenta con equipos debidamente calibrados. Es importante tomar en cuenta la necesidad de disponer con un equipo de medición permanente durante el período de compromiso garantizado.
7) Tiempo de operación. Es el tiempo que opera un equipo durante el período de reporte, y toma en cuenta el tiempo que el equipo estuvo (estará) operando y estuvo (o estará) parado. Se definen dos tipos de tiempo de operación: El Tiempo Estimado de Operación es el tiempo total menos los períodos en los que no está planificado operar por razones legales, festivos, almuerzos, mantenimientos programados, entre otros; lo que se denominan Paradas Planificadas. El Tiempo Efectivo de Operación (TEfO) es el tiempo total menos los períodos en los que el equipo NO operó por razones planificadas o NO planificadas. El TEfO se registra usando los equipos de medición, mismos que registran los datos bajo una frecuencia de recolección.

Las mediciones deben ser precisas, repetibles, y los instrumentos de medición calibrados, así como contar con la trazabilidad de los valores medidos. La inexactitud en los instrumentos de medición debilitará la validez de los datos que se recopilan para análisis por insuficiencia de precisión. Es importante considerar la calibración periódica de los equipos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante para reducir este tipo de circunstancias y mostrar en los reportes la prueba de que el equipo está dentro del período de calibración correspondiente.

3.1.5. Impacto del tipo de tecnología en la estimación del ahorro energético

Las tecnologías seleccionadas para participar en este programa están acotadas y son conocidas por un gran número de Contratistas. Con el objeto de estandarizar el cálculo de los Indicadores de Desempeño Energético (IDEn) las variables que se necesitan medir para calcular el uso y consumo de energía están plenamente identificados y con base en ello y con el objeto de facilitar el uso de estas variables y agilizar el proceso de definición de los IDEn para los Contratistas, se desarrolló en Anexo 1 “Fichas descriptivas y modelizaciones propuestas para cada tecnología. En este documento se explica el funcionamiento de cada tecnología así como sus principales variable relevantes, no relevantes y parámetros controlados. Asimismo se describe el modelo genérico bajo el cual se puede estimar el uso y consumo de energía para esa tecnología.

3.2. Indicadores de desempeño energético

El Indicador de Desempeño Energético (IDEn), como ya se ha explicado, es la relación entre el consumo de energía y el uso de la misma expresado en el trabajo, producción o energía transformada como se puede ver en la siguiente fórmula:

$$IDEn = \frac{Consumo\ de\ Energía}{Uso\ de\ Energía\ (Trabajo\ entregado)}$$

En donde:

El Consumo de Energía se refiere al consumo de energía (medido o estimado) utilizado por la tecnología observada

Uso de Energía, es el uso de la energía expresado en trabajo entregado, producción generada o energía transformada

Se obtiene una serie de Indicadores de Desempeño Energético los cuales se calculan para cada punto de medición durante un tiempo definido entre el Contratista y el Contratante, la diferencia principal es el componente de la medición; medición de equipo actual, medición real de nueva tecnología y elementos de entrada y salida de energía propuestos.

Existen tres tipos de IDEn:

1) **$IDEn_{Base}$**, que es el resultado de aplicar la medición del consumo y de las variables relevantes en la situación actual del equipo en un período de medición controlado y bajo parámetros controlados establecidos para cada tecnología.
2) **$IDEn_{Estimado}$**, es el resultado de la estimación a futuro del consumo y de las variables relevantes aplicadas a la tecnología definida por el Contratista para cada uno de los ciclos de validación. Las mediciones se asumen bajo los mismos parámetros y períodos de medición controlados establecidos en el $IDEn_{Base}$.
3) **$IDEn_{Efectivo}$**, es el indicador que se deriva de aplicar las mediciones del consumo y de las variables relevantes durante la operación del equipo nuevo instalado. La medición se realiza bajo las mismas condiciones establecidas en la $IDEn_{Base}$, donde el período de medición y los parámetros controlados son los mismos.

Para efecto de calcular los $IDEn_{Base}$ y el $IDEn_{Estimado}$ necesarios para la validación de un proyecto de eficiencia energética para este programa, se deberá usar el formato P02AX-TECNOLOGÍA, seleccionando la pestaña del tipo de la tecnología que se aplicará y alimentando las variables relevantes en su apartado “INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO BASE” e “INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO ESTIMADO”.

Para estimar los Indicadores de Desempeño Energético se tiene:

Indicador de Desempeño Energético Base ($IDEn_{Base}$):

a) Identificar las variables que va a medir en un equipo existente determinado y que son las variables relevantes.
b) Definir los parámetros controlados y el período de medición controlada
c) Cuando corresponda a una obtención de una componente que no se mida directamente, se recurre al modelo propuesto para definir el trabajo entregado
d) Construir con las variables medidas los Indicadores de Desempeño Energético
e) Realizar, con los períodos establecidos y los puntos de medición ya relacionados, la Línea de Base Energética (LBEn)

Para estimar el Indicador de Desempeño Energético Estimado ($IDEn_{Estimado}$) se requieren los siguientes pasos:

f) Usar las mismas variables definidas en el $IDEn_{Base}$.
g) Construir con las mismas variables pero con los datos del Contratista el $IDEn_{Estimado}$
h) Se proyecta para el mismo período que va cumplir con el ciclo de validación del $IDEn_{Base}$

Para estimar el Indicador Energético Efectivos ($IDEn_{Efectivos}$) se requieren los siguientes pasos:

i) Usar las mismas variables definidas en el $IDEn_{Base}$
j) Usar las mismas variables relevantes y las variables NO relevantes
k) Medir las variables bajo los mismos parámetros contralados o ajustarlas de acuerdo a cada tecnología de acuerdo a los parámetros controlados (ver especificación por tecnología), se utilizan los mismos períodos de medición para su proyección consistentes con los ciclos de validación.

De manera ilustrativa, a continuación se muestra un ejemplo de ambos indicadores ($IDEn_{Base}$ e $IDEn_{Estimado}$), en la **Figura 3-4** y **3-5** respectivamente. Donde el Consumo de energía, las RPM y los HP salida son variables relevantes. Los valores representados son los valores de medición en 7 días diferentes. En cada período se estima el $IDEn_{Base}$ de donde se saca un valor promedio de todos los períodos que representan diferentes tiempos de registro y/o diferentes niveles de consumo de energía, y se proyecta hacia el ciclo completo de validación, para este ejemplo 1 semestre (182 días).

***Figura 3-4**: Ejemplo de Indicador de Desempeño Energético Base, tabla tomada de ejemplo propuesto*

2.1 Indicadores de Desempeño Energético Base (ver MSVV-01 sección 3.2)			
RPM sincrona	1800	HP placa	25
RPM placa	1750		

			$IDEn_{Base}$
Período	**Consumo de energía** kWh	**Hp Salida**	**Consumo/Hpsalida**
P 1	314.40	15	21.0
P 2	328.80	19	17.3
P 3	343.20	20	17.2
P 4	314	18	17.5
P 5	396	19	20.8
P 6	314	17	18.5
P 7	370	16	23.1

El valor $_{IDEnBase}$ promedio del ejemplo anterior es igual a 19.6 kWh/HP_{salida}

Que para efectos del ejemplo propuesto al proyectar este valor en un ciclo de validación (6meses/182 días) es de 3,640 kWh/HP_{Salida}, dato que sirve de referencia para cálculos posteriores.

La tabla siguiente muestra el cálculo del $IDEn_{Estimado}$, se utiliza el mismo número de períodos para fines de comparación y Representación gráfica.

***Figura3-5**: Ejemplo de Indicador de Desempeño Energético Estimado, tomada de ejemplo propuesto.*

Indicadores de Desempeño Energético Estimado			
			$IDEn_{Estimado}$
Periodo	Consumo kWh	Hp Salida	Consumo /Hpsalida
P 1	162	20	8.1
P 2	162	20	8.1
P 3	162	20	8.1
P 4	162	20	8.1
P 5	162	20	8.1
P 6	162	20	8.1
P 7	162	20	8.1

En caso de que el Contratista necesite añadir alguna variable relevante ala especificada, deberá referirse al Anexo 3 de este documento.

3.3. Índice de Mejora del Desempeño Energético (IMDEn)

El índice de Mejora del Desempeño Energético muestra el porcentaje de ahorro obtenido en términos relativos (porcentuales) en la aplicación de una medida de eficiencia energética en un período determinado (Ciclo de validación).

$$IMDEn_{Estimado} = \left[\frac{(IDEn_{Base} - IDEn_{Estimado})}{IDEn_{Base}}\right] \times 100$$

En donde:

$IDEn_{Estimado}$; es el indicador de desempeño energético estimado

$IDEn_{Base}$; es el indicador de desempeño energético base

Este indicador es el que muestra al final la capacidad de generar una eficiencia en la solución propuesta y será la referencia sobre la cual se justificará la capacidad económica del proyecto para generar los ahorros durante el período de operación garantizado.

Es importante destacar que en el programa se deberán identificar claramente dos IMDEn a utilizarse al aplicar la fórmula anterior en la variable $IDEn_{Estimado}$:

1) $IMDEn_{Estimado}$, utilizado para establecer el compromiso de ahorro contractual ofrecido por el Contratista y que es resultado de utilizar para el cálculo el $IDEn_{Estimado}$.
2) $IMDEn_{Efectivo}$, utilizado para calcular la capacidad real de mejora del proyecto y en consecuencia calcular si hubo deficiencia o exceso en el ahorro comprometido por el Contratista y que es resultado de utilizar para el cálculo el $IDEn_{Efectivo}$.

