FORMICS
INDUSTRIAL CHEMICAL
FORMALDEHIDO DE CALIDAD

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FORMALDEHÍDO

LUIS M. APARICIO SÁNCHEZ
ALEJANDRO JUÁREZ SÁNCHEZ
MASOUMEH HONARKAR ASHNA
MANEL NÁJERA ROCABAYERA
EDUARD MARTÍ CARDONER
DAVID A. SARRIA VALDIVIA

TUTOR : JOSEP A. TORÀ SUAREZ

JUNIO 2026

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

CC BY NC ND

FORMICS
INDUSTRIAL CHEMICAL
FORMALDEHIDO DE CALIDAD

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FORMALDEHÍDO

CAPÍTULO 9. OPERACIÓN DE LA PLANTA

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

CC BY NC ND

Tabla de contenido

Capítulo 9. Operación de la planta 6
9.1 Introducción 6
9.2 Departamentos de la planta 6
9.2.1 Departamento de producción 7
9.2.1.1 Funciones principales del departamento 8
9.2.2 Departamento de ingeniería y mantenimiento 8
9.2.2.1 Funciones principales del departamento 9
9.2.3 Departamento de seguridad, salud y medio ambiente (SSMA) 10
9.2.3.1 Funciones principales del departamento 11
9.2.4 Departamento de calidad 12
9.2.4.1 Funciones principales del departamento 12
9.2.5 Departamento de logística 13
9.2.5.1 Estructura del departamento 14
9.2.5.2 Funciones principales del departamento 14
9.2.5.3 Seguridad y gestión de productos químicos 15
9.2.6 Departamento de laboratorio y análisis 15
9.2.6.1 Estructura del departamento 16
9.2.6.2 Funciones principales del departamento 16
9.2.7 Departamento de I+D+i 17
9.2.7.1 Estructura del departamento 17
9.2.7.2 Funciones principales del departamento 18
9.2.8 Departamento de dirección y gestión administrativa 18
9.2.8.1 Estructura del departamento 18
9.2.8.2 Funciones principales del departamento 19
9.3 Áreas de la planta 20
9.3.1 Área 000. Almacenamiento 20
9.3.2 Área 100. Pretratamiento 20
9.3.3 Área 200. Reacción 21
9.3.4 Área 300. Enfriamiento y absorción 21
9.3.5 Área 400. Acondicionamiento de producto 22
9.3.6 Área 500. Almacenamiento de producto 22
9.3.7 Área 600. Recirculación 22
9.3.8 Área 700. Gestión ambiental 23
9.3.9 Área 800. Sala de control 23
9.3.10 Área 900. Mantenimiento 23
9.3.11 Área 1000. Servicios de planta 23
9.4 Organigrama y personal de la planta 24
9.5 Calendario y organización de los turnos 26
9.5.1 Calendario anual 26

9.5.2 Organización de los turnos 27
9.6 Personal externo 30
9.7 Bibliografía 31

Capítulo 9. Operación de la planta

9.1 Introducción

La operación de la planta de producción de formaldehído mediante el proceso Formox constituye la fase en la que el sistema funciona de forma continua bajo condiciones previamente establecidas. Una vez finalizada la puesta en marcha y alcanzado el régimen estacionario, el objetivo principal de la operación es mantener la estabilidad del proceso, garantizando una producción segura, eficiente y con la calidad requerida.

El proceso Formox se basa en la oxidación catalítica del metanol, una reacción fuertemente exotérmica que requiere un control preciso de variables como la temperatura, la composición de la mezcla reactiva y los caudales de alimentación. Por este motivo, durante la operación de la planta resulta fundamental asegurar el seguimiento continuo de estos parámetros para evitar desviaciones que puedan afectar tanto al rendimiento como a la seguridad del sistema.

La planta opera en régimen continuo, lo que implica la necesidad de una supervisión constante tanto a nivel de control automático como mediante la intervención del personal operativo. Aunque gran parte de las operaciones se encuentran automatizadas, actividades como la inspección de equipos, la toma de muestras, el mantenimiento o la actuación ante incidencias requieren la presencia directa de operarios en planta.

Asimismo, la correcta coordinación entre los distintos departamentos resulta esencial para garantizar el funcionamiento global del sistema. La interacción entre producción, mantenimiento, calidad, laboratorio y seguridad permite detectar posibles problemas de forma anticipada y aplicar las medidas necesarias para mantener el proceso dentro de los límites establecidos.

Por otro lado, la capacidad de respuesta ante situaciones no previstas constituye un aspecto clave durante la operación. Dada la naturaleza del proceso y el uso de sustancias inflamables como el metanol, es imprescindible actuar de manera rápida y eficaz ante cualquier desviación para minimizar riesgos y evitar paradas no deseadas.

En los apartados siguientes se describe la organización de la planta, así como las distintas áreas en las que se divide el proceso y las operaciones que se desarrollan en cada una de ellas, proporcionando una visión completa del funcionamiento en condiciones normales.

9.2 Departamentos de la planta

Para garantizar el correcto funcionamiento de la planta de producción de formaldehído, es necesario contar con una estructura organizativa adecuada que cubra todas las necesidades operativas, técnicas y de gestión. La actividad industrial implica la coordinación de múltiples áreas, por lo que una distribución clara de funciones resulta fundamental para asegurar la continuidad del proceso, la seguridad y la calidad del producto final.

