

Metodología para el aseguramiento técnico a través de un plan integral CC&P-T1 bajo la ISO 9001:2015 para una PH2V

Methodology for technical assurance through a comprehensive plan CC&P-T1 under ISO 9001:2015 for a PH2V

<https://doi.org/10.46380/ecotemas-2025-4-20>

M.Sc. Giovanni Oswaldo Jiménez Molano

Universidad Centro Panamericano de Estudios Superiores, México
ing.jimenezmolano@gmail.com

Recibido: 26/07/2025

Aprobado: 15/09/2025

Publicado: 01/10/2025

Dra. C. María Magdalena Montserrat Contreras Turrubiarres

Universidad Centro Panamericano de Estudios Superiores, México
maria.contreras@unicepes.edu.mx

RESUMEN

Un planteamiento metodológico bien definido es crucial para entender y abordar eficazmente la problemática que se presenta en el aseguramiento técnico durante la ejecución de un proyecto. Con el marco metodológico propuesto denominado CC&P-T1 (Completamiento mecánico (Precomisionamiento), Comisionamiento y Puesta en marcha (Todo en uno), se proporciona una estructura clara para: planificar la certificación de un proyecto, identificar un mapa de ruta, seleccionar las herramientas y técnicas adecuadas, evaluar los resultados obtenidos sistemáticamente mediante KPIs para su seguimiento y control y finalmente calcular los recursos requeridos para su implementación.

Palabras claves: herramientas ágiles, gestión de proyectos, mitigación de riesgos.

ABSTRACT

A well-defined methodological approach is crucial for understanding and effectively addressing the issues that arise in technical assurance during the execution of a project. With the proposed methodological framework called CC&P-T1 (Mechanical Completion (Pre-commissioning), Commissioning, and Start-up (All-in-One), a clear structure is provided to: plan the certification of a project, identify a roadmap, select the appropriate tools and techniques, systematically evaluate the results obtained through KPIs for monitoring and control, and finally calculate the resources required for its implementation.

Keywords: agile tools, project management, risk mitigation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad en Colombia se producen cerca de 130.000 toneladas anuales de hidrógeno, principalmente gris y azul, para el uso en las refinerías de Barrancabermeja y Cartagena. No obstante, se espera que la mayoría de este hidrógeno en los próximos años sea producida a

partir de fuentes renovables. De acuerdo con las estimaciones realizadas por Power & Energy, para cumplir con las metas de la hoja de ruta del hidrógeno, para el año 2035 se podría contar con una capacidad de 3.500 MW de capacidad en electrolisis, distribuidos en 1.000 MW en La Guajira, 800 MW en Atlántico y Bolívar y 1.700 MW en el resto del país. (Gestornormativo. creg, 2024). El proyecto al que se le implemento la metodología propuesta corresponde a una planta de hidrógeno verde que se pondrá en operación en el 2026 en la Refinería de Cartagena, la cual de acuerdo a la ingeniería básica tendrá una capacidad de producción instalada de 10 MSCFD, con una producción de hidrógeno de 6 MSCFD y de oxígeno de 5 MSCFD y para su producción requerirá un suministro de agua de 235 GPD; eléctricamente contará con una planta solar fotovoltaica encargada de alimentar un banco de electrolizadores **PEM** con una capacidad de 60 MW (Mega watios).

Los orígenes de la metodología propuesta datan de 1950, partiendo de la gestión de proyectos cuando sus métodos pasaron a ser formales con la aparición del PERT (Program Evaluation and Review Technique), por parte de la marina de los Estados Unidos y con el método de ruta crítica - CPM (Critical Path Method). En 1969, se funda el Instituto para la Administración de Proyectos o PMI (Project Management Institute), con el fin de formular estándares profesionales en la Gestión de Proyectos (Vélez, Zapata & Henao, 2018). Seguidamente nace el aseguramiento técnico, donde Killcross (2012) manifiesta que sus principios se dieron con la expresión de origen latín "comisionar", proveniente del término "committere", que se traduce como "unir, conectar, combinar" y sus raíces se remontan desde la industria naval. Sobre la década de 1970 la metodología fue adoptada dentro del ámbito de la construcción. PWC (Public Works Canada) se destacó como una de las pioneras en adoptar esta práctica.

En el año 1984, la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) estableció un comité dedicado al comisionamiento con el objetivo de elaborar directrices y protocolos específicos para este procedimiento, paralelo a ello nacen entidades que promulgan el uso de estándares muy relacionados con el tema como es el caso de: La **OSHA** (Occupational Safety and Health Administration), determinó que el aseguramiento técnico está compuesto por: el comisionamiento y la puesta en marcha (commissioning and start-up). La norma **API 700**, se enfocó en guiar y establecer procedimientos específicos para el completamiento mecánico y el arranque. La norma **IEC-62337** se especializó en el comisionamiento de las disciplinas: eléctrica, instrumentación y control de procesos industriales. La Norma **NFPA 3**, relacionó el comisionamiento con la puesta en marcha de SCI y sistemas de seguridad. (Standard for commissioning fire protection and life safety systems). La norma **IEC-62381** centró sus esfuerzos hacia el aseguramiento de los sistemas de automatización de procesos industriales, destacando la importancia de las pruebas de aceptación e integración.