En el formato P02AX-TECNOLOGÍA, en el apartado de "INDICE DE MEJORA" en forma automática se calcula el porcentaje para cada período registrado. A su vez será necesario sacar el promedio del mismo para definir un porcentaje a establecer. Ver la **figura 3-6.**

***Figura 3-6**: Ejemplo sobre el índice de Mejora obtenido, tomada de ejemplo propuesto.*

Indice de mejora %

Periodo	Indice %
P 1	61.4
P 2	53.2
P 3	52.8
P 4	54.9
P 5	62.2
P 6	57.5
P 7	64.9
P 8	
P 9	
P 10	
P 11	
P 12	

En el ejemplo anterior, el valor promedio del $IMDEn_{Estimado}$ es igual a 58.1 %

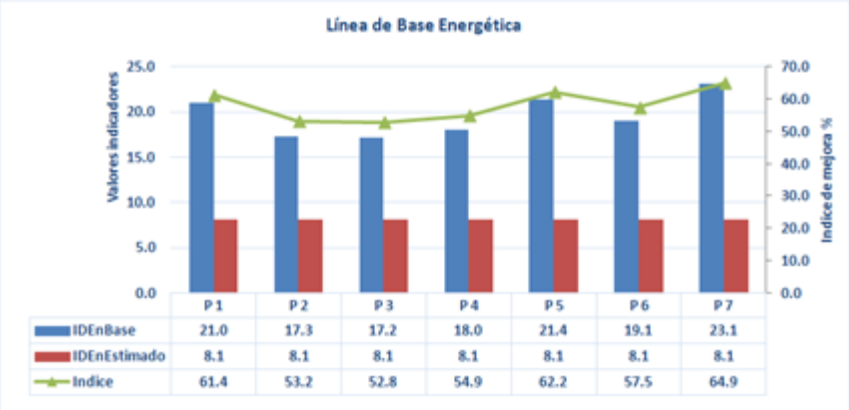
Por lo que la comparación de estas dos variables determina el cumplimiento de la obligación de ahorro de un proyecto de eficiencia energética entre un Contratista y Contratante. El $IMDEn_{Efectivo}$ de un período siempre tendrá que ser igual o mayor que el $IMDEn_{Estimado}$, de lo contrario el proyecto no estaría cumpliendo con compromiso.

Compromiso: $IMDEn_{Efectivo} \geq IMDEn_{Estimado}$

Como producto de esta información, el formato P02AX-TECNOLOGÍA genera una gráfica en donde se puede observar el $IDEn_{Base}$, el $IDEn_{Estimado}$ y el $IMDEn_{Estimado}$.

***Figura 3-7**: Línea de Base Energética, gráfica tomada del ejemplo propuesto*

Línea de Base Energética



3.4. Ahorro Energético y Compensación Económica

Tomando en cuenta que el IDEn es el soporte metodológico sobre el cual se calcula el ahorro energético, es importante precisar cómo se calcula y el impacto económico que tendría la desviación del ahorro energético estimado.

Como ya se ha descrito en el apartado 3.2, existen tres tipos de IDEn: Base, Estimado y Efectivo.

A lo largo del apartado 3 se ha comentado el desarrollo del $IDEn_{Base}$ y del $IDEn_{Estimado}$. En este apartado se precisará como determinar el $IDEN_{Efectivo}$ como base para definir cuál es el monto de ahorro económico logrado y establecer si el Contratista tiene que resarcir el déficit de ahorro, o por el contrario si el equipo propuesto tuvo la condición de al menos cumplir, si no que exceder, el ahorro económico estimado.

El $IDEn_{Efectivo}$ se refiere a las mediciones que se llevan a cabo en el equipo instalado.

1) Se realiza una medición controlada de manera similar a la realizada para el $IDEn_{Base}$, pero ahora ya tomando mediciones sobre las condiciones nuevas.
2) Con base en las mediciones, se definen los consumos y ahorros del período de la prueba controlada y se extrapola al período de reporte, es decir se multiplican las mediciones realizadas por el número de veces que el período de la prueba controlada cabe en el ciclo de validación.
3) Se determina el $IDEn_{Efectivo}$ usando el mismo procedimiento para el $IDEn_{Base}$, pero bajo las nuevas condiciones de la instalación. Incluido el mismo período de medición.

Por lo tanto, el $IMDEn_{Estimado}$ se refiere al ahorro de energía que el Contratista estima debido al cambio de equipo o tecnología de un equipo existente y que se estipula como el compromiso en el contrato. El $IMDEn_{Efectivo}$ se refiere a la diferencia de mediciones entre el consumo de energía del equipo reemplazado y el consumo de energía efectivo del equipo nuevo del ciclo de validación correspondiente.

Para determinar el $IMDEn_{Efectivo}$, se utiliza la misma fórmula mencionada en el apartado 3.3 y sustituyendo el $IDEn_{Estimado}$ por el $IDEn_{Efectivo}$, se obtiene:

$$IDMEn_{Efectivo} = \left[\frac{\left(IDEn_{Base} - IDEn_{Efectivo}\right)}{IDEn_{Base}}\right] \times 100$$

En donde:

$IDEn_{Efectivo}$, es el indicador de desempeño energético estimado

$IDEn_{Base}$, es el indicador de desempeño energético base

Con ello se podrá determinar un nuevo porcentaje de mejora con el que se podrá evaluar el cumplimiento de la meta de ahorro comprometida y en consecuencia calcular el déficit o superávit de ahorro económico.

Es importante recalcar que las mediciones y cálculos de cada ciclo de validación son independientes entre ellos, y en cada uno se estiman los valores de IMDEn los cuales no podrán ser compensar aquellos de los otros períodos para evaluar el desempeño del proyecto. La siguiente tabla ejemplifica el desempeño de un proyecto:

***Tabla 2**: Ejemplifica el desempeño de un proyecto*

Ciclo de Validación	$IMDEn_{Estimado}$	$IMDEn_{Efectivo}$	Comparación de IMDEn	Cumplimiento
Año 1	30 %	33%	Efectivo > Estimado 33% > 30%	Cumplió
Año 2	30 %	31%	Efectivo > Estimado 31% > 30%	Cumplió
Año 3	30 %	28%	Efectivo < Estimado 28% < 30%	No cumplió
Año 4	30 %	30%	Efectivo = Estimado 30% = 30%	Cumplió

Por ejemplo, si en el $IMDEn_{Estimado}$ fue del 30% y el $IMDEn_{Efectivo}$ del primer período fue del 33% (hubo un sobre desempeño del proyecto del 10%) y el tercer período el $IMDEn_{Efectivo}$ fue de 28%, el tercer período implica que el proyecto no cumplió la meta de ahorro energético comprometido en ese período y tendría que haber la penalización correspondiente a ese período en específico.

Con el objeto de estimar el nivel de cumplimiento, se usa el Índice de Desviación, el cual se calcula con base en la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de desviación} = \left[\frac{\left(IMDEn_{Efectivo} - IMDEn_{Estimado}\right)}{IMDEn_{Estimado}}\right]$$

En el caso de que el Índice de Desviación sea igual o mayor a cero, significa que el proyecto ha cumplido con el ahorro comprometido en el período validado ($IMDEn_{Efectivo} \geq IMDEn_{Estimado}$), en el caso de que el índice sea menor que cero se puede decir que el proyecto NO cumplió con los ahorros comprometidos en el período validado ($IMDEn_{Efectivo} < IMDEn_{Estimado}$).

En el caso de que el proyecto NO haya cumplido con los ahorros comprometidos se tiene que estimar el daño económico que implica esa falta de cumplimiento y la posible compensación. Esta compensación se calcula multiplicando el Índice de desviación por el Ahorro Económico Estimado en el período. A este valor le llamamos Compensación económica.

$$\boldsymbol{Compensación\ económica} = \boldsymbol{Índice\ de\ Desviación} \times \boldsymbol{AhorroEconómicoEstimado\ del\ período}$$

Ejemplo:

1) Con base en el ejemplo desarrollado en esta metodología, se tiene que el $IMDEn_{Estimado}$ es 58.12%
2) Para fines del ejemplo, se asume que el $IMDEn_{Efectivo}$ observado en el presente período de reporte es de 50.5%
3) El Ahorro Económico Estimado del período es de **US$3,408.50**
4) Índice de Desviación se calcula aplicando la fórmula anterior, y se observa que el $IMDEn_{Efectivo}$ estuvo un 13.11% por debajo de lo acordado: (50.5% - 58.12%) / 58.12% = -13.11%
5) Con lo anterior concluimos que el Contratista tendrá que compensar al Contratante por los daños de no alcanzar el ahorro estimado. Con los datos anteriores se puede calcular la Compensación Económica (déficit)**US$446.85**, resultado de multiplicar el ahorro de $3,408.50 por -13.11%

3.5. Consideraciones Económicas

El fundamento de este programa es la capacidad de una nueva tecnología para generar un ahorro energético, y en consecuencia económico, que permitirá pagar el capital financiero invertido en ella en un plazo determinado. En este caso, el capital financiero proviene en su mayoría de un crédito otorgado por del Banco Nacional de Desarrollo por medio de un intermediario financiero, el cual debe ser pagado por el Contratante en tiempo y forma, considerando también los intereses del mismo.

Es muy importante considerar el importe del ahorro por ciclo de validación (ver punto 3.1.4) ya que con él se podrá estimar el plazo del crédito y establecer un contrato en el que el Contratista se comprometa a instalar un equipo que bajo las condiciones acordadas y durante un plazo establecido genere el ahorro necesario para pagar el financiamiento.

3.5.1. Definición de la inversión

Como parte de la evaluación financiera para determinar la viabilidad de la propuesta, es necesario determinar el monto de inversión necesario para instalar y operar el equipo propuesto. Es necesario que se detalle cada uno de los conceptos de inversión y gasto para poder determinar el total de recursos financieros destinados al proyecto.

Fundamentalmente existen 5 conceptos que el Contratista debe considerar para estimar el monto de la inversión:

1) Costo del equipo principal involucrado en el proyecto.
2) Costo de la instalación y de los equipos secundarios necesarios para operar el equipo principal.
3) Costo del mantenimiento durante todo el programa.
4) Costo financiero, considerando especialmente los intereses generados por el capital financiado por el intermediario financiero
5) Costo de los accesorios al programa (por ejemplo costos de medición y cobertura del riesgo)

En la **figura 3-8** se encuentra un ejemplo de la descripción del proyecto, misma que deberá de incluirse en el formato P02-PROYECTO, en el apartado correspondiente a "INVERSIÓN A REALIZARSE".