En este sentido, la planta se organiza en distintos departamentos que trabajan de forma conjunta y coordinada. Cada uno de ellos desempeña funciones específicas, pero todos están interrelacionados, de modo que el buen rendimiento global depende del correcto funcionamiento individual de cada área. Una falta de coordinación o un fallo en cualquiera de los departamentos puede afectar directamente al proceso productivo, por lo que es imprescindible establecer sistemas de comunicación eficientes y procedimientos bien definidos.

Además, al tratarse de una planta química que opera en continuo, la organización del personal debe adaptarse a un régimen de trabajo por turnos, garantizando la presencia de operarios cualificados durante todo el tiempo de operación. Esto permite responder rápidamente ante cualquier incidencia y mantener las condiciones de operación dentro de los parámetros establecidos.

9.2.1 Departamento de producción

El departamento de producción constituye el núcleo operativo de la planta, siendo el responsable directo de la transformación de las materias primas (principalmente metanol y aire) en formaldehído mediante el proceso Formox. Su principal objetivo es asegurar que la producción se lleve a cabo de forma continua, segura y eficiente, cumpliendo con los requisitos de calidad y rendimiento establecidos.

Dado que la planta funciona de manera ininterrumpida, el trabajo se organiza en turnos rotativos que permiten cubrir las 24 horas de operación. Este sistema garantiza la supervisión constante del proceso y la capacidad de actuación inmediata ante desviaciones o incidencias.

Dentro del departamento se distinguen diferentes perfiles profesionales:

- Responsable de producción: Encargado de supervisar la operación global, coordinar el funcionamiento de la planta y asegurar el cumplimiento de los objetivos de producción y seguridad.
- Jefes de turno: Gestionan la actividad durante cada turno, coordinan al personal operativo y supervisan el correcto desarrollo del proceso.
- Operadores de sala de control: Monitorizan el proceso mediante sistemas automatizados (como SCADA), controlando variables como temperatura, presión o caudales, y detectando posibles anomalías.
- Operadores de campo: Realizan tareas de inspección directa en planta, toman muestras, verifican el estado de los equipos y ejecutan maniobras necesarias para el control del proceso.

9.2.1.1 Funciones principales del departamento

Las principales actividades del departamento de producción incluyen:

- Supervisión del proceso productivo, asegurando el cumplimiento de las condiciones de operación.
- Control de parámetros críticos, como temperatura y concentración, especialmente relevantes en una reacción exotérmica como la oxidación del metanol.
- Identificación y resolución de incidencias operativas.
- Coordinación con los departamentos de mantenimiento y laboratorio.
- Verificación de la calidad del producto antes de su envío.

Además, resulta esencial que el personal disponga de formación específica y continua, dada la naturaleza del proceso y los riesgos asociados a la manipulación de sustancias inflamables y tóxicas. Esto permite mejorar la seguridad, reducir errores operativos y aumentar la eficiencia global de la planta.

9.2.2 Departamento de ingeniería y mantenimiento

El departamento de ingeniería y mantenimiento desempeña un papel fundamental en el correcto funcionamiento de la planta, ya que es el encargado de asegurar que todos los equipos e instalaciones operen en condiciones óptimas, garantizando la seguridad y la continuidad del proceso productivo. En una planta química como la de producción de formaldehído, donde el proceso se basa en reacciones controladas y requiere un funcionamiento continuo, cualquier fallo en los equipos puede afectar directamente a la producción.

La principal función de este departamento es prevenir averías y minimizar las paradas no programadas mediante una adecuada planificación del mantenimiento. Para ello, se combinan diferentes estrategias, como el mantenimiento preventivo, que se basa en revisiones periódicas de los equipos, y el mantenimiento predictivo, que permite anticipar posibles fallos mediante el análisis del estado de la maquinaria.

Dado que la planta opera de forma continua, el departamento debe estar disponible en todo momento para intervenir ante cualquier incidencia. Por este motivo, el personal se organiza también en turnos, asegurando la capacidad de respuesta inmediata las 24 horas del día.

Dentro de este departamento se diferencian varios perfiles:

- Responsable de mantenimiento: Encargado de planificar y supervisar todas las actividades del departamento, así como de coordinar las actuaciones con producción y otros departamentos.

- Ingenieros de mantenimiento: Responsables del análisis técnico de los equipos, diseño de planes de mantenimiento y mejora continua de las instalaciones.
- Técnicos de mantenimiento: Realizan las intervenciones necesarias sobre los equipos (mecánicas, eléctricas o de instrumentación), tanto en tareas programadas como en situaciones de emergencia.
- Personal de apoyo: Colabora en tareas auxiliares, gestión de repuestos y logística interna del mantenimiento.

9.2.2.1 Funciones principales del departamento

Entre las principales actividades desarrolladas por este departamento destacan:

- Ejecución de programas de mantenimiento preventivo para evitar fallos en los equipos.
- Reparación de averías y resolución de incidencias operativas.
- Aplicación de técnicas de mantenimiento predictivo para anticipar posibles problemas.
- Gestión y control de repuestos necesarios para el correcto funcionamiento de la planta.
- Registro y seguimiento de las intervenciones realizadas mediante sistemas de gestión de mantenimiento (GMAO).
- Colaboración con el departamento de ingeniería en mejoras, modificaciones o ampliaciones del proceso.