Hoy en día, para el desarrollo de los procedimientos de pruebas en las diferentes disciplinas y en términos específicos, se pueden destacar diversas normativas como son:

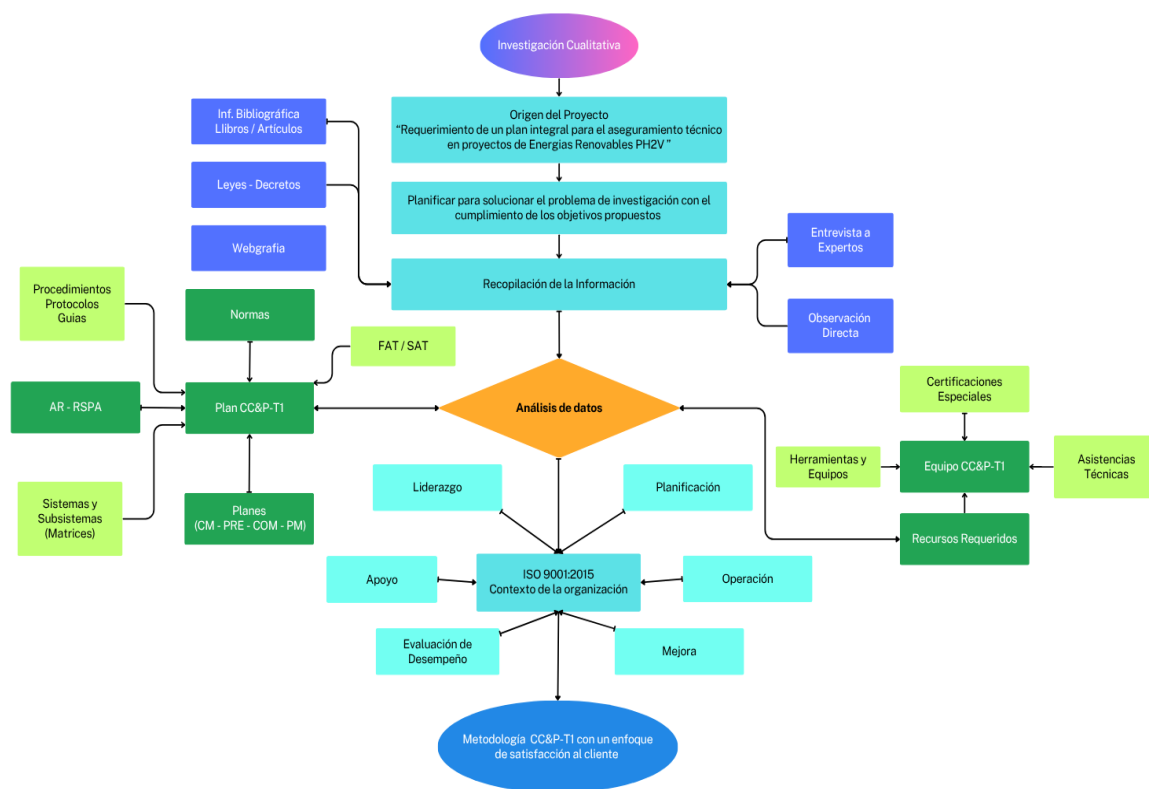
- Normatividad aplicada a Instrumentación: AGA, API, ANSI, ASME, EEMUA, IEC, ISA, ISO, NACE, NFPA, etc.

- Normatividad aplicada en la disciplina eléctrica: ANSI, API, ASTM, CREG, GTC, IEC, IEEE, ISO, NACE, NEC, NEMA, NESC, NFPA, NTC, RETIE, RETILEP, UL, UPME, etc.
- Normatividad aplicada en la disciplina civil: ACI, AISC, ANSI, API, ASCE, ASTM, AWS, NFPA, etc.
- Normatividad aplicada en mecánica rotativa: API, ASME, ANSI, ISO, etc.
- Normatividad aplicada a comunicaciones: API, EIA/TIA, IEC, IEEE, ISO, ITU, NFPA, etc.
- Normatividad aplicada en la disciplina mecánica estática – tubería: API, ASME, ASTM, BSI, MSS, NACE, NFPA, SSPC, PIP, etc.
- Normatividad aplicada en mecánica estática – recipientes: ANSI, API, ASME, ASTM, AWWA, AWS, OSHA, SSPC, TEMA, NSR, etc.
- Normatividad aplicada a equipos, elementos y sistemas generales: AGA, API, ANSI, ASME, EEMUA, IEC, IEEE, ISA, ISO, NACE, NFPA, etc.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el siguiente esquema se explica brevemente el enfoque cualitativo que fue utilizado en la investigación del proyecto para el cumplimiento de los objetivos de la metodología propuesta:

Figura 1. Diagrama de flujo – Enfoque de la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

La presente investigación se centra en un enfoque cualitativo, como lo indican Senovia y Piña (2023). Se caracteriza por su desarrollo en la creación de un diseño metodológico, concebido como una herramienta para asegurar la calidad técnica durante la fase de ejecución de una

planta de hidrógeno verde en el contexto de una refinería. Para ello, se ha desarrollado un plan integral de **CC&P-T1** que incluye recomendaciones específicas para el seguimiento y control de los hitos establecidos. El objetivo es garantizar el cumplimiento de los plazos acordados por el gerente del proyecto a la operación para la entrega del proyecto operativo. Este enfoque tiene como objetivo principal optimizar los tiempos de entrega para la operación y garantizar una puesta en marcha eficiente de la planta (Paredes, 2022).