***Figura 3-8**: Tabla tomada del ejemplo propuesto*

PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

Categoría de inversión	Descripción	Monto
Equipos	Motor Siemens 1LG6220-4MA	US$ 6,450.00
Instalación	Montaje de motor	US$ 715.00
Costos operativos	Mantenimiento preventivo del motor	US$ 800.00
Costos financieros	Intereses del financiamiento a 4 años	US$ 1,000.00
Costos de medición	Sistema de monitoreo	US$10,000.00
	Monto total	US$ 18,965.00

3.5.2. Definición del ahorro económico del proyecto de eficiencia energética

Existen diferentes definiciones de Ahorro Económico:

Ahorro Económico Estimado; el ahorro que se usa para calcular el retorno de inversión y toma como base el Tiempo Estimado de Operación.

Ahorro Económico Efectivo; el Ahorro que se generó usando como base el Tiempo Efectivo de Operación. El valor es meramente informativo y no tiene repercusión contractual. Ya que el propietario del equipo puede decidir operar el equipo más tiempo o menos tiempo del estimado durante el ciclo de validación.

Afectación económica por inoperancia; adicionalmente puede existir una afectación económica que se genera debido a la falta de operación del equipo durante un período determinado, debido a causas imputadas al proyecto mismo y a causas ajenas al propietario del equipo.

Derivado de los cálculos efectuados en el apartado 3.4 sobre el ahorro obtenido por cada unidad de energía entregada es importante definir un precio negociado por unidad de energía consumida, mismo que se fijará durante la vida del proyecto. Este precio se multiplicará por el número de unidades de potencia entregada y por ahorro energético obtenido en el punto 3.4. Esto arrojará el ahorro económico por período, mismo que servirá de referencia, junto con el costo por unidad de consumo y las unidades pactadas de entrega de energía transformada, para establecer las condiciones contractuales que prevalecerán.

Ahorro Económico Estimado

$$\begin{aligned}\boldsymbol{Ahorro\ econ\acute{o}mico\ estimado\ del\ periodo} \\ &= (\boldsymbol{IDEn_{Base}} - \boldsymbol{IDEn_{Estimado}}) \times \boldsymbol{Tiempo\ Estimado\ de\ Operaci\acute{o}n} \\ &\times \boldsymbol{Unidades\ pactadas\ de\ entrega\ de\ energ\acute{\imath}a\ transformada} \\ &\times \boldsymbol{Costo\ negociado\ de\ la\ unidad\ de\ consumo}\end{aligned}$$

En donde;

$IDEn_{Base}$, es el Indicador de Desempeño Energético Base de las condiciones de medición actuales

$IDEn_{Estimado}$, es el Indicador de Desempeño Energético Estimado de acuerdo al conocimiento del Contratista

Tiempo Estimado de Operación, es el Tiempo estimado que el equipo estará operando en el ciclo de validación

Unidades pactadas de energía transformada, es la Energía de salida de acuerdo al equipo propuesto

Costo negociado de la unidad de consumo de energía, es el precio unitario de la energía demandada

Ejemplo:

Partiendo del caso propuesto sobre un motor en este documento, el cálculo de ahorro económico estimado del período se muestra a continuación:

1) Se obtiene el promedio correspondiente al $IDEn_{Base}$ que para este caso es igual a 19.6 kWh/HP_{salida}

2) Se obtiene el promedio correspondiente al $IDEn_{Estimado}$ que para este caso es igual a 8.1 kWh/HP_{salida}

3) Se resta el $IDEn_{Estimado}$ al $IDEn_{Base}$ para obtener la tasa de ahorro por unidad entregada que en este caso igual a 11.5 kWh/HP_{salida}

4) Se obtiene el número de unidades pactadas a entregarse en el período que resulta de la multiplicación de la energía entregada (HP_{salida}) en un día por 182 días que comprenden un semestre. El resultado obtenido es 3,640 HP_{salida}/Semestrales

5) Finalmente, se multiplican los resultados de los puntos 3 y 4 por el precio negociado de la energía consumida ($/kWh), que en este caso es 0.081426 US$/kWh

6) El resultado será 11.5 kWh/HP_{salida} * 3,640 HP_{salida}/Semestrales * 0.081426US$/kWh

7) Este cálculo es equivalente a US$3,408.50utilizando la precisión de la hoja de cálculo aplicada.

En la **figura 3-9** se encuentra un ejemplo del cálculo de ahorro económico, misma que deberá incluirse en el formulario P02-PROYECTO, en el apartado correspondiente a “AHORRO ECONÓMICO”.

Figura3-9:

2.7 Consideraciones económicas (ver MSVV-01 sección 3.5)								
Costos de inversión:	US$	18,965.00	Intereses	US$	927.35	Inversión total	US$	19,892.35
Ahorro anual económico esperado:	US$	3,234.11						
Período de retorno de inversión (años):		3						

Ahorro Económico Registrado

$$\boldsymbol{Ahorro\ económico\ registrado\ del\ período} = \left(\boldsymbol{IDEn_{Base}} - \boldsymbol{IDEn_{Registrado}}\right) \times \boldsymbol{Tiempo\ Registrado\ de\ Operación} \times \boldsymbol{Unidades\ registradas\ entregadas} \times \boldsymbol{Costo\ negociado\ de\ la\ unidad\ de\ consumo}$$

En dónde;

$IDEn_{Base}$, es el Indicador de Desempeño Energético Base de las condiciones de medición de referencia

$IDEn_{Registrado}$, es el Indicador de Desempeño Energético Registrado que se toma de manera continua y se construye con los datos de los instrumentos de medición instalados.

Tiempo Registrado de Operación, es el Tiempo continúo de registros de datos.

Costo negociado de la unidad de consumo de energía, es el Precio unitario de la energía demandada

Afectación económica por inoperancia

Cuando el equipo está parado por su mal funcionamiento, descompostura o cualquier otra causa imputada al equipo (no a causas ajenas) por lo tanto imputada al Contratista, la afectación se puede calcular de la siguiente manera:

$$Afectación\ económica\ por\ inoperancia = Tiempo\ de\ Inoperancia \times Costo\ negociado\ por\ inoperancia$$

Tiempo de Inoperancia, es el tiempo que se encuentra el equipo se encuentra fuera de operación imputable al Contratista.

Ejemplo. Supongamos que el equipo estuvo parado 1 semana, y el Tiempo Estimado de Operación por día es de 8 horas en 5 días, por lo que el Tiempo Estimado de Operación por día es de 40 horas.

El costo negociado por inoperancia, es un costo que se acuerda entre el Contratante y el Contratista. Y puede ser una combinación del Ahorro Energético no generado y un costo por daños derivados de afectación a la producción.

$$\begin{aligned} &Ahorro\ Energético\ no\ generado\ por\ inoperacia \\ &\quad = \left(IDEn_{Base} - IDEn_{Efectivo}\right) \times Tiempo\ de\ Inoperacia \\ &\quad \times Costo\ negociado\ de\ la\ unidad\ de\ consumo\ de\ energía \end{aligned}$$

3.5.3. Definición de período simple de recuperación de la inversión

El período simple de retorno de la inversión es una de las técnicas más sencillas para evaluar la viabilidad de un proyecto de inversión. Teniendo como virtud su sencillez de cálculo tiene por desventaja que no refleja los beneficios posteriores una vez que la inversión fue recuperada. Para un análisis más profundo, el Contratista o el Contratante podrán utilizar técnicas como el valor presente neto y la tasa interna de retorno para llegar a conclusiones más precisas, involucrando el valor del dinero en el tiempo y el efecto del ahorro durante toda la vida del proyecto y no solo en el período de recuperación.

Para efectos de este programa es relevante determinar el período de retorno de la inversión como una variable que determinará el plazo del financiamiento a pedir y si es razonable el tiempo calculado con respecto a la experiencia en proyectos similares. En este sentido una tecnología que normalmente se recupera en 2 años haría ver como poco viable un proyecto de la misma tecnología que se recupere en 5 años por citar un ejemplo.

El método consiste en medir el tiempo (meses, años, entre otros) que tarda un inversionista para recuperar el capital invertido mediante los beneficios resultantes (ahorros de energía eléctrica por ejemplo). El número de meses o años recibe el nombre de período de recuperación.

Se consideran todos los costos en términos nominales y no se considera el valor del dinero en el tiempo. El criterio de aceptación del proyecto lo establece el inversionista definiendo el período máximo en que debe de recuperarse la inversión.

$$Período\ simple\ de\ recuperación = \frac{Inversión\ efectuada}{Ahorro\ generado}$$

En dónde;

Inversión efectuada; es el monto establecido en el punto 3.6.1

Ahorro generado; es el punto establecido en el punto 3.6.2

El tiempo de recuperación es simple, debido a que no se considera el valor del dinero en el tiempo.

Los datos obtenidos en este apartado deberán solicitarse en el apartado "CONSIDERACIONES ECONÓMICAS en el formato P02AX-TECNOLOGÍA, como se observa en el ejemplo de la **Figura 3-10.**

***Figura 3-10**: Tabla tomada del ejemplo propuesto*

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS	
Contiene el ahorro proyectado acorde a la línea de base	
Periodos de reporte acordados	4 periodos semestrales
Ahorro energético proyectado (en energía) por periodo	32,416.80 kWh
Valor del ahorro proyectado	**US$ 3,234.10 semestrales**
Índice de eficiencia energética	58.1
Periodo de retorno de inversión (años)	3
Costo pactado de la energía consumida	**0.0775 US$/kWh**

Los datos deberán ser compatibles con la línea de base energética y el factor de emisión de acuerdo a la tecnología a implementar.
Los periodos de reporte acordados entre el proveedor y el usuario, diarios, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales o anuales.

3.6. Reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CO2e)

3.6.1 Generalidades

Una alternativa para expresar los beneficios adicionales asociados a los resultados obtenidos por el ahorro de energía alcanzado en cada proyecto de eficiencia energética, es la cuantificación de reducciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en unidades de CO_2e.