Asimismo, este departamento tiene un papel clave en la seguridad de la instalación, ya que un mantenimiento adecuado reduce significativamente el riesgo de fallos críticos, fugas o situaciones peligrosas. En procesos como el Formox, donde intervienen sustancias inflamables y reacciones exotérmicas, el correcto estado de los equipos es esencial para evitar incidentes.

Una planificación eficiente del mantenimiento no solo mejora la seguridad, sino que también contribuye a reducir costes asociados a paradas no planificadas y a aumentar la disponibilidad y rendimiento de la planta.

9.2.3 Departamento de seguridad, salud y medio ambiente (SSMA)

En una planta química como la descrita en este proyecto, el departamento de Seguridad, Salud y Medio Ambiente (SSMA) tiene un papel importante para garantizar que las operaciones se desarrollen en condiciones seguras, respetando tanto la salud de los trabajadores como el entorno. Dado que en el proceso Formox se manipulan sustancias inflamables y se trabaja con reacciones exotérmicas, la correcta gestión de estos aspectos resulta imprescindible.

La función principal de este departamento es prevenir riesgos antes de que se materialicen, asegurando el cumplimiento de la normativa vigente y promoviendo una cultura de seguridad dentro de la planta. Para ello, no solo se establecen procedimientos y controles, sino que también se fomenta la concienciación y la formación continua del personal.

El equipo que forma parte de SSMA está compuesto por distintos perfiles especializados que cubren las diferentes áreas de actuación:

- Responsable de SSMA: coordina todas las actividades del departamento, supervisa la implantación de las políticas de seguridad, salud y medio ambiente, y actúa como enlace con las autoridades competentes.
- Técnicos de seguridad industrial: identifican y evalúan los riesgos asociados al proceso, elaboran planes de emergencia y velan por el cumplimiento de la normativa preventiva.
- Técnicos de medio ambiente: gestionan los residuos, controlan las emisiones y aseguran que la planta cumple con la legislación ambiental aplicable.
- Técnicos de salud laboral: se encargan de vigilar la salud de los trabajadores, evaluar exposiciones a agentes químicos y promover medidas de protección individual y colectiva.

9.2.3.1 Funciones principales del departamento

Las tareas desarrolladas por el departamento de SSMA pueden agruparse en tres grandes bloques:

1. Seguridad industrial

- Identificación y evaluación de riesgos en las distintas áreas de la planta.
- Elaboración y actualización de planes de emergencia.
- Formación del personal en prevención de riesgos.
- Control de trabajos especiales (espacios confinados, trabajos en caliente, etc.).
- Realización de simulacros y verificación de los sistemas de emergencia.

2. Salud laboral

- Implantación de programas de vigilancia de la salud de los trabajadores.
- Evaluación de exposiciones a agentes químicos, físicos o biológicos.
- Seguimiento del uso correcto de los equipos de protección individual (EPI).
- Colaboración con servicios médicos y prevención externa.

3. Gestión medioambiental

- Control de emisiones a la atmósfera y vertidos.
- Gestión de residuos industriales, tanto peligrosos como no peligrosos.
- Optimización del uso de recursos (agua, energía, materias primas).
- Elaboración de documentación ambiental y preparación de auditorías.

Además, este departamento es responsable de implementar sistemas de gestión normalizados que permitan asegurar la mejora continua en estos ámbitos, como las normas ISO 14001 (medio ambiente) e ISO 45001 (seguridad y salud). La correcta aplicación de estos sistemas no solo garantiza el cumplimiento legal, sino que contribuye a mejorar la eficiencia operativa y la imagen de la empresa.

En definitiva, el departamento de SSMA es una pieza clave para el funcionamiento de la planta, ya que su labor permite reducir riesgos, proteger a los trabajadores y minimizar el impacto ambiental, asegurando así una operación segura, sostenible y alineada con las exigencias actuales del sector industrial.

9.2.4 Departamento de calidad

El departamento de calidad tiene como función principal garantizar que el producto final obtenido en la planta cumple con los requisitos establecidos, tanto desde el punto de vista técnico como normativo. En una instalación de producción de formaldehído, el control de calidad resulta especialmente importante, ya que pequeñas desviaciones en el proceso pueden afectar de forma significativa a la pureza del producto, a la presencia de subproductos o a su comportamiento en aplicaciones posteriores.

A lo largo de todo el proceso, desde la entrada de materias primas hasta la obtención del producto final, se llevan a cabo controles que permiten verificar que las condiciones de operación y las características del producto se mantienen dentro de los rangos especificados. Esto no solo asegura la calidad del formaldehído producido, sino que también contribuye a mejorar la eficiencia del proceso y a reducir pérdidas o reprocesos.

El departamento de calidad no se limita únicamente al análisis del producto final, sino que también participa de forma activa en la supervisión del proceso, el control de proveedores y la mejora continua de la planta. Para ello, se apoya en herramientas de aseguramiento de calidad y en sistemas de gestión basados en estándares internacionales.

Dentro de este departamento se pueden distinguir diferentes perfiles:

- Responsable de calidad: Encargado de definir los criterios de calidad, supervisar el sistema de gestión y asegurar el cumplimiento de las normativas aplicables.

- Técnicos de control de calidad: Realizan análisis físico-químicos de materias primas, corrientes intermedias y producto final, verificando que se cumplen las especificaciones.
- Técnico de garantía de calidad: Se encarga de la revisión de procedimientos, gestión de no conformidades y actualización de la documentación del sistema de calidad.
- Inspectores de calidad: Llevan a cabo controles en planta, monitorizando puntos críticos del proceso y detectando posibles desviaciones.