Esta metodología se sustenta en la aplicación de diversas técnicas, y procedimientos específicos para su monitoreo y control, donde sus bases metodológicas se apoyan en la **ISO 9001:2015**, que le brindan el componente de calidad en su desarrollo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología **CC&P-T1** es una técnica procedimental que ha sido enriquecida con las recomendaciones tomadas de lecciones aprendidas, apoyada en estándares nacionales e internacionales, especificaciones técnicas, guías y las RAGAGEP (Recognized And Generally Accepted Good Engineering Practices (Codeware, 2021) / Las buenas prácticas de ingeniería reconocidas y generalmente aceptadas), con el objeto de hacer sinergia en un plan integral para entregar una planta, sistema o subsistema seguro, confiable, funcional y que no represente ningún riesgo en su operación evitando así afectar a las personas, al activo o al medio ambiente. El éxito de la metodología consiste en trabajar con un modelo tipo escalera en donde se integran las tres etapas buscando al final de la cadena la entrega a la operación a satisfacción (Maioli, 2011).

Figura 2. Modelo escalonado en la metodología CC&P-T1.



Fuente: Elaboración propia.

La primera etapa de un plan **CC&P-T1** es el **Completamiento Mecánico (CM)**, con la cual se declara que se ha culminado satisfactoriamente las actividades constructivas, paralelo a ello con el **precomisionamiento** se asegura y certifican las inspecciones y pruebas en frío de los diferentes subsistemas de la planta (Maioli, 2011), seguidamente se realizan las pruebas funcionales durante la etapa de **Comisionamiento**, energizando sistemas y dando paso al ingreso

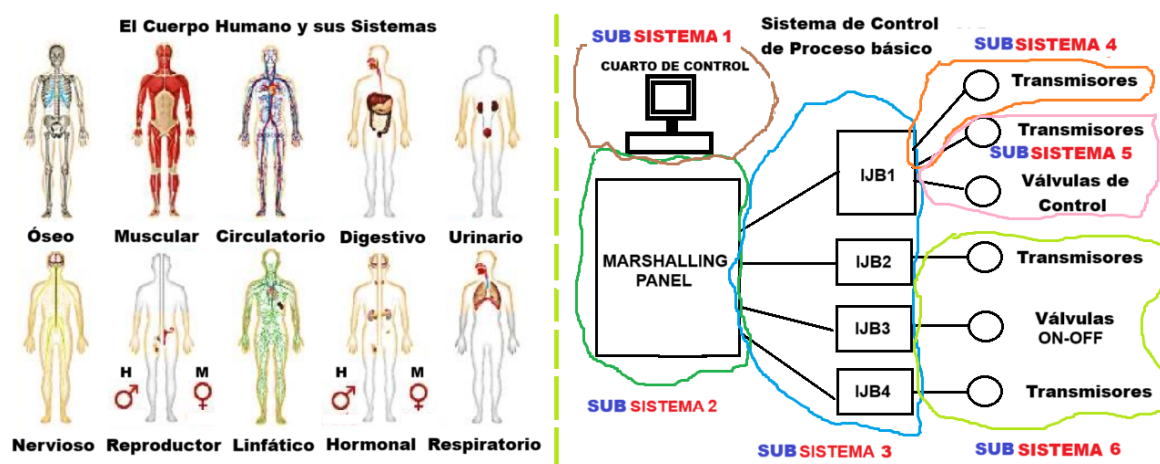
de los primeros fluidos de prueba a las facilidades para evaluar y certificar su operatividad y que se encuentren acorde con la ingeniería o lo diseñado por el fabricante garantizando que no se presentarán fallas de seguridad de procesos que puedan afectar a las personas, al activo o al medio ambiente (Ferrer, 2020). **La puesta en marcha** es la etapa de transición a la operación plena. Implica el encendido progresivo de equipos y monitoreo de condiciones operativas (EPRI, 2009). Dentro de las actividades primordiales de la **PM** (Puesta en marcha) se encuentra la sintonización de lazos, ejecutada por un equipo especializado que tiene como objetivo sintonizar la planta en el mejor escenario, buscando su condición segura, rentable y confiable de los sistemas. Después de haber estabilizado la planta la operación decidirá el mejor momento para realizar la **prueba de desempeño**, con el fin de evaluar su eficiencia respecto a la promesa de valor del proyecto.

Las premisas a tener en cuenta para definir el plan CC&P-T1 son las siguientes:

1. Con la ingeniería básica, se definen **los sistemas y subsistemas**
2. Con la ingeniería de detalle se desarrolla **la matriz de certificación** por disciplinas.
3. Con el alcance, el tiempo de entrega, y la información del ítem 2, se determina **el presupuesto requerido dl equipo CC&P-T1**.

Una analogía para entender la filosofía de los **sistemas y subsistemas** es el cuerpo humano (como un gran sistema), el cual está compuesto por 10 "Sub-sistemas funcionales":

Figura 3. Analogía de los subsistemas funcionales "Industriales", asociado a los subsistemas funcionales que hacen parte del "Cuerpo humano".



Fuente: Elaboración propia.

Con la claridad en la definición anterior, se desarrolla la matriz de sistemas y subsistemas para un PH2V:

Tabla 1. Matriz de sistemas y subsistemas para la PH2V.

Energías renovables				
Sistemas funcionales			Subsistemas funcionales	
1	1	Solar	1	1 Paneles fotovoltaicos
			2	2 Baterías
			3	3 Inversores y reguladores
2	2	Hidrógeno	1	4 Electrolizador
			2	5 Tratamiento de hidrógeno (compresión, enfriamiento, deoxosecador)
			3	6 Almacenaiento de hidrógeno
			4	7 Distribución de hidrógeno
			5	8 Tratamiento de oxígeno (compresión, enfriamiento)
			6	9 Almacenamiento de oxígeno
			7	10 Distribución de oxígeno

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Sistemas esenciales.