Para lograr lo anterior, es necesario tomar en consideración la fuente de energía asociada a la actividad principal de cada proyecto y su tecnología correspondiente, ya que de estos elementos depende el enfoque metodológico aplicable para la cuantificación de reducciones, de acuerdo con las categorías que para fines operativos del presente proyecto se han definido y que se muestran a continuación:

***Tabla 3**: Categorías de proyectos de eficiencia energética*

Categoría de proyecto	Fuente de energía	Ejemplo de tecnología
Combinado	Mixta	Cogeneración
Eléctrico	Electricidad	Motores Aire comprimido Aire acondicionado Refrigeración
Combustión Estacionaria	Fósil	Calderas Precalentamiento

3.6.2 Cuantificación de emisiones reducidas para un Proyecto Combinado

La reducción de emisiones de GEI para un Proyecto Combinado debe ser cuantificada aplicando la siguiente ecuación:

$$Reducción\ de\ emisiones\ de\ GEI = \left(C_{energía\ eléctrica\ ahorrada} \times FE\right) + \left(C_{Combustible\ ahorrado} \times FE\right) \times 1000$$

En donde:

Reducción de emisiones de GEI, es la Cantidad de Gases de Efecto Invernadero reducidos como consecuencia de los ahorros logrados en el consumo de electricidad y combustibles fósiles ($kgCO_2e$)

$C_{energía\ eléctrica\ ahorrada}$, es el consumo de energía eléctrica ahorrada como resultado del proyecto (kWh)

$C_{combustible\ ahorrado}$, es el consumo de combustible ahorrado como resultado del proyecto (GJ)

FE, es el Factor de emisión de GEI por consumo de energía eléctrica para el año correspondiente ($tonCO_2e/kWh$) o combustibles fósiles ($tonCO_2e/GJ$).

3.6.3 Cuantificación de emisiones reducidas para un Proyecto de Tipo Eléctrico

La reducción de emisiones de GEI para un Proyecto Eléctrico debe ser cuantificada aplicando la siguiente ecuación:

$$Reducción\ de\ emisiones\ de\ GEI = \left(C_{energía\ eléctrica\ ahorrada} \times FE\right) \times 1000$$

En donde:

Reducción de emisiones de GEI, es la cantidad de Gases de Efecto Invernadero reducidos como consecuencia de los ahorros logrados en el consumo de electricidad ($kgCO_2e$)

$C_{energía\ eléctrica\ ahorrada}$, es el consumo de energía eléctrica ahorrada como resultado del proyecto (kWh)

FE, es el Factor de emisión de GEI por consumo de energía eléctrica para el año correspondiente ($tonCO_2e/kWh$)[4].

3.6.4 Cuantificación de emisiones reducidas para un Proyecto de Combustión Estacionaria

La reducción de emisiones de GEI para un Proyecto de Combustión Estacionaria debe ser cuantificada aplicando la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Reducción\ de\ emisiones\ de\ GEI \\ &= \left(C_{combustible\ ahorrado} \times FE_{CO_2} \times PCG_{CO_2}\right) \\ &+ \left(C_{combustible\ ahorrado} \times FE_{CH_4} \times PCG_{CH_4}\right) \\ &+ \left(C_{combustible\ ahorrado} \times FE_{N_2O} \times PCG_{N_2O}\right) \times 1000 \end{aligned}$$

En donde:

Reducción de emisiones de GEI, es la cantidad de Gases de Efecto Invernadero reducidos como consecuencia de los ahorros logrados en el consumo de combustibles fósiles ($kgCO_2e$)

$C_{combustible\ ahorrado}$, es el consumo de combustible ahorrado como resultado del proyecto (GJ)

FE, es el Factor de emisión de GEI por consumo de combustibles fósiles ($tonCO_2e/GJ$) para cada tipo de GEI emitido (CO_2, CH_4 y N_2O).

PCG, es el Potencial de Calentamiento Global (adimensional) para cada tipo de GEI emitido (CO_2, CH_4 y N_2O)

En la figura 3-11 se encuentra un ejemplo de la estimación de GEI evitados para un Proyecto de Tipo Eléctrico, misma que deberá incluirse en el formato P02-PROYECTO, en el apartado correspondiente a "REDUCCION DE EMISIONES DE CO_2e".

[4] *Los factores de emisión por consumo de electricidad puede consultarse con la autoridad ambiental nacional*

Figura3-11:

Reducción de emisiones de CO_2e

Consumo evitado	Factor de Emisión
kWh	tonCO2e/kWh
32,416.80	0.0006798
Emisiones de CO_2e evitadas/semestre:	22.04

El resultado de estos cálculos debe ser alimentado en el apartado "REDUCCION DE EMISIONES DE CO2e" del formulario P02AX-TECNOLOGÍA (ver **figura 3-12**).

4. Medición, Reporte y Validación

4.1 Generalidades

Con el propósito de asegurar la calidad, veracidad, exactitud, consistencia, transparencia y representatividad de los resultados alcanzados a través de las medidas de eficiencia energética, es necesaria la implementación de un sistema de Medición, Reporte y Validación (MRV), el cual, permite que el diseño y operación de los proyectos desarrollados siga un enfoque de gestión de la calidad orientado a resultados.

Para ello, un sistema MRV debe apegarse a los siguientes criterios:

- Gestión de los datos de entrada, transformación y salida;
- Definición de responsabilidad y asignación de recursos;
- Exactitud y gestión de la incertidumbre, y
- Trasparencia y reproducibilidad del proceso bajo un enfoque sistematiza y estandarizado;

Con base en lo anterior, un sistema de MRV, puede definirse como el proceso de planeación, medición, recolección de datos, análisis, validación e informe del desempeño energético que se mide, reporta y valida.

El sistema de MRV, nos permite obtener información consistente, transparente y precisa; proporciona confianza a las partes interesadas, de que los resultados presentados son creíbles; basándose en los siguientes principios:

a) Exactitud y gestión de la incertidumbre; la incertidumbre de los resultados, incluyendo la exactitud de la medición, necesita gestionarse en un nivel adecuado para los propósitos de la MRV. Debe incluirse en el informe de resultados, una declaración clara con respecto de la exactitud de los resultados y los pasos que se toman para mitigar la incertidumbre.

b) Transparencia y reproducibilidad del(los) proceso(s) de MRV; debe documentarse para asegurar la transparencia y trazabilidad del proceso. La Medición debe documentarse, de

manera que se asegure la reproducibilidad, la cual contribuye a la confianza de los resultados reportados para su posterior validación.

c) Gestión de datos y planificación de la medición; el proceso de MRV debe incluir información sobre cómo los datos se gestionan.

d) Competencia del personal contribuye a la confianza en los resultados que se presentan.

e) Imparcialidad: contribuye a la confianza en los resultados que se presentan. La imparcialidad no requiere independencia de un tercero. Las partes interesadas deben dar a conocer formalmente cualquier conflicto de intereses.

f) Confidencialidad; cualquier información confidencial necesaria para realizar la MRV.

g) Uso de los métodos apropiados; el método de la MRV así como los métodos de cálculo que se seleccionan deben seguir las buenas prácticas establecidas.

Medición: Realizar un seguimiento de los parámetros monitoreados esénciales para determinar el ahorro energéticos, como energía de entrada, trabajo de salida, tiempo de operación, flujo, presión y demás variables a determinar.

La medición es el primer elemento esencial en una valoración global de la eficiencia, permite la recolección de datos esenciales necesarios para llevar a cabo el reporte y, finalmente, la validación. Lo que se requiere para la medición depende enteramente de los parámetros que se solicitan para llevar a cabo los cálculos necesarios.

El Contratante debe generar un plan para la medición el cual debe considerar, como mínimo, los datos de las variables especificadas para determinar nuestro desempeño energético; y debe describir lo siguiente:

a. Datos del responsable del monitoreo.

b. Listado de datos y parámetros que se monitorean relativos al desempeño del equipo.

c. Descripción de métodos y frecuencia de medición de parámetros.

Se deben describir las condiciones de proceso y del equipo de monitoreo. El período en el que se realiza el monitoreo, por ejemplo aquellas variables directamente relacionadas con las reducciones deben monitorearse de forma continua, otras, como las eficiencias, pueden evaluarse al menos una vez al año. El equipo de monitoreo debe considerar aspectos de calibración y certificación.

d. Descripción de los procedimientos necesarios para monitoreo para asegurar consistencia, precisión, transparencia y trazabilidad en la cuantificación de indicadores de desempeño.

Descripción del sistema de información y medidas de aseguramiento y control para la recopilación, documentación y cálculos, ver Tabla 4.

***Tabla 4**: Elementos de la medición*

Variable a medir	Instrumento de medición	Calibración	Trazabilidad	Frecuencia de registro de datos
Energía Eléctrica	Voltímetro Amperímetro Analizadores de redes	Certificados de calibración vigentes	Bitácoras de levantamiento de datos	Por hora
Flujo (m^3/hr)	Caudalímetros			
Presión (Pa)	Barómetros		Bitácoras digitales	Diario
Temperatura (C)	Termómetros			
Velocidad (RPM)	Tacómetros		Facturas	Semanal
Flujo de Aire (CFM, m/s)	Anemómetro			

Reporte: Realizar el informe de los parámetros evaluados, para determinar líneas base, indicadores de desempeño energético así como ahorros estimados, ver **Tabla 5**.

Mediante el reporte directo, generalmente se requiere que la instalación coloque medidores, que hagan el reporte automático y directamente a una base de datos especializada. El reporte indirecto suele apoyarse en el registro manual en bitácoras u otros formatos, los cuales posteriormente se validan antes de registrarse como datos finales.

***Tabla 5:** Parte del contenido de reporte*

	Tiempo de retorno de Inversión		
Ciclo 1	**Ciclo 2**	**Ciclo 3**	**Ciclo N**
Seguimiento de Datos **Validación inicial**	**Seguimiento de Datos** **Validación de datos**	**Seguimiento de Datos** **Validación de datos**	**Seguimiento de Datos** **Validación de datos**
30 días	Semestral		
15 días	Anual		
7 días	Trimestral		

Validar: Revisar la exactitud y viabilidad de lo reportado.

El sistema de MRV utiliza una validación independiente externa (tercera parte) para confirmar que la medición y el reporte estén en alineados con los requisitos.

La validación, al igual que la medición, debe estar claramente definida y en congruencia con los objetivos del programa.

El objetivo de la validación de tercera parte, es realizar una evaluación objetiva de la integridad ambiental y veracidad de las reducciones logradas y del desempeño alcanzado; es un mecanismo que asegura transparencia, confianza y cumplimiento en los cálculos y el reporte, de acuerdo a los principios y requisitos del programa.