9.2.4.1 Funciones principales del departamento

Las principales actividades asociadas al departamento de calidad incluyen:

- Control de la calidad del producto final, verificando parámetros como concentración de formaldehído, presencia de impurezas y estabilidad del producto.
- Inspección de las materias primas, asegurando que cumplen con las especificaciones requeridas antes de su utilización en el proceso.
- Seguimiento de las condiciones de operación a lo largo del proceso productivo, mediante el análisis de muestras y el control de variables críticas.
- Gestión de la documentación y los procedimientos de calidad, manteniendo actualizados los registros y facilitando auditorías internas y externas.
- Control de la trazabilidad del producto, desde la entrada de materias primas hasta la expedición del producto final.
- Implantación de acciones de mejora continua, basadas en el análisis de datos y en la identificación de desviaciones o puntos críticos del proceso.

Además, el departamento de calidad trabaja de forma coordinada con producción, mantenimiento y SSMA para asegurar una operación global eficiente. Su papel no solo se enfoca en evitar defectos, sino también en optimizar el proceso y contribuir a la mejora del rendimiento de la planta.

Para garantizar un sistema de calidad robusto, la planta puede basarse en normas internacionales como ISO 9001, que establecen estándares para la gestión de la calidad y la mejora continua. La aplicación de estos sistemas permite generar confianza en los clientes y asegurar la competitividad del producto en el mercado.

9.2.5 Departamento de logística

El departamento de logística y almacenamiento tiene como objetivo principal gestionar de forma eficiente el flujo de materiales dentro y fuera de la planta, asegurando el abastecimiento continuo del proceso y la correcta distribución del producto final. En una instalación de producción de formaldehído, donde el funcionamiento es continuo, la disponibilidad de materias primas y la correcta gestión del producto son aspectos clave para evitar interrupciones en la producción.

Este departamento se encarga tanto de la recepción de materias primas —principalmente metanol— como del almacenamiento, control y expedición del producto final. Asimismo, debe garantizar que todas estas operaciones se realicen en condiciones seguras, especialmente considerando la manipulación de sustancias químicas con características inflamables o peligrosas.

La actividad logística está estrechamente relacionada con otros departamentos como producción, calidad y mantenimiento, ya que es necesario coordinar la entrada de materiales, el control de existencias y la salida del producto en el momento adecuado. Una mala planificación o gestión puede provocar retrasos, acumulaciones de stock o incluso paradas del proceso.

9.2.5.1 Estructura del departamento

Para asegurar el correcto funcionamiento de las operaciones logísticas, el departamento cuenta con diferentes perfiles profesionales:

- Responsable de logística y almacenamiento: Encargado de coordinar todas las actividades del departamento, planificar los abastecimientos y gestionar la relación con proveedores y transportistas.
- Técnicos de logística: Supervisan la recepción de materiales, controlan los inventarios y gestionan la documentación asociada a los movimientos de producto.
- Operadores de movimiento de materiales: Responsables de la manipulación física de productos mediante equipos como carretillas elevadoras u otros sistemas de transporte interno.
- Operarios de almacén: Organizan el almacenamiento de materias primas y productos, verifican el estado de los envases y mantienen el orden en las instalaciones.

9.2.5.2 Funciones principales del departamento

Las principales actividades desarrolladas por el departamento de logística incluyen:

- Recepción, inspección y registro de materias primas, verificando que cumplen con las especificaciones establecidas.
- Gestión del almacenamiento, asegurando condiciones adecuadas según el tipo de producto (seguridad, ventilación, control de temperaturas, etc.).
- Control de inventarios, manteniendo un seguimiento constante de existencias para evitar faltas o excesos de material.
- Preparación y expedición del producto final, incluyendo el llenado, etiquetado y documentación necesaria para el transporte.
- Coordinación con proveedores y transportistas, gestionando las entregas y recogidas según las necesidades de la planta.
- Garantía de la trazabilidad de los productos, registrando todos los movimientos desde la recepción hasta la entrega final.

9.2.5.3 Seguridad y gestión de productos químicos

Dado que en la planta se manejan sustancias químicas potencialmente peligrosas, el departamento de logística debe cumplir estrictamente con la normativa de transporte y almacenamiento de productos químicos. Esto implica la aplicación de medidas específicas como:

- Almacenamiento en condiciones seguras (sistemas de contención, etiquetado y señalización).
- Control de posibles fugas o derrames.
- Formación del personal en manipulación de sustancias peligrosas.
- Uso de equipos adecuados para el transporte interno de materiales.

Además, se presta especial atención a la documentación asociada al transporte de mercancías peligrosas, asegurando el cumplimiento de la normativa vigente.

9.2.6 Departamento de laboratorio y análisis

El departamento de laboratorio y análisis tiene un papel esencial dentro del funcionamiento de la planta, ya que es el encargado de verificar que tanto las materias primas como el producto final cumplen con las especificaciones establecidas. En una planta de producción de formaldehído, este control resulta especialmente importante, ya que pequeñas variaciones en las condiciones del proceso pueden afectar directamente a la calidad del producto o a la formación de subproductos no deseados.

Además de su función de control, este departamento actúa como apoyo directo al área de producción, proporcionando información clave para el ajuste de las condiciones operativas. Gracias a los análisis realizados, es posible detectar desviaciones en el proceso en fases tempranas y aplicar correcciones antes de que afecten al rendimiento o a la calidad del formaldehído producido.