Sistemas esenciales				
Sistemas funcionales			Subsistemas funcionales	
1	3	Alivios, venteos y purgas	1	11 Alta presión – alivio – venteo y purga
			2	12 Baja presión – alivio – venteo y purga
2	4	F&g	1	13 Hardware (gabinetes de f&g, panel de operación, detectores, hand switch, balizas, alarmas sonoras y visuales, etc).
			2	14 Software (red de f&g)
3	5	Control de emergencias	1	15 Electrolizador
			2	16 Tratamiento de hidrógeno (compresión, enfriamiento, deoxosecador)
			3	17 Almacenaiento de hidrógeno
			4	18 Almacenamiento de oxígeno
			5	19 Distribución de oxígeno
4	6	Agente limpio	1	20 Hardware (gabinetes de agente limpio)
			2	21 Red de comunicación asociado
			3	22 Actuadores, válvulas, boquillas, cilindros, etc.
5	7	Transformación	1	23 S/e (sub estación eléctrica)

Sistemas esenciales					
Sistemas funcionales			Subsistemas funcionales		
6	8	Subtransmisión	1	24	Cmt (centro de media tensión)
			1	25	Rmt (red de media tensión)
7	9	Distribución	2	26	Rbt (red de baja tensión)
			3	27	Ccm (centro de control de motores)
8	10	Generación y distribución de energía de emergencia	1	28	Generación de energía de emergencia
			2	29	Distribución de energía de emergencia
			3	30	Iluminación de emergencia
9	11	Corriente continua y sistema interrumpido de potencia ups/ baterías	1	31	Corriente continua
			2	32	Ups
			3	33	Suministro de energía seguida 208/120 vac
10	12	Puesto a tierra y apantallamiento	1	34	Puesto a tierra
			2	35	Apantallamiento eléctrico
			1	36	Hardware (gabinetes de control, instrumentación, servidores, estaciones de operación, etc).
11	13	Control – bcps	2	37	Software / programación (filosofía/estrategia de control, sintonización, gerenciamiento de alarmas, hmi, etc).
			3	38	Red de control
			4	39	Tableros de control
12	14	Control eléctrico	1	40	Hardware (gabinete de control eléctrico)
			2	41	Software/programación (scada eléctrico – hmi)
13	15	Informáticos – redes de comunicación	1	42	Hardware (f.o., coaxial, switch, hub, convertidores, red de datos control / bus de campo)
			2	43	Software
14	16	Telecomunicaciones	1	44	Sistemas de seguridad (alarmas, control de acceso, cctv, detección de intrusos, etc).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Sistemas utilitarios.

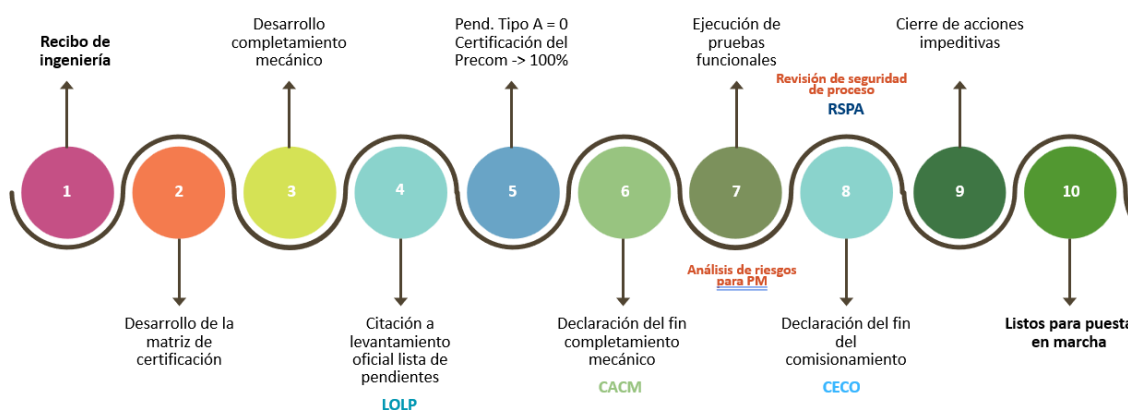
Sistemas utilitarios				
Sistemas funcionales			Subsistemas funcionales	
1	17	Aire comprimido	1	45 Aire instrumentación
			2	46 Aire industrial
2	18	Gases inertes (nitrógeno)	1	47 Distribución de gases inertes
3	19	Hvac	1	48 Sistemas de control y tratamiento de aire
4	20	Inyección de químicos	1	49 Alcalinizador
			2	50 Dispersante de dureza
5	21	Combustibles	1	51 Diesel almacenamiento
			2	52 Diesel distribución
6	22	Iluminación	1	53 Proceso
			2	54 Perimetral
			3	55 Adiministrativa
7	23	Tratamiento y distribución de aguas	1	56 Captación
			2	57 Flotación
			3	58 Enfriamiento
			4	59 Decantación
			5	60 Clarificación
			6	61 Filtración (microfiltración - ultrafiltración)
			7	62 Distribución de agua filtrada
			8	63 Distribución de agua potable
			9	64 Almacenamiento
			10	65 Tratamiento de lodos - retrolavado
			11	66 Intercambio iónico - electrodesionización (edi)
			12	67 Potabilización
			13	68 Osmosis inversa
			14	69 Bombeo
8	24	Tratamiento de aguas residuales	1	70 Tratamiento de aguas sanitarias
9	25	Drenajes abierto	1	71 Colectores
			2	72 Bombas
10	26	Drenajes cerrados	1	73 Colectores
			2	74 Bombas

Sistemas utilitarios				
Sistemas funcionales			Subsistemas funcionales	
11	27	Medición	1	75 Energía eléctrica (generación / consumo / venta)
			2	76 Estación metereológica
12	28	Obras civiles y estructuras	1	77 Estructuras en concreto
			2	78 Estructuras metálicas
			3	79 Locaciones
			4	80 Vías
13	29	Edificios	1	81 Administración
			2	82 Talleres
			3	83 Bodegas
			4	84 Cuartos de control
			5	85 Sub-estaciones eléctricas

Fuente: Elaboración propia.