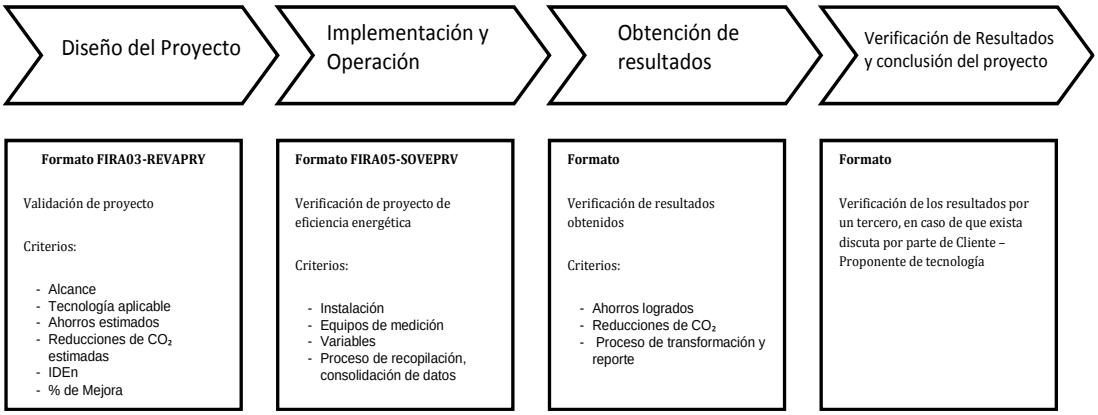
La organización debe proporcionar a la Unidad Validadora, toda la documentación necesaria y suficiente, para asegurar y dar soporte a lo establecido en el reporte.

4.1. Sistema MRV

El Sistema de MRV que es aplicable al Programa de Financiamiento para Eficiencia Energética:

1. Diseño del Proyecto
2. Implementación y Operación
3. Obtención de resultados
4. Análisis y Conclusión del Proyecto

***Figura 4-1**:Sistema de MRV para el Programa de Financiamiento para Eficiencia energética*



4.2. Implementación del Sistema MRV

Etapa I. Diseño del Proyecto.

El Contratista tendrá que llenar el formato P02-PROYECTO y el P02AX-TECNOLOGÍA, de acuerdo a la tecnología que pretende desarrollar; tal como lo especifica anteriormente en el punto 3.1.2

La calidad de los datos para determinar Líneas Bases o Indicadores de Desempeño energéticos es parte esencial del proceso MRV.

Ante un futuro incierto, la información de alta calidad será más valiosa y podrá ser utilizada para una amplia diversidad de propósitos; en contraste, la información de baja calidad puede tener poco o ningún valor, e incluso significar penalizaciones para la empresa.

Un sistema de gestión de calidad de los datos, ofrece un proceso sistemático para prevenir y corregir errores, y para identificar áreas en las que la inversión de recursos puede resultar más efectiva, en términos de una mejora global en la calidad de los datos.

Se necesita un marco de referencia práctico para ayudar a las empresas a conceptualizar y diseñar un sistema de gestión de calidad, y estructurar un plan de mejoras futuras. Este marco de referencia se centra en los siguientes componentes institucionales, administrativos y técnicos.

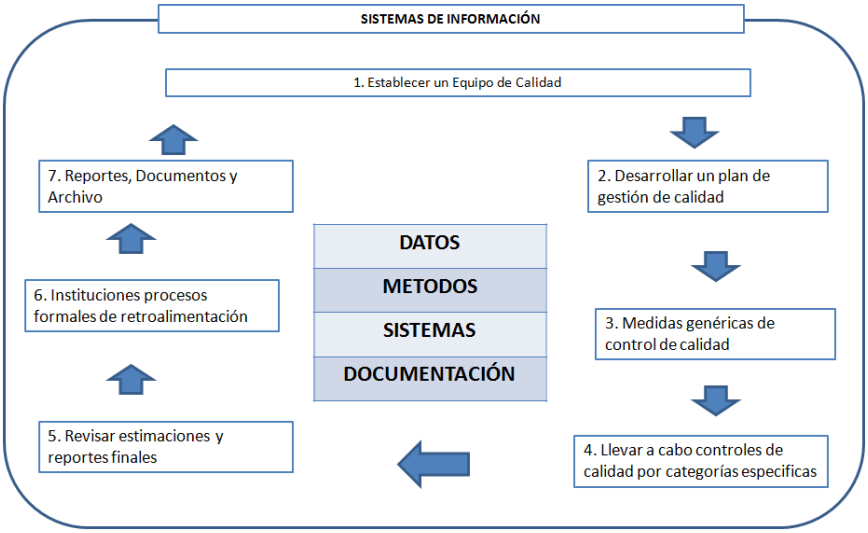
MÉTODOS: Son los aspectos técnicos de la preparación de los datos a monitorear.

DATOS: Se refieren a la información básica sobre niveles de producción o actividad, factores de emisión, procesos, parámetros, variables y operaciones.

PROCESOS Y SISTEMAS: Son los procedimientos institucionales, administrativos y técnicos para preparar la recolecta de los datos y su reporte. (Formatos P02-PROYECTO y P02AX-TECNOLOGÍA) Incluyen al equipo humano y a los procesos responsables del objetivo de desarrollar un reporte de alta calidad.

DOCUMENTACIÓN: Es el registro de métodos, datos, procesos, sistemas, supuestos y estimaciones utilizados para preparar el reporte. (Formatos P02-PROYECTO y P02AX-TECNOLOGÍA) Dado que la estimación de los ahorros energéticos es algo inherentemente técnico (involucrando ciencia e ingeniería), una documentación transparente y de alta calidad es particularmente importante para su credibilidad.

***Figura 4-2**:*



El Contratista deberá planificar el alcance del proceso de medición (P02-PROYECTO). Para esta actividad se propone estructurar una tabla que contenga los siguientes datos como parte de plan de obtención de información necesaria para el cálculo de los IDEn. Estos datos, como mínimo, son:

(1) Variable a medir/variable relevante y consumo de energía (predefinidas por tecnologías en Anexo 1)

(2) Instrumento de medición y ubicación

(3) Fecha de vencimiento de calibración

(4) Trazabilidad

(5) Ciclo de Validación

(6) Se deberá anexar la calendarización de las mediciones físicas, conforme a la tabla ejemplo siguiente:

Calendario de medición

El Contratista deberá presentar las fechas en las cuales empezará y terminará el período de medición para permitir la validación de los Ahorros Energéticos en las instalaciones del Contratante.

Mediciones	Fecha inicio / fecha final
1ª Medición	
2ª Medición	
3ª Medición	

4ª Medición	
5ª Medición	
6ª Medición	

Mientras más transparentes, mejor controlados y mejor documentados se encuentren los datos y sistemas, será más eficiente el comprobarlos y validarlos.

Será necesario solicitar en el P02-PROYECTO, apartado "PROCESO DE MEDICIÓN" la información anteriormente descrita. Para fines de ejemplo, ver **Figura 4-3**.

***Figura 4-3**: Ejemplo de reporte*

1. PROCESO DE MEDICIÓN

Variable a medir	Instrumento de medición	Calibración	Trazabilidad	Periodo de cada reporte
Kwh	Medidor de consumo eléctrico			Semestral
RPM	Tacómetro			Semestral
HP Salida	Medidor de potencia			Semestral

PLAN DE MEDICIÓN VER MEPEE-01 5

Descripción de plan de medición

Para asegurar la calidad, consistencia y trazabilidad de la información relevante de medir conforme la estructuración del proyecto, Embotelladora Mexicana, S.A. de C.V. se ha desarrollado un plan de medición que incluye:

- *Manual general operación del proyecto*
- *Procedimientos específicos para la recopilación de variables identificadas para la medición de progresos*
- *Formatos para la consolidación de datos de información*

Asimismo, se ha integrado un equipo de personas dedicadas a la operación del proyecto bajo la siguiente estructura:

- *Líder de proyecto*
- *Analista de proyecto*

De acuerdo al listado y tipo de residuos, especificar la normatividad aplicable en la materia ya sea federal, estatal o municipal. Especificar el proceso que se pretende llevar a cabo para el manejo de los residuos a generar.

Etapa II. Implementación y Operación

En esta etapa, el Contratista tendrá que dar marcha a la implementación del proyecto, de acuerdo al plan de trabajo desarrollado y validado anteriormente, tendrá que tomar en cuenta el proceso de medición que se estructuró en la validación del proyecto.

Dicho desarrollo se tendrá que reportar en el documento P03-INSTALACIÓN, Formato de Validación de Proyecto.

Se tendrán que tomar en cuenta los siguientes criterios:

1) Validación técnica del proyecto; equipos instalados correspondan a lo especificado a la validación del proyecto, certificado de equipos, componentes para su instalación, cálculos de instalación, normatividad aplicable.
2) Proceso de Medición; características de los equipos de medición, proceso de recopilación de datos (variables, fuentes, tipos de medición), análisis de datos, resguardo (bitácoras, reportes, facturas, entre otros), reporte de resultados (congruente con metodología)
3) Disposición de Residuos, comprobantes de disposición de residuos por empresas autorizadas para su manejo, cumplimiento con la normatividad ambiental.

Reforzando la transparencia del proceso de medición, deberá dejarse evidencia de cada toma de lectura del medidor conforme a la calendarización propuesta por el Contratista.

Por lo anterior, al acercarse la fecha de lectura propuesta, el Contratista deberá imprimir el Comprobante de Lectura de Medidor y completarlo en campo con el Contratante como testigo; de hecho, ambas partes deberán firmar dicho comprobante y el Contratista deberá “subirlo” al Sistema de Información (SIESI) como evidencia.

Ejemplo de Comprobante de Lectura a imprimir:

PROGRAMA DE FINANCIAMIENTO DE BANDESAL ESI AHORROS ENERGÉTICOS SEGUROS EL SALVADOR

COMPROBANTE PARA LECTURA DE MEDIDOR

NÚMERO DE PROYECTO: _____
FECHA: _____
HORA: _____

	EQUIPO #1		
LECTURA			(UNIDADES)

	EQUIPO #2		
LECTURA			(UNIDADES)

	EQUIPO #3		
LECTURA			(UNIDADES)

FIRMA _____ FIRMA _____
NOMBRE _____ NOMBRE _____
CONTRATISTA _____ CONTRATANTE _____

OBSERVACIONES:
_____
_____
_____
_____
_____

Etapa III. Obtención de resultados

Durante este paso el desempeño se determina con base en el análisis y resultado del levantamiento de datos. El análisis debe ser de acuerdo con el límite del proyecto, los períodos, la frecuencia de los datos y las variables a seguir.