Por otro lado, el laboratorio también se encarga del desarrollo y mejora de métodos analíticos, así como del mantenimiento y calibración de los equipos de medida. Esto garantiza la fiabilidad de los resultados obtenidos y permite mejorar de forma continua el sistema de control de la planta.

9.2.6.1 Estructura del departamento

El departamento está formado por diferentes perfiles que cubren las distintas necesidades analíticas:

- Responsable de laboratorio: Coordina las actividades del departamento, supervisa los procedimientos de análisis y asegura el cumplimiento de la normativa y de los estándares de calidad.
- Técnicos de laboratorio: Realizan los análisis rutinarios de materias primas, corrientes intermedias y producto final, utilizando técnicas físico-químicas adecuadas.
- Técnico de análisis especializado: Encargado de desarrollar nuevos métodos analíticos y realizar ensayos más complejos cuando se requiere un estudio más detallado.
- Personal auxiliar: Da apoyo en tareas de preparación de muestras, gestión de reactivos y mantenimiento básico del laboratorio.

9.2.6.2 Funciones principales del departamento

Las principales actividades del departamento de laboratorio y análisis incluyen:

- Control de la calidad de las materias primas antes de su entrada en el proceso, verificando que cumplen las especificaciones requeridas.
- Análisis del producto final, asegurando que la concentración de formaldehído y el nivel de impurezas se mantienen dentro de los límites establecidos.
- Seguimiento del proceso mediante el análisis de corrientes intermedias, lo que permite comprobar que la reacción y las etapas de separación se desarrollan correctamente.
- Apoyo a producción, proporcionando resultados analíticos que faciliten la toma de decisiones operativas.

- Calibración y mantenimiento de equipos analíticos para garantizar la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos.
- Registro y documentación de resultados, asegurando la trazabilidad de todos los análisis realizados.

Además, este departamento trabaja de forma coordinada con calidad, producción y SSMA, especialmente en el análisis de emisiones, vertidos o situaciones anómalas del proceso. Esta colaboración resulta clave para mantener la seguridad, cumplir la normativa y asegurar la estabilidad del funcionamiento de la planta.

En conjunto, el laboratorio no solo permite garantizar la calidad del formaldehído producido, sino que también actúa como una herramienta fundamental de control y mejora del proceso, contribuyendo a la optimización del rendimiento y a la reducción de incidencias operativas.

9.2.7 Departamento de I+D+i

El departamento de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) es una parte importante dentro de la organización de la planta, ya que permite mejorar el proceso productivo a lo largo del tiempo y adaptarlo a posibles cambios tecnológicos o exigencias del mercado. Aunque la planta está diseñada para operar en condiciones estables, siempre existe margen de mejora en términos de eficiencia, consumo energético o calidad del producto final.

En el caso de la producción de formaldehído mediante el proceso Formox, este departamento tiene un papel especialmente relevante, ya que se trata de un proceso sensible en el que pequeños ajustes pueden tener un impacto considerable en el rendimiento de la reacción y en la formación de subproductos. Por ello, el análisis y la optimización de las condiciones de operación son tareas constantes.

La actividad del departamento de I+D+i no se limita únicamente al laboratorio, sino que también implica una interacción continua con producción, calidad y mantenimiento. Esto permite aplicar mejoras de forma práctica en la planta y validar los resultados en condiciones reales de operación.

9.2.7.1 Estructura del departamento

Dentro del departamento se diferencian varios perfiles, cada uno con funciones específicas:

- Responsable de I+D+i: Se encarga de definir las líneas de trabajo del departamento, coordinar los proyectos y establecer prioridades en función de las necesidades de la planta.
- Ingenieros o investigadores: Analizan el comportamiento del proceso, estudian posibles mejoras y proponen nuevos enfoques para optimizar el rendimiento.

- Técnicos de desarrollo: Realizan ensayos experimentales y pruebas a pequeña escala para validar cambios antes de su aplicación en planta.
- Especialista en datos (si procede): Se apoya en herramientas digitales para analizar tendencias operativas y detectar oportunidades de mejora.

9.2.7.2 Funciones principales del departamento

Entre las tareas más relevantes que se desarrollan en este departamento destacan:

- Análisis del proceso productivo para identificar posibles mejoras en parámetros como temperatura, caudales o tiempos de residencia.
- Optimización del rendimiento de la reacción, buscando reducir consumos y minimizar la formación de subproductos.
- Evaluación de cambios en las materias primas o en las condiciones de operación con el objetivo de mejorar la eficiencia o la sostenibilidad del proceso.
- Desarrollo de nuevas formas de operación que permitan aumentar la estabilidad y seguridad de la planta.
- Apoyo técnico al resto de departamentos, especialmente en la resolución de problemas complejos o desviaciones que no pueden corregirse con procedimientos estándar.

Además, el departamento de I+D+i también puede participar en el desarrollo de nuevas aplicaciones del formaldehído o en la adaptación del producto a requisitos específicos del cliente, lo que contribuye a mejorar la competitividad de la planta.

9.2.8 Departamento de dirección y gestión administrativa

El departamento de dirección y gestión administrativa es el encargado de coordinar el funcionamiento global de la planta, asegurando que todas las áreas trabajen de forma organizada y alineada con los objetivos del proyecto. Aunque su actividad no está directamente relacionada con el proceso productivo, su papel es fundamental para garantizar la estabilidad, la viabilidad económica y el cumplimiento de las obligaciones legales de la instalación.