Los documentos que avalan la entrega formal de los sistemas y subsistemas de una planta de acuerdo a la etapa a entregar son: el **CACM** (Certificado de Aceptación del Completamiento Mecánico) con el que se certifica que los subsistemas que fueron definidos en la matriz de certificación de precomisionamiento han sido probados siguiendo las normas, códigos o especificaciones establecidas en la ingeniería (Moreno, 2020); y el **CECO** (Certificado de Entrega de Custodia a Operaciones) por parte de la autoridad de comisionamiento, donde se certifica que un sistema funcional, facilidad, planta, instalación, unidad paquete, sistema eléctrico o de control etc, fueron probados y se encuentran listos para operar (CxA, 2017).

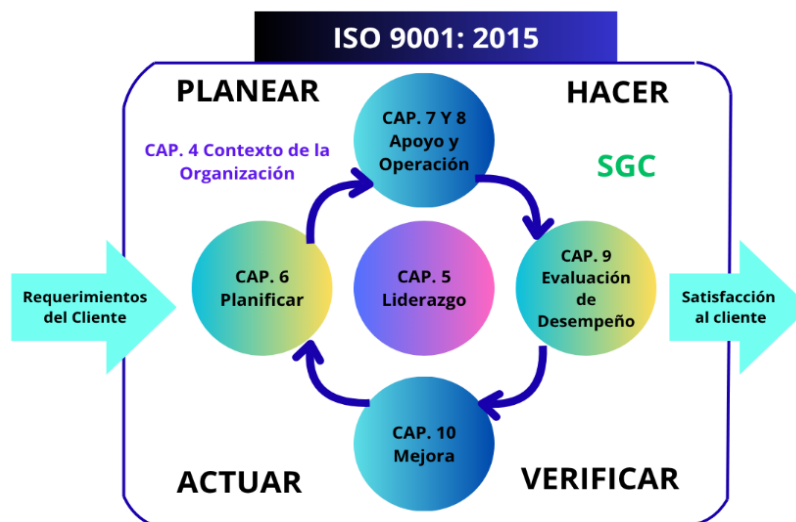
Figura 4. Secuencia de aseguramiento.



Fuente: Elaboración propia.

La metodología **CC&P-T1**, en concordancia con los capítulos 4 al 10 de la norma **ISO 9001:2015** recomienda lo siguiente:

Figura 5. PHVA – ISO9001:2015.



Fuente: Elaboración propia, con base en ISO 9001:2015.

Cap. 4 “Contexto de la organización”:

- Comprender el objeto del equipo CC&P-T1
- Identificar cuáles son las partes interesadas (El cliente-proyecto y el cliente-operación).
- Determinar el alcance de sus actividades.
- Determinar los sistemas y subsistemas funcionales: (Entradas y salidas; Secuencia e interacción; Actividades y procedimientos; Recursos; Roles, funciones o responsabilidades; Análisis de riesgos; Control de cambios y Lecciones aprendidas y mejoras).

Cap.5 “Liderazgo”:

- Apoyo por parte de la gerencia de proyectos, interactuando en equipo con todos los responsables (Planeación, ingeniería, abastecimiento, construcción, operaciones, mantenimiento, incorporación de activos, y el equipo CC&P-T1 etc.)
- Mantener un excelente relacionamiento entre el gerente del proyecto, las autoridades técnicas de cada departamento y el líder del activo enfocados en la política de calidad que sirve como base del aseguramiento técnico.

Cap. 6 “Planificar”:

- Evaluar los riesgos, mitigarlos y convertirlos en oportunidades de mejora
- Los objetivos del proyecto deben estar en concordancia con el alcance y cumplir con la promesa de valor que fue propuesta.
- Todo cambio debe ser planificado y comunicado.

Cap.7 “Apoyo”:

- Determinar el presupuesto para solicitar los recursos.
- Asegurar la infraestructura y puestos de trabajo.
- Asegurar un ambiente laboral adecuado.
- La comunicación, debe ser certera, efectiva y asegurar que el mensaje sea recibido correctamente: qué comunicar, cuándo comunicar, a quién comunicar, cómo comunicar y quién lo debe comunicar.
- La información debe estar asegurada, actualizada, controlada y preservada.

Cap. 8. “Operación”:

- Coordinar y detallar el plan integral.
- Definir el alcance del servicio.
- Registrar cualquier modificación.
- Asegurar la documentación.
- Revisar, analizar y monitorear los proveedores.
- Realizar un seguimiento continuo durante la asistencia en campo (SAT)
- Comunicar y notificar a los proveedores o a los terceros que ofrecen servicios o productos.
- Asegurar que las inspecciones y pruebas se realicen conforme a los protocolos establecidos.
- Implementar controles para garantizar expectativas de los clientes.