Dado que, se incluyen valores mínimos y máximos de ahorro de energía, cualquier ajuste no rutinario o cambios trascendentes deben registrarse. Las observaciones correspondientes deben informarse y registrarse.

Informe documentado donde se establece el compartir los resultados a intervalos definidos y correspondientes con el período de entrega establecido en el cronograma de trabajo para los proyectos de eficiencia energética.

El informe debe contener:

- Lista de variables a medir;
- Instrumentos de medición utilizados;
- Vigencia de calibración de los instrumentos de medición;
- Trazabilidad de los datos obtenidos;
- Ciclo de Validación; y
- Gráfica que relaciona el $IDEn_{Base}$, el $IDEn_{Estimado}$ el $IDEn_{Efectivo}$ y el Índice de mejora en porcentaje ($IMDEn_{Efectivo}$).

Etapa IV. Validación de resultados y conclusión del proyecto

Se desarrollará en caso de que existan inconsistencias o diferencias entre el Contratista y Contratante, para tal caso se tendrá que acudir a un tercero para que constate los resultados obtenidos y emita su fallo.

El tercero para ratificar datos se apoya de diversos documentos (Formato de validación de proyecto, formato de validación de proyecto implementado) además de realizar tareas como:

a) Analizar cálculo de Indicadores de Desempeño Energético (todos)
b) Analizar reportes preventivos con su respaldo de trazabilidad
c) Analizar consistencia de datos
d) Identificar inconsistencias entre los datos registrados y los datos reportados
e) Comparar $IDEn_{Base}$ contra $IDEn_{Efectivo}$
f) Visita de campo para identificar métodos de trazabilidad
g) Corroborar Calibración de equipos de medición
h) Emitir declaración de validación de datos de resultado

5. Información sobre disposición de residuos

5.1. Equipos sustituidos

Para fines de un control adecuado de la disposición de equipo obsoleto, será importante realizar una relación de los equipo a sustituir conforme a lo solicitado en el formato PO3-INSTALACIÓN.En la **figura 5-1** se observa un ejemplo a lo comentado.

Figura 5-1:

1. INFORMACIÓN SOBRE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

EQUIPOS SUSTITUIDOS *(Listar equipos sustituidos)*

El Contratista deberá realizar un listado de todos los equipos que serán retirados por la implementación de la tecnología aplicada. Este campo considera el equipo principal y los elementos secundarios (equipos de apoyo) tales como motores, bombas, intercambiadores, etc. Si se tienen más equipos a incluir (por estar trabajando en una tecnología que así lo requiera) se pueden relacionar en un cuadro anexo al formulario.

Residuos generados:		
1. **Equipo a ser retirado:** Nombre del equipo: Motor Corradi No. de serie: 143567-MGF-0FE	Modelo: MTA-200L	No Aplica ☐
2. **Equipo a ser retirado:** Nombre del equipo: No. de serie:	Modelo:	No Aplica ☐
3. **Equipo a ser retirado:** Nombre del equipo: No. de serie:	Modelo:	No Aplica ☐
4. **Equipo a ser retirado:** Nombre del equipo: No. de serie:	Modelo:	No Aplica ☐
5. **Equipo a ser retirado:** Nombre del equipo: No. de serie:	Modelo:	No Aplica ☐

NOTA: En el marco del programa no se permite la reutilización de los equipos que han sido desinstalados dentro de la misma organización o en una organización diferente, por lo tanto y en cualquier caso deberán ser tratados como residuos

5.2. Generación potencial de residuos

Los residuos deberán ser identificados y clasificados de acuerdo a su categoría, evitando mezclar los residuos peligrosos y no peligrosos. Cada residuo deberá ser identificado, clasificado y separado de acuerdo a lo especificado en la **tabla 7**.

Residuos No Peligrosos		**Residuos Peligrosos (RP)**
Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	**Residuos de Manejo Especial (RME)**	
Plásticos (en pequeñas cantidades)	Equipos obsoletos (motores, calentadores de agua, calderas, ventiladores, compresores)	Gases Refrigerantes

Cobre (en pequeñas cantidades)	Filtros de aire	Aceites usados
Metales ferrosos (hierro y acero) en pequeñas cantidades	Filtros de aceite (vacios)	Materiales impregnados con aceites, solventes u otro residuo peligroso.
	Compresor	
Otros	Otros	Otros

De una forma similar al punto 5.1, para fines de un control adecuado de la disposición de residuos obtenidos por la desinstalación del equipo obsoleto, será importante realizar una relación de las sustancias y materiales a disponer conforme a lo solicitado en el formato PO3-INSTALACIÓN. En la **figura 5-2** se observa un ejemplo a lo comentado.

Figura 5-2:

GENERACIÓN POTENCIAL DE RESIDUOS

El proveedor debe listar los residuos generados durante el la implementación del proyecto, e indicar el prestador de servicios externos que se tiene como opción para realizar el transporte, tratamiento y disposición final. Si se tienen más residuos a reportar (por estar trabajando en una tecnología que así lo requiera) se puede relacionar en un cuadro anexo al formulario.

Identificación de Residuos [a]	Cantidad aproximada	Unidad[b]	Tipo de Residuo[c]		
			RSU	RME	RP
Acero (procedente de carcasa)	150	kg	☐	X	☐
Cobre (procedente de la bobina)	45	kg	☐	X	☐
			☐	☐	☐
			☐	☐	☐
			☐	☐	☐

a) Listar los residuos que se pudieran generar durante el proceso de implementación del proyecto.
b) Unidad: Pueden ser reportadas en kilogramos (kg), toneladas (ton), litros (l), etc. La unidad se debe definir manteniendo consistencia con el proceso.
c) Tipo de Residuos:
RSU (Residuos Sólidos Urbanos): Son los generados en casa habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes y empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos.
RME (Residuos de Manejo Especial): Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.
RP (Residuo Peligroso): Son aquellos que posean algunas de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad; así como envases , recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.

5.3 Plan de manejo de residuos

El Contratista deberá especificar el proceso bajo el que manejará los residuos, incluyendo el almacenaje, recolección externa, tratamiento, reciclaje y disposición final.

Los residuos peligrosos como los no peligrosos se tienen que almacenar adecuadamente hasta su recolección, los almacenamientos tendrán que ser adecuados de acuerdo a los residuos, cantidad y normativa aplicable.

El retiro de los residuos generados por empresas autorizadas, se tendrá que hacer de acuerdo a lo especificado en el cronograma de trabajo.

La recolección deberá realizarse por empresas autorizadas por las autoridades salvadoreñas para el manejo de residuos peligrosos y especiales. Para tal efecto el Contratista y/o el Contratante consultarán el padrón de empresas autorizadas para el manejo de los residuos especiales.

Los Contratistas podrán recoger los residuos siempre que tengan la competencia necesaria y que comprueben su disposición final ante el Contratante.

Si bien existe un importante comercio de chatarra metálica debido al valor que representan estos materiales, generalmente la recolección es realizada por actores informales difíciles de regular. El objetivo es evitar el manejo inadecuado de los residuos, por lo cual es importante validar la competencia, autorización y responsabilidad del prestador de servicio.

Si el Contratista que suministra el equipo nuevo tiene la capacidad para disponer y desmontar el equipo a sustituir tendrá que comprobar la destrucción y disposición de este, desde el contrato de prestación de servicios hasta una evidencia documental y fotográfica que el equipo ha sido inhabilitado.

Las evidencias presentadas al Contratante o Contratista por parte de la empresa que da el manejo de recolección, tratamiento y disposición final de los residuos serán:

- Documentación en la cual avale su competencia para el manejo de dichos residuos o equipos obsoletos.
- Autorización por parte de la Entidades respectivas en caso de manejar los residuos peligrosos.
- Autorización por parte de las Entidades respectivas para el manejo de los residuos no peligrosos.
- Evidencia Fotográfica de la inhabilitación del equipo obsoleto. Manifiesto de Entrega, Transporte y Recepción de Residuos.

Es importante enfatizar que para los proyectos autorizados, el Contratista deberá instalar equipos nuevos y certificados de alta eficiencia en el consumo de energía eléctrica.

El Contratista deberá documentar un plan de manejo de residuos y solicitar el manifiesto de manejo de residuos conforme a lo solicitado en el formato PO3-INSTALACIÓN.

6. Información sobre el Cronograma de Trabajo

Finalmente, el Contratante debe de realizar un plan de trabajo de la instalación del equipo.

6.1 Estructura del Cronograma

El cronograma de trabajo deberá desglosar razonablemente las actividades necesarias para desarrollar la nueva instalación.

El formato al cual deberá apegarse está contenido en el apartado de "CRONOGRAMA DE TRABAJO" del formato P02AX-TECNOLOGÍA. Un ejemplo se incluye en la figura 6-1.

***Figura 6-1**: Tomado del ejemplo propuesto*

2. INFORMACIÓN SOBRE PLAN DE TRABAJO

El Contratista deberá presentar un estimado general de tiempos y responsables para las actividades señaladas en el formato (la fecha a consignar corresponde a la terminación de cada actividad).

Actividad	Responsable	Tiempo															
		Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
Generación de orden de compra del motor	Proveedor	X															
Recibo de anticipo por el 30%	Usuario	X															
Embarque del motor a instalaciones del cliente	Fabricante/Proveedor					X											
Instalación del motor	Proveedor						X										
Verificación del proyecto	EV y Proveedor							X									
Liberación de la tecnología	Usuario y Proveedor								X								
Pago de finiquito	Usuario								X								

Este cronograma general será la base para la planificación de las actividades posteriores de validación y verificación del proyecto, como mínimo presentar la siguiente información:

- *Describir los trabajos de obra civil e instalación electromecánica que serán necesarias para hacer la instalación del equipo y su congruencia de tiempos*
- *Indicar fecha compromiso de entrega e instalación*
- *Indicar fecha compromiso para recibir al ente verificador*
- *Indicar fechas de pagos, entrega de informes y medición*

En caso de tener un cronograma más detallado, se puede entregar como anexo al presente formato.