En una planta de producción de formaldehído como la planteada en este proyecto, este departamento actúa como punto de unión entre las distintas áreas técnicas, facilitando la toma de decisiones y estableciendo las prioridades de actuación. Además, es responsable de la planificación general, el control de costes y la gestión de los recursos humanos y financieros.

9.2.8.1 Estructura del departamento

El departamento está formado por distintos perfiles que cubren las necesidades organizativas de la planta:

- Director de planta: Responsable de la gestión global, supervisa el funcionamiento general de la instalación y toma decisiones estratégicas relacionadas con la producción, inversión y desarrollo de la planta.
- Responsable administrativo-financiero: Se encarga del control económico, gestión de presupuestos, seguimiento de costes y relación con entidades externas.
- Responsable de recursos humanos: Gestiona la contratación, organización de turnos, formación del personal y aspectos relacionados con las relaciones laborales.
- Personal administrativo: Da soporte en tareas de gestión documental, facturación, control de pedidos, relación con proveedores y gestión interna.

9.2.8.2 Funciones principales del departamento

Entre las principales responsabilidades de este departamento destacan:

- Planificación y coordinación de la actividad de la planta, asegurando el funcionamiento conjunto de todos los departamentos.
- Control económico y financiero, incluyendo la elaboración de presupuestos, seguimiento de gastos y análisis de resultados.
- Gestión de la documentación administrativa, contratos, permisos y relaciones con proveedores y organismos externos.
- Organización del personal, incluyendo la planificación de turnos en una planta de operación continua.
- Apoyo en la toma de decisiones estratégicas relacionadas con mejoras en producción, inversión o desarrollo del proceso.
- Supervisión del cumplimiento de la normativa legal en materia laboral, económica y administrativa.

Además, este departamento desempeña un papel clave en la comunicación interna y externa de la planta. Por un lado, facilita la coordinación entre los distintos equipos de trabajo, y por otro, actúa como interlocutor con entidades externas como administraciones públicas, clientes o proveedores.

9.3 Áreas de la planta

Las distintas áreas de la planta permiten organizar el proceso productivo en función de las operaciones que se desarrollan en cada etapa. Esta división facilita la gestión operativa, el control del proceso y la identificación de posibles riesgos, ya que cada zona agrupa equipos y tareas con una función concreta.

En el caso de la planta de producción de formaldehído mediante el proceso Formox, las áreas se distribuyen siguiendo la secuencia del proceso, desde la recepción de materias primas hasta el almacenamiento del producto final y los servicios auxiliares.

9.3.1 Área 000. Almacenamiento

El área 000 corresponde a la zona donde se almacenan las materias primas necesarias para el proceso, principalmente metanol. Esta zona está formada por tanques de almacenamiento diseñados para operar en condiciones seguras, evitando pérdidas por evaporación y reduciendo riesgos asociados a la inflamabilidad del producto.

El metanol se recibe habitualmente mediante camiones cisterna y se transfiere a los tanques a través de sistemas de bombeo. Una vez almacenado, se mantiene bajo condiciones controladas hasta su uso en el proceso.

Desde el punto de vista operativo, esta área debe garantizar la disponibilidad continua de materia prima, evitando tanto la falta de suministro como el exceso de almacenamiento. Además, se realizan inspecciones periódicas para comprobar el estado de los tanques, válvulas y líneas de transferencia.

El control en esta zona se centra principalmente en parámetros como el nivel, la temperatura y posibles emisiones, ya que cualquier fuga puede suponer un riesgo importante tanto de seguridad como ambiental.

9.3.2 Área 100. Pretratamiento

En esta área se preparan las materias primas antes de su entrada al reactor. En el proceso Formox, esto implica principalmente la vaporización del metanol y su correcta mezcla con aire para obtener la composición adecuada para la reacción.

El metanol líquido se evapora en equipos específicos y posteriormente se mezcla con aire en proporciones controladas. Esta etapa es crítica, ya que una mala mezcla puede afectar directamente al rendimiento del reactor o generar riesgos de seguridad.

Debido al carácter inflamable del metanol, los tanques se mantienen equipados con sistemas de ventilación, detección de fugas e instrumentación de seguridad que permiten actuar ante desviaciones de presión o temperatura.

Durante la operación, se controlan variables como el caudal de entrada, la relación aire-metanol y la temperatura de la mezcla. Además, se realiza un seguimiento continuo para asegurar que las condiciones se mantienen estables antes de alimentar el reactor.

9.3.3 Área 200. Reacción

El área 200 es el núcleo del proceso, donde tiene lugar la oxidación del metanol para producir formaldehído en el reactor Formox. Se trata de una reacción catalítica altamente exotérmica, lo que implica que el control de temperatura es fundamental para evitar desestabilizaciones o riesgos operativos.

La mezcla de metanol y aire se introduce en el reactor multitubular, donde en presencia del catalizador se transforma en formaldehído. Durante esta etapa, se generan también subproductos, por lo que el control de condiciones es clave para proporcionar una elevada selectividad hacia el producto deseado.

El catalizador de óxidos de hierro y molibdeno empleado en el reactor FORMOX requiere un seguimiento periódico de su actividad, ya que una pérdida de rendimiento puede afectar a la conversión de metanol y a la selectividad hacia formaldehído. Por este motivo, se realizan controles periódicos de las condiciones de operación y del rendimiento del reactor para detectar posibles fenómenos de desactivación.