Cap.9 “Evaluación de desempeño”:

- Establecer e implementar las herramientas utilizadas para el monitoreo, diagnóstico y evaluación.
- Implementar auditorías internas para evaluar el rendimiento del equipo.
- Evaluar el servicio con indicadores.

Cap. 10 “Mejora”:

- Organizar y planificar adecuadamente los objetivos para medirlos, controlarlos y cumplirlos satisfactoriamente.
- Cuando surja una no conformidad, actuar de inmediato para resolverla.
- Divulgar las lecciones aprendidas para promover un enfoque de mejora continua.

Para el cálculo del presupuesto para asegurar el servicio de un equipo **CC&P-T1** se recomiendan aplicar los siguientes porcentajes paramétricos (Coyner, y Kramer., 2017) & (Mills, 2004) relacionados con el costo total del proyecto:

- Para proyectos de baja complejidad del 1 al 3%,
- Para proyectos de mediana complejidad del 4 al 6%, y
- Para proyectos de alta complejidad del 7 y el 10%.

El estimado de costos debe ir acompañado de un cronograma que sirve como herramienta para la gestión y organización del proyecto “vista gerencial”, ya que permite visualizar un plan de actividades a lo largo del tiempo, e ilustra de manera clara al equipo del proyecto sobre las fechas de inicio y finalización, la duración de las tareas y las actividades paralelas. Su principal función es facilitar la planificación, el control y el seguimiento de proyectos.

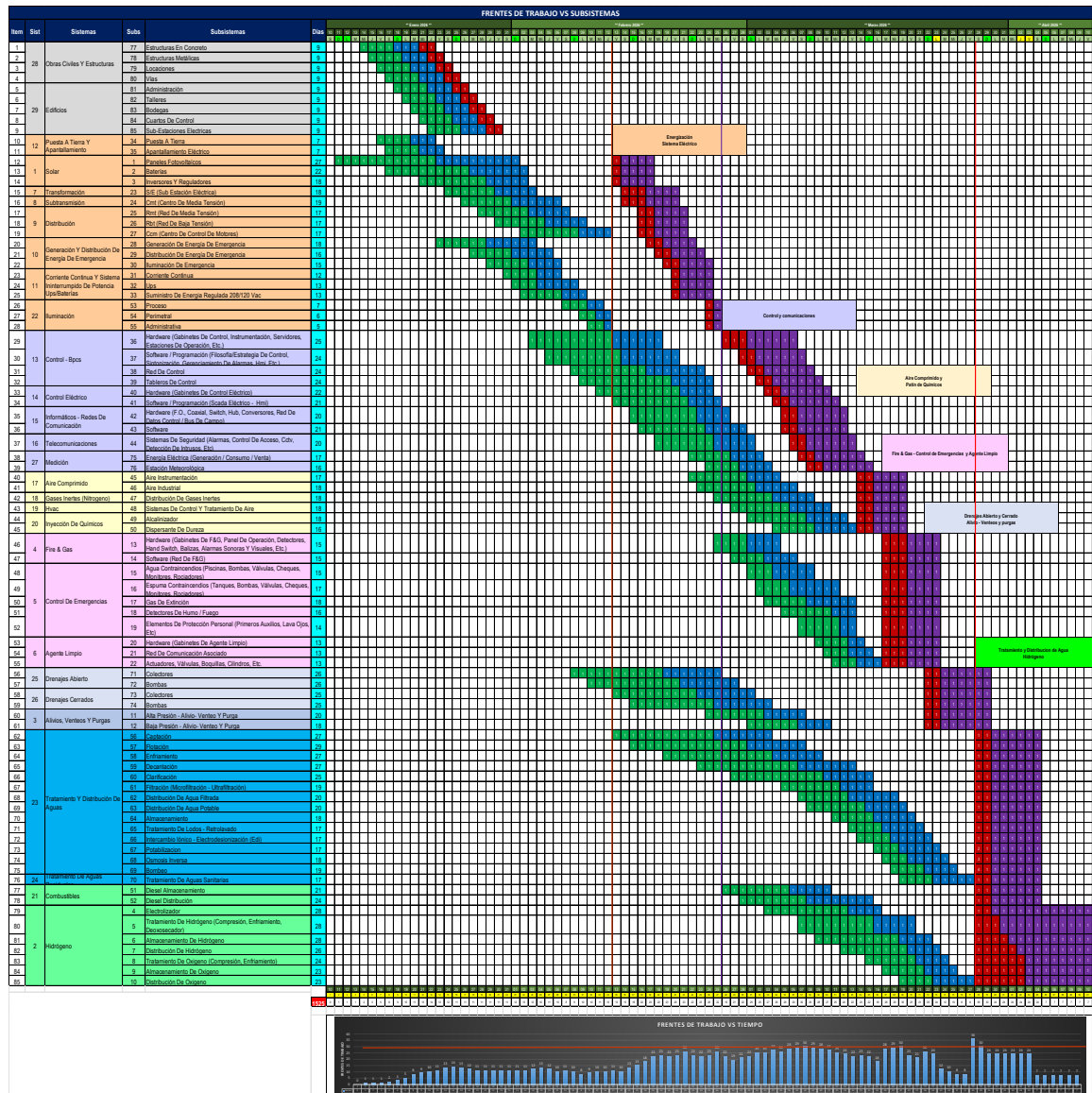
Paralelo al cronograma gerencial se debe desarrollar el plan de pruebas vs los certificados por disciplina con respecto a los sistemas y subsistemas con un alto nivel de detalle, y una vez identificados, se procede a establecer los certificados de precomisionamiento y comisionamiento, los cuales deben estar relacionados con la cantidad y el tipo de pruebas que se deben llevar a cabo en cada disciplina.