6.2. Recomendaciones

A continuación se incluyen una serie de recomendaciones necesarias para que el Contratista estructure un cronograma de trabajo alcanzable:

- La definición de plazo para que la nueva instalación inicie operaciones es indispensable ya que sobre ella descansan diferentes mecanismo financieros como es la gracia de capital y el plazo de recuperación de la inversión.
- Cualquier demora en el inicio de actividades del nuevo equipo será responsabilidad del Contratista y tendrá un impacto económico directo sobre él.
- Una de las etapas críticas de la instalación es la entrega del equipo principal en virtud de que muchos de ellos se producen sobre pedido. El Contratista debe tomar sus precauciones para asegurar el cumplimiento del plazo de entrega.

- El Contratista deberá considerar tiempos de holgura razonables para evitar falsas expectativas durante la puesta en marcha de la nueva instalación.

7. Valoración de los criterios

Con el objeto de aceptar o rechazar un proyecto, la Unidad Validadora deberá aplicar en cada uno de los criterios de validación lo estipulado en la siguiente tabla:

Tabla 6:

Código de Validación	Criterio	Valoración del criterio
PRY-RE-01	Coincidencia en el registro del Contratista con la tecnología inscrita	Cumple en caso de presentar un registro de Contratista vigente y que es coincidente al Contratista que suscribe contrato y a la tecnología con la que se validó
PRY-RE-02	Coincidencia de formato con tecnología a aplicar	Cumple si el formato fue adecuadamente solicitado e incluye los anexos especificados en el propio formato
PRY-RE-03	Propuesta del proyecto (será anexo del contrato) que contenga el alcance del mismo cálculo de estimación de línea base, cálculo de estimado de ahorro, estrategia de medición y plan de implementación	Cumple si la información presentada como propuesta de proyecto y que será anexado al contrato, describe el proyecto conforme a lo que ha sido solicitado y proporciona información adicional que sustenta los cálculos
PRY-IG-01	Diagrama esquemático y descripción del proyecto que describa su perímetro y que contenga los elementos principales de la tecnología existente así como sus accesorios (entradas y salidas de materia y energía).	Cumple si se presenta un diagrama equivalente al propuesto en MSVV-01 sección 2.3 y una descripción genérica que considere los principales elementos de la situación actual.

PRY-IG-02	Datos del equipo a reemplazar (datos de placa), lista de verificación por tecnología, información técnica de la tecnología existente	Cumple si se presenta un levantamiento de la tecnología actual conforme a lo propuesto en el anexo técnico P02AX-TECNOLOGÍAen su apartado de "Información General del Proyecto – Condiciones de operación actual"(X = Número)
PRY-IG-03	Dato de tiempo de operación y carga. Las variables que afectan el consumo del equipo actual.	Cumple si se presenta un levantamiento de la tecnología actual conforme a lo propuesto en el anexo técnico P02AX-TECNOLOGÍA en su apartado de "Información General del Proyecto – Condiciones de operación actual"
PRY-IG-04	Diagrama esquemático (en una hoja) que contenga elementos que identifique la instalación nueva e indiquen el tipo y la colocación de los sistemas de medición.	Cumple si se presenta un diagrama equivalente al propuesto en MSVV-01 sección 2.3 y una descripción genérica que considere los principales elementos de la situación propuesta.
PRY-IG-05	Datos del equipo a reemplazar con sus especificaciones técnicas	Cumple si se presenta un levantamiento de la tecnología actual conforme a lo propuesto en el anexo técnico P02AX-TECNOLOGÍA en su apartado de "Información General del Proyecto – Condiciones de operación propuesta"
PRY-IG-06	Dato del consumo de energía del equipo nuevo en un año y durante la vigencia del contrato (Energía y US$, costo de energía por unidad). (No incluir el cálculo aquí, solo los datos)	Cumple si se presenta un levantamiento de la tecnología actual conforme a lo propuesto en el anexo técnico P02AX-TECNOLOGÍA en su apartado de "Información General del Proyecto – Consumo energético estimado"
PRY-IG-07	Dato del ahorro de energía del equipo existente en un año y durante el período de contrato	Cumple si se presenta un levantamiento de la tecnología actual conforme a lo propuesto en el anexo técnico P02AX-TECNOLOGÍA en su apartado de "Información General del Proyecto – Ahorro energético estimado"
PRY-IG-08	Describir las garantías del fabricante y del desempeño de la instalación	Cumple si se incluyen debidamente documentadas las garantías del equipo y los términos de las mismas consideran el plazo del proyecto y la cobertura de reparación del equipo por problemas

		atribuibles a calidad del mismo. Se debe anexar dicha garantía como Anexo del contrato.
PRY-IG-09	Describir el mantenimiento necesario que se tiene que hacer a los equipos nuevos	Cumple si se incluyen debidamente documentadas el plan de mantenimiento y viene especificado en los Anexos del contrato.
PRY-IT-01	Integrar los indicadores de desempeño energético integrando el consumo de energía, el producto entregado en materia de fluido energético generado y la relación entre ambos en función de un período definido y conforme a la tecnología	Cumple si está correctamente estructurada la información en el anexo P02AX-TECNOLOGÍA–Indicadores de desempeño energético, aplicando las unidades correspondientes a la tecnología utilizada y siguiendo la metodología en su apartado MSVV-01 sección 3.
PRY-IT-02	Establecer una línea base usando el criterio de medición establecido y con la estructura necesaria conformada por los datos técnicos del equipo actual y los indicadores de desempeño energético soportado por variables relevantes al consumo energético.	Cumple con la metodología de estructuración de línea base documentada en MSVV-01 sección 3.2 y expresada en el anexo técnico P02AX-TECNOLOGÍA en su apartado de "Indicadores de Desempeño Energético Base"
PRY-IT-03	Establecer el ahorro energético estimado usando el criterio de medición establecido y con la estructura necesaria conformada por los datos técnicos del equipo propuesto y los indicadores de desempeño energético soportado por variables relevantes al consumo energético.	Cumple con la metodología de estructuración de línea base documentada en MSVV-01 sección 3.3 y expresada en el anexo técnico P02AX-TECNOLOGÍA en su apartado de "Indicadores de Desempeño Energético Estimado"
PRY-IT-04	Derivar el cálculo de emisiones evitadas con base en los cálculo de línea base y el consumo estimado, así como considerando la tecnología aplicada en el proyecto	Cumple con la metodología de estructuración de línea base documentada en MSVV-01 sección 3.6 y expresada en el anexo técnico P02AX-TECNOLOGÍA en su apartado de "Reducción de emisiones CO2e"

PRY-IT-05	Contiene el Ahorro económico proyectado dentro del período de recuperación con base en un indicador de eficiencia energética	Cumple con la metodología de estructuración de línea base documentada en MSVV-01 sección 3.4 y expresada en el anexo técnico P02AX-TECNOLOGÍA en su apartado de "Consideraciones económicas"
PRY-IT-06	Detalla el monto de inversión realizado en el proyecto propuesto y que será sustento para determinar el período de retorno de la inversión	Cumple si contiene un presupuesto del proyecto adecuadamente estructurado conforme a lo solicitado en el formato P02-PROYECTO "Consideraciones económicas"
PRY-IT-07	Deriva el cálculo del período simple de recuperación usando el monto de inversión.	Cumple si el periodo de retorno simple es razonable con respecto al tipo de tecnología aplicada o justifica cualquier desviación al margen estipulado
PRY-ME-01	Define los equipos de medición que se utilizarán con base en las variables a medir	Cumple si los equipos de medición están respaldados con sus respectivos certificados de calibración para cada una de las variables definidas en el formato P02-PROYECTO "Proceso de medición" y solicitadas conforme la metodología MSVV-01 sección 4
PRY-DR-01	Detalla el plan de manejo de residuos del proyecto en términos de equipos retirados, residuos derivados de la instalación anterior y cumplimiento de la normatividad aplicable a la tecnología	Cumple si el formato P02-PROYECTO en su apartado "Información sobre Disposición de Residuos" fue solicitado adecuadamente conforme a la instalación existente y fue firmado el manifiesto de responsabilidad sobre manejo de residuos y soportado en la metodología MSVV-01 sección 5
PRY-CR-01	Describir los trabajos de obra civil e instalación electromecánica que serán necesarias para hacer la instalación del equipo y su congruencia de tiempos	Cumple si el formato P02-PROYECTO en su apartado "Información sobre el cronograma de trabajo" fue solicitado adecuadamente y soportado en la metodología MSVV-01 sección 6
PRY-CR-02	Contiene fecha compromiso de entrega e instalación	Cumple si el formato P02-PROYECTO en su apartado "Información sobre el cronograma de trabajo" fue solicitado adecuadamente y soportado en la metodología MSVV-01 sección 6
PRY-CR-03	Se establece una fecha compromiso para recibir a la Unidad Validadora	Cumple si el formato P02-PROYECTO en su apartado "Información sobre el cronograma de trabajo" fue solicitado adecuadamente y soportado en la metodología MSVV-01 sección 6

PRY-CR-04	Se revisa que contenga las fechas de pagos, entrega de informes y medición	Cumple si el formato P02-PROYECTO en su apartado "Información sobre el cronograma de trabajo" fue solicitado adecuadamente y soportado en la metodología MSVV-01 sección 6

ANEXOS

Anexo 1 – Fichas descriptivas y modelizaciones propuestas para cada tecnología

Es importante describir de manera sencilla la metodología que indique de manera clara la caracterización de motores, para el cálculo de los indicadores de desempeño energético, por lo que, a continuación se describen las metodologías de cada una de las tecnologías que se consideran para los proyectos de eficiencia energética.