La operación se centra en mantener la estabilidad del reactor, mientras que la supervisión incluye el seguimiento continuo de temperatura, presión y conversión. El control es especialmente exigente, ya que la aparición de puntos calientes puede afectar tanto a la seguridad como al rendimiento del proceso.

9.3.4 Área 300. Enfriamiento y absorción

Tras salir del reactor, la corriente gaseosa contiene formaldehído que debe ser recuperado. Para ello, se conduce a sistemas de enfriamiento y posteriormente a una torre de absorción donde el formaldehído se disuelve en agua.

En esta área, el objetivo principal es maximizar la recuperación del producto y obtener una disolución de formaldehído con la concentración adecuada. El proceso de absorción es fundamental para transformar el producto gaseoso en una forma líquida manejable.

9.3.5 Área 400. Acondicionamiento de producto

El formaldehído recuperado en las etapas de absorción se acondiciona antes de su almacenamiento final. En esta etapa se verifican parámetros como la concentración de formaldehído, la temperatura y la composición del producto obtenido, con el fin de garantizar

el cumplimiento de las especificaciones de diseño. Asimismo, se asegura la estabilidad de la disolución de formol antes de su envío a los tanques de almacenamiento.

9.3.6 Área 500. Almacenamiento de producto

El formaldehído ya procesado se almacena en tanques específicos antes de su expedición. Estos tanques disponen de control continuo de nivel, temperatura y presión para garantizar la estabilidad del producto almacenado y minimizar pérdidas por evaporación.

En esta área se controla el nivel de producto, la temperatura y las condiciones de almacenamiento. También se gestionan las operaciones de carga para su transporte.

9.3.7 Área 600. Recirculación

Esta área permite reutilizar corrientes no reaccionadas o parcialmente convertidas, mejorando el rendimiento global del proceso.

Los sistemas de recirculación recogen estos flujos y los reintroducen en el proceso, reduciendo el consumo de materias primas y minimizando residuos.

Esta estrategia contribuye a aumentar la eficiencia global del proceso y a reducir el consumo de materias primas. Además, el control de la corriente recirculada permite mantener estable la concentración de metanol en el sistema y evitar acumulaciones que puedan afectar negativamente al rendimiento del reactor FORMOX.

9.3.8 Área 700. Gestión ambiental

Esta área integra el reactor biológico destinado al tratamiento de corrientes líquidas contaminadas con formaldehído y metanol, así como los sistemas de depuración de gases procedentes de las etapas de absorción. Su objetivo es minimizar el impacto ambiental asociado a la operación de la planta y garantizar el cumplimiento de la normativa vigente.

9.3.9 Área 800. Sala de control

La sala de control es el centro desde el que se monitoriza y controla toda la planta. A través de sistemas automatizados, los operadores pueden supervisar el estado del proceso en tiempo real.

Desde esta área se gestionan alarmas, se ajustan parámetros y se toman decisiones en caso de desviaciones.

9.3.10 Área 900. Mantenimiento

En esta zona se llevan a cabo las actividades relacionadas con el mantenimiento de equipos e instalaciones.

Incluye tanto mantenimiento preventivo como correctivo, asegurando que todos los equipos funcionen correctamente y reduciendo el riesgo de fallos.

9.3.11 Área 1000. Servicios de planta

Esta área engloba los servicios auxiliares necesarios para el funcionamiento de la planta, como:

- Sistemas de refrigeración
- Aire comprimido
- Suministro eléctrico
- Generación de vapor

Estos servicios son esenciales, ya que sin ellos el proceso no podría operar de forma continua.

9.4 Organigrama y personal de la planta

Una vez definidos los distintos departamentos que forman parte de la planta, es necesario establecer la estructura del personal, así como el número de trabajadores requeridos para garantizar su funcionamiento continuo.

Dado que la instalación opera de forma ininterrumpida, es imprescindible organizar el personal en turnos de trabajo que permitan cubrir las 24 horas del día. Esta organización no solo asegura la continuidad del proceso, sino que también permite responder con rapidez ante cualquier incidencia y mantener el control del sistema en todo momento.

Para dimensionar la plantilla, se ha tenido en cuenta la complejidad del proceso Formox, el grado de automatización de la planta y la necesidad de disponer de personal cualificado en las áreas críticas. En general, se establece una estructura basada en un turno rotativo con varias cuadrillas, complementada por personal técnico que trabaja en horario diurno.

A continuación, en la Tabla 9.4.1, se presenta una estimación del personal necesario distribuido por departamentos:

Tabla 9.4.1. Personal de la planta

Perfil	Personal por turno	Nº de turnos	Personal total
Departamento de Producción			
Responsable de producción	1	1	1
Jefes de turno	1	5	5
Operadores de sala de control	2	5	10
Operadores de campo	2	5	10
Departamento de Ingeniería y Mantenimiento			
Responsable de mantenimiento	1	1	1
Ingenieros de mantenimiento	2	1	2
Técnicos de mantenimiento	2	5	10
Departamento de SSMA			
Responsable de SSMA	1	1	1
Técnicos de seguridad y medio ambiente	2	1	2
Técnicos de salud laboral	1	1	1
Departamento de Calidad			
Responsable de calidad	1	1	1
Técnicos de calidad	2	5	10
Técnico de garantía de calidad	1	1	1
Departamento de Logística			
Responsable de logística	1	1	1
Técnicos de logística	2	5	10
Operarios de almacén	2	5	10
Departamento de Laboratorio			
Responsable de laboratorio	1	1	1
Técnicos de laboratorio	2	5	10
Departamento de I+D+i			