En la siguiente figura, se presenta el plan integral del proyecto de la PH2V, compuesto por 85 subsistemas, las etapas (completamiento mecánico (Px), comisionamiento (Cx), la puesta en marcha (PM) y la estabilización), los seis hitos principales del proyecto y la interrelación entre las diferentes etapas; al final de la figura se encuentra un histograma con los frentes de trabajo que puede dar una idea de cuanto personal técnico se requiere para el desarrollo de las pruebas en las tres etapas (Pre, Com y PM), lo cual nos arroja un promedio de 30 frentes de trabajo, cada uno con una cuadrilla por disciplina dependiendo del sistema a atender, basado en lo anterior es posible determinar el número de ingenieros encargados por especialidad (eléctrica, instrumentación, control, mecánica rotativa y mecánica estática):

Para organizar un plan integral **CC&P-T1** se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Conocer claramente el alcance del proyecto.
2. Revisar los plazos estipulados para su ejecución.
3. Con la Ingeniería básica determinar los sistemas y subsistemas del proyecto.
4. Desarrollar el plan de puesta en marcha en conjunto con la operación para organizar el plan integral **CC&P-T1**.
5. Estructurar el plan de trabajo de acuerdo con las etapas del aseguramiento técnico vs los sistemas y subsistemas y el plan de puesta en marcha.
6. Establecer los certificados requeridos por cada una de las disciplinas para el desarrollo de

Figura 6. Esquema de un Cronograma del plan integral del proyecto PHV.



Fuente: Elaboración propia.

la matriz de certificación de precomisionamiento y comisionamiento.

7. Organizar la certificación establecida acorde al orden secuencial que fue estructurado en el ítem 5.
8. Definir los tiempos requeridos para la ejecución de cada una de las pruebas por disciplina en la fase de precomisionamiento y comisionamiento (teniendo en cuenta únicamente el turno día de labores y trabajos de lunes a sábado).
9. Determinar los frentes de trabajo por cada una de las disciplinas para calcular el personal técnico necesario para suplir las necesidades de entrega dentro de los tiempos asignados.

10. De acuerdo con el resultado del punto anterior, calcular el número de ingenieros requeridos por disciplina para el aseguramiento de las labores en campo y las responsabilidades y gestiones a que allá lugar.
11. Teniendo en cuenta los datos obtenidos de los puntos anteriores, determinar el número de profesionales transversales que se van a necesitar para la certificación, planeación, logística, coordinación, preservación (si es requerida) e incorporación de activos del equipo **CC&P-T1**.
12. Con la información recolectada del personal, calcular el presupuesto acorde a los ingresos y salidas del personal por etapas, y evaluar si su resultado es acorde al paramétrico asignado por el proyecto para la contratación del servicio, de lo contrario reevaluar.
13. Una vez se ha calculado el presupuesto en el mejor escenario, recalcularlo en el peor escenario en caso de que los tiempos para el comisionamiento y puesta en marcha se minimicen y haya que incrementar los turnos a 24 horas y trabajos los fines de semana incluyendo festivos, con el objeto de determinar el costo de la contingencia. (Incluir en el plan la asistencia de los vendors con las mismas premisas).
14. Una vez organizado el plan integral **CC&P-T1** en el escenario (turno día) compartir el plan a los profesionales "Control Project" para que lo integren al plan de construcción con el objeto de definir los hitos de entrega del completamiento mecánico y poder hacer seguimiento al cumplimiento de las actividades programadas.
15. Desarrollar dos cronogramas: uno de bajo nivel de detalle (informes gerenciales y una vista a *10mil pies*) y uno de alto nivel de detalle (para seguimiento interno).
16. Implementar el plan integral de los dos cronogramas con herramientas tecnológicas para su seguimiento y control (OpenProject, Excel, Power Bi u otro).
17. Con las herramientas tecnológicas digitales, realizar las interrelaciones entre actividades, con el objeto de visualizar los impactos en caso de incumplimientos en el cierre de las tareas en cada subsistema.
18. Realizar un análisis de riesgos durante la ejecución y crear planes de mitigación y contingencia, en caso de que se materialice alguna situación detectada.
19. Incluir en el plan integral las fechas de: asistencia de los vendors, las capacitaciones a realizar a la operación, los talleres de análisis de riesgos para los arranques, Los talleres RCM y RBI, los talleres de ventanas operativas, los talleres de setting y alarmas, los talleres RSPA, los hitos de mayor relevancia, las victorias tempranas etc.
20. Visualizar y verificar el cumplimiento de las actividades que hacen parte de la ruta crítica del proyecto y hacer seguimiento durante las reuniones sistemáticas para evaluar el riesgo.
21. Reportar al gerente del proyecto y a las partes interesadas el estado de avance de este, tanto de la construcción como el estatus de certificación **CC&P-T1** acorde al monitoreo del

- cronograma de planificación estipulado.
22. Trabajar en paralelo con la operación con los entregables para el desarrollo de los procedimientos de arranque, planes de respuesta a emergencia y aseguramiento de la transferencia de la información.
 23. Evitar retos incumplibles, pone en riesgo la integridad y seguridad de los equipos de trabajo, para ello se debe evaluar las tareas en detalle, los recursos, los espacios, las herramientas, los equipos, la disponibilidad de los VENDORS, y dejar una contingencia en tiempo por temas ajenos al proyecto.
 24. Realizar revisiones periódicas al plan integral permitirá mantener un control de los avances y de los potenciales cambios en el proyecto.
 25. Implementar **crashing** por atrasos en la construcción es una técnica para mitigar la situación y volver a colocar el proyecto en curso, lo cual implica asignar recursos adicionales a una actividad para lograr una ejecución más rápida.
 26. La implementación del modelo **Fast tracking** (tareas secuenciales de manera simultánea), ayuda avanzar de manera eficiente, pero antes del inicio de las labores diarias se deben comunicar a todo el equipo del proyecto dado que hay un mayor riesgo de errores, mayor presión en los miembros del equipo, menos tiempo de revisión y control, y mayor dificultad en la gestión de riesgos.
 27. Divulgar las lecciones aprendidas de otros proyectos puede aplicarse para mejorar y perfeccionar el proyecto en curso.