En términos generales los indicadores se construyen mediante dos variables relevantes y bajo parámetros controlados que se especifican por cada una de las tecnologías, donde las variables a medir son:

Consumo de energía de entrada; electricidad, combustible

Trabajo entregado; el resultado de la energía de entrada ya transformada, ver **Tabla A-1.**

$$IDEn = \frac{Consumo\ de\ energía\ en\ unidades\ de\ energía}{Trabajo\ entregado\ (energía\ ya\ transformada)}$$

***Tabla A-1**: Indicadores de Desempeño Energético Base*

Tecnología	Energía de entrada	Trabajo entregado	IDEn	Variables relevantes
Motores	Electricidad (kWh, kJ)	Fuerza mecánica (HP_{salida})	Consumo de electricidad entre la fuerza mecánica entregada kWh/HP_{salida}	Consumo de energía (kWh), RPM de flecha (rpm)
Aire comprimido	Electricidad (kWh, kJ)	Aire a presión(Pa, bar, psi) Flujo(m^3/s)	Consumo de electricidad entre el flujo de salida de aire a presión acordada kWh/m^3/s	Electricidad (kWh, kJ) Aire a presión(Pa, bar, psi) Flujo(m^3/s
AC y refrigeración	Electricidad (kWh, kJ)	Aire frío (TR) volumen (m^3)	Consumo de electricidad entre el aire frío entregado/volumen kWh/TR	Electricidad (kWh, kJ) Aire frío (TR) volumen (m^3)

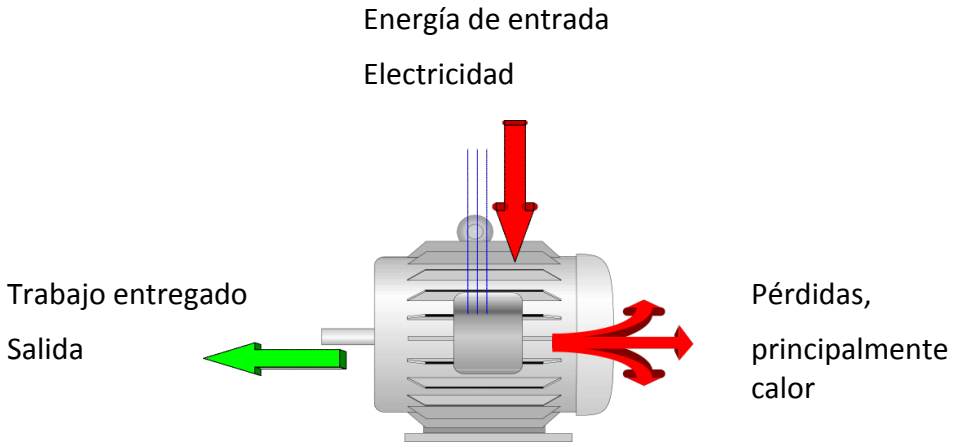
Calderas	Combustible (kJ)	Agua caliente(m3, m^3/s), vapor (m3, m^3/s)	Consumo de combustible entre el cantidad de agua caliente/flujo de vapor $kJ/m^3/s$	Combustible (kJ) Agua caliente (m3, m^3/s), vapor (m3, m^3/s)
Calentamiento solar	Combustible (kJ)	Volumen m^3, litros de agua caliente	Consumo de combustible entre el volumen de agua caliente entregado kJ/litro de agua caliente	Combustible (kJ) Volumen m^3, litros de agua caliente

Anexo 2 – Caracterización de Motores para cálculo de indicadores de desempeño energético

De inicio es necesario conocer la definición de lo que representa un motor eléctrico, el cual es un dispositivo (máquina rotatoria eléctrica), que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de campos magnéticos. Aproximadamente entre el 60% y 70% del consumo de energía eléctrica de una industria corresponde a equipos electromotrices tales como ventiladores, bombas, compresores, bandas transportadoras por mencionar algunos usos de estas máquinas eléctricas.

Su función es convertir la energía eléctrica (energía de entrada) en un trabajo entregado (energía de salida), durante la transformación, una parte de la energía eléctrica se convierte en calor, lo que constituye una pérdida inherente al motor, ver **Figura A-1**.

Figura A-1*: Flujo de energía de un motor eléctrico*



Construcción del Indicador de Desempeño Energético Base

A continuación se presenta una metodología útil y práctica para la construcción del indicador de desempeño base ($IDEn_{Base}$).

Dar valores cuantitativos al flujo de energía de un motor eléctrico y obtener un Indicador de Desempeño Energético (IDEn) de un motor se realiza mediante a valores obtenidos de datos de placa ver **Tabla A-2** y medidos de forma directa.

Tabla A. 2*:Datos de placa de un motor*

Marca	SUPERMOTORES
Potencia	450 HP
RPM	3565
Volts	460
Ampers	487
F.S.	1.15
Ambiente	40 °C
Nema Desig.	B
Aislamiento	F

Para los datos de medidos de forma directa se consideran parámetros controlados fijas, ver **Tabla A-3** para el registro de datos que ayudan a la construcción del IDEn, horas de operación, velocidad síncrona y carga.

Los datos anteriores en conjunto con los datos de placa se ingresan a la fórmula para el cálculo de los HP de salida (Trabajo entregado), una vez obtenido el trabajo entregado actual se relaciona con el consumo de energía eléctrica para obtener el valor del IDEn.

Tabla A-3*: Parámetros controlados*

Horas de operación	Se utiliza para realizar el comparativo de la operación actual con la operación propuesta
Velocidad síncrona	Se utiliza para alimentar la fórmula para obtener el valor de los HP de salida
Carga	Se utiliza para dar trazabilidad a los reportes de ahorro
Tensión	Fijar la tensión (voltaje) de entrada de la energía eléctrica

Una vez definidos los parámetros controlados, se utiliza la fórmula para determinar los HP de salida.

$$HP_{salida} = \frac{RPM_{sincrona} - RPM_{medida}}{RPM_{sincrona} - RPM_{placa}} \times HP_{placa}$$

En donde:

RPM síncrona, es la velocidad que depende de la frecuencia de entrada de la energía eléctrica entre el número de polos del motor;

RPM medida, es la velocidad de salida de la flecha del motor;

RPM placa, es la velocidad que se indica en los datos de placa del motor a caracterizar; y

HP placa, es la potencia que entrega el motor y que se encuentra dentro de los datos de placa.

El valor de los HP_{salida} en conjunto con la medición del consumo de energía eléctrica medida en kWh es la base de construcción del Indicador de Desempeño Energético Base (IDEnBa), como se indica a continuación:

$$IDEnBa = \frac{Consumo\ de\ Energía\ kWh}{HP_{Salida}}$$

Construcción del Indicador de Desempeño Energético Estimado

La obtención del $IDEn_{Estimado}$ tiene las componentes, Consumo de Energía kWh estimados y HP_{Salida}, para el cálculo de éste, es necesario tomar los parámetros controlados establecidos (Tabla A-3) en la medición de los componentes que estructuran el Indicador de Desempeño Estimado para poder realizar su comparación y obtener el porcentaje de ahorro mediante el índice energético.

$$IDEnEs = \frac{Consumo\ de\ Energía\ kWh}{HP_{Salida}}$$

Medición, Reporte y Validación

El seguimiento a los datos que construyen los indicadores es esencial para la generación del reporte de resultados, de igual manera realizar el registro con los mismos parámetros controlados. (Tabla A-3).

Equipos especiales y otros equipos

Tecnología que no se encuentre considerada o no contenga los parámetros descritos en la presente tecnología, se debe caracterizar con condiciones de medida y obtener los mismos componentes que construyen los indicadores de desempeño ($IDEn_{Base}$ e $IDEn_{Estimado}$).

Anexo 3 – Caracterización de Aire comprimido para cálculo de indicadores de desempeño energético

Un compresor es un equipo que transforma la energía mecánica entregada por un motor eléctrico en presión para desplazar un fluido compresible como gases o vapores. Los compresores se utilizan de diferentes maneras en la industria, operación de máquinas y herramientas, transporte neumático, instrumentación. El sistema de aire comprimido representa el 15% de la energía que usa el sector industrial en algunos países.

La función de un sistema de aire comprimido ver **Figura A-2**, es llevar aire a diferentes puntos de operación con una sola o diferentes presiones, de acuerdo al uso final que tenga.

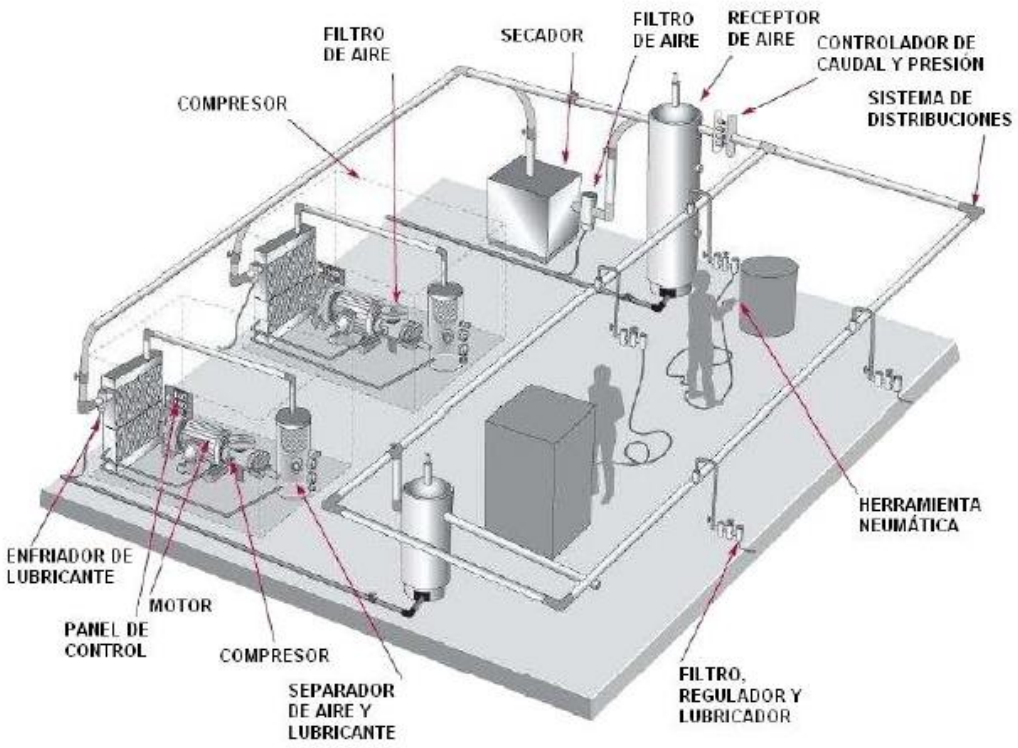



Figura A-2:*Esquema de una red de aire comprimido - fuente: www.sistemasmotrices.cl*