CONCLUSIONES

El objetivo primordial de esta metodología es alcanzar una puesta en marcha exitosa en el menor tiempo posible, asegurando que se realice sin incidentes, reduciendo los costos por fallas presentadas durante la operación, incrementando el ciclo de vida de las instalaciones y los equipos, garantizando que los mismos estén en condiciones óptimas para operar.

La planeación en un proyecto establece el rumbo para el cumplimiento de los objetivos, optimiza el uso de los recursos, minimiza los riesgos, anticipa los problemas, establece prioridades, evita los retrasos y trabajos adicionales durante la puesta en marcha y estabilización que se traduce en el incremento de los costos y asegura que el proyecto se desarrolle de manera eficiente, cumpliendo con los plazos estipulados y los presupuestos establecidos.

El aseguramiento de la transferencia de información y conocimiento a los operadores proporcionan un incremento en la confiabilidad y confianza en las operaciones buscando su eficiencia y seguridad a largo plazo.

La comunicación asertiva y efectiva, y la divulgación constante sobre el estado de avance

del proyecto por parte del equipo CC&P-T1 hacia las partes interesadas, contribuye a tomar decisiones anticipadas antes que se materialicen los riesgos o problemas, para el cumplimiento de los hitos.

Es recomendable dejar un presupuesto para contingencias con el objeto de poder reaccionar y reprogramar nuevamente las actividades en caso de que se lleguen a materializar riesgos ya sea por condiciones climáticas, afectaciones por la comunidad, daños en equipos y elementos durante pruebas, llegada tardía de materiales o equipos, inasistencia de vendors, tardanzas en la construcción, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- Ajanovic, A. & Haas, R. (2021). *Prospects and impediments for hydrogen implementation in the energy system*. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(16), 10049–10061. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119036>
- Blanco, H. & Faaij, A. (2018). *A review at the role of storage in energy systems with a focus on Power to Gas and long-term storage*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1049–1086. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.062>
- Castro, J., Rincón, A. y Silva, D. (2023). *Marco regulatorio del hidrógeno verde: compatibilidad normativa en el sector hidrocarburos colombiano*. *Revista de Energía y Regulación*, 7(1), 44–60.
- Codeware. (2021). *RAGAGEP: Buenas prácticas de ingeniería reconocidas y generalmente aceptadas*. <https://shre.ink/tG1v>
- Coyner, R. & Kramer, S. (2017). *Long-term benefits of building commissioning: Should owners pay the price*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817330928>
- CxA, C. (2017). *Commissioning Process in Construction Projects: A Review*. *Procedia Engineering*, 196, 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.417>
- EPRI. (2009). *Startup, Commissioning and Operation of Process and Utility Systems*. Electric Power Research Institute.
- Ferrer, J. (2020). *Plan de Precomisionamiento, Comisionamiento y Puesta en Marcha (PC&S)*. [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=7rkNcYUt3Ag>
- García, F., Silva, L. y Morán, P. (2020). *Proyectos piloto de hidrógeno verde en América del Sur: análisis de lecciones aprendidas*. *Revista Energía y Futuro*, 3(2), 25–37.
- Gestornormativo.creg. (2024). *Perspectivas regulatorias para la Integración del hidrógeno en la matriz Energética*. <https://shre.ink/tG1y>
- Killcross, M. (2012). *Chemical and Process Plant Commissioning Handbook: A Practical Guide*.

Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2010-O-66325-4>

Maioli, G. (2011). *Manual precom - Precomisionamiento de plantas*, TECNA. <https://es.scribd.com/doc/147696962/Manual-Precom-Precomisionamiento-de-Plantas>

Mills, E., Bourassa, N., Piette, M., Friedman, H., Haasl, T., Powell, T. & Claridge, D. (2004). *The cost-effectiveness of commissioning new and existing commercial buildings: Lessons from 224 buildings*. *Energy*, 31(12), 2080-2091. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.02.001>

Moreno, M. (2020). *Plan de precomisionamiento y comisionamiento en el proyecto de evacuación de crudos Magdalena medio 100k, módulo III*. <https://shre.ink/tG16>

Paredes, L. (2022). *Precomisionado, comisionado y puesta en marcha de instalaciones eléctricas en megaproyectos*, ESAN. <https://shre.ink/tGmT>

Piña-Ferrer, L. S. (2023). *El enfoque cualitativo: Una alternativa compleja dentro del mundo de la investigación*, *Revista Koinonia*. <https://ve.scielo.org/pdf/raiko/v8n15/2542-3088-raiko-8-15-1.pdf>

Vélez, S., Zapata, J. A. y Henao, A. (2018). *Gestión de proyectos: origen, instituciones, metodologías, estándares y certificaciones*. <https://shre.ink/tGm9>