Perfil	Personal por turno	Nº de turnos	Personal total
Responsable de I+D	1	1	1
Técnicos e ingenieros	2	1	2
Dirección y Administración			
Dirección y administración	3	1	3

La distribución del personal refleja una organización orientada a garantizar la continuidad del proceso y la cobertura de todas las funciones esenciales de la planta. Los departamentos directamente relacionados con la operación, como producción, laboratorio y logística, cuentan con personal distribuido en turnos, mientras que las áreas de gestión y soporte técnico operan principalmente en horario diurno.

Esta estructura permite equilibrar la eficiencia operativa con la seguridad del proceso, asegurando que en todo momento existe personal cualificado capaz de supervisar y actuar sobre la planta.

La estimación del personal se ha realizado en base a criterios habituales de diseño de plantas químicas, considerando el tamaño de la instalación, el grado de automatización y la operación en continuo, siguiendo las recomendaciones generales recogidas en Towler y Sinnott.

9.5 Calendario y organización de los turnos

Dado que la planta de producción de formaldehído está diseñada para operar en continuo, es necesario establecer una organización adecuada de los turnos de trabajo que permita mantener la actividad durante las 24 horas del día. Este tipo de operación permite maximizar el aprovechamiento de la instalación, pero también requiere una planificación rigurosa del personal y de las paradas programadas.

La organización del trabajo se basa en un sistema de turnos rotativos, de forma que diferentes equipos cubren los distintos periodos del día. Esto garantiza que en todo momento haya personal cualificado supervisando el proceso, lo que resulta fundamental para mantener la estabilidad del sistema y poder actuar rápidamente ante cualquier incidencia.

Por otra parte, además de la gestión de turnos, es necesario definir un calendario de funcionamiento que contemple periodos de parada para mantenimiento e inspección de la planta, con el fin de asegurar su correcto estado a lo largo del tiempo.

9.5.1 Calendario anual

Para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente de la instalación, se ha establecido un calendario anual que combina la operación continua con paradas programadas destinadas a tareas de mantenimiento.

En este caso, la planta está diseñada para operar 330 días al año, lo que implica que aproximadamente un mes del año se destina a paradas técnicas programadas. Estas paradas se distribuyen a lo largo del año con el objetivo de minimizar su impacto sobre la producción y facilitar su ejecución desde el punto de vista organizativo.

Se propone la realización de tres paradas anuales:

- Parada en primavera: Se programa en torno al periodo de Semana Santa. Durante esta parada se realizan revisiones generales de los equipos, inspecciones de seguridad y tareas de mantenimiento preventivo en las unidades principales del proceso.
- Parada en verano: Se sitúa en los meses de menor actividad industrial, habitualmente en agosto. En esta fase se llevan a cabo intervenciones más complejas, como revisiones en profundidad de equipos, sustitución de componentes críticos o mejoras en la instalación.
- Parada en invierno: Se programa a finales de año, coincidiendo con el periodo navideño. Esta parada permite realizar una revisión general antes del inicio del siguiente ciclo de operación y asegurar que la planta se encuentra en condiciones óptimas.

Estas tres paradas suman en conjunto los aproximadamente 35 días en los que la planta permanece detenida, completando así los 330 días anuales de operación.

Cabe destacar que este calendario puede ajustarse en función de las necesidades de la planta, condiciones del mercado o posibles incidencias detectadas durante la operación.

9.5.2 Organización de los turnos

La organización de los turnos de trabajo en la planta se ha diseñado con el objetivo de garantizar una operación continua durante las 24 horas del día, asegurando en todo momento la correcta supervisión del proceso y la cobertura de los puestos críticos asociados a la producción de formaldehído mediante el proceso Formox.

En primer lugar, es necesario diferenciar entre el personal operativo y el personal que desarrolla su actividad en horario convencional. El personal operativo debe permanecer de forma continua en la planta para garantizar el funcionamiento estable y seguro de las instalaciones. Dentro de este grupo se incluyen principalmente los operadores de producción, técnicos de mantenimiento y personal de laboratorio. Por otro lado, el personal administrativo, dirección y parte del equipo técnico realizan su actividad en horario diurno, por lo que no requieren presencia permanente en la planta.

Con el fin de asegurar la continuidad operativa, se ha establecido un sistema de turnos rotativos organizado en cinco grupos de trabajo diferenciados mediante colores (azul, naranja, verde, rojo y amarillo). Este sistema permite distribuir de forma equilibrada la carga laboral entre los distintos equipos, garantizando tanto la cobertura continua de la planta como periodos adecuados de descanso para el personal.

Durante los días laborables, los turnos se estructuran en tres franjas horarias principales:

• Turno de mañana: de 6:00 a 14:00.

• Turno de tarde: de 14:00 a 22:00.

• Turno de noche: de 22:00 a 6:00.

Asimismo, durante los fines de semana la organización se adapta a turnos de mayor duración con el objetivo de optimizar la disponibilidad del personal y reducir el número de relevos:

• Turno diurno: de 6:00 a 18:00.

• Turno nocturno: de 18:00 a 6:00.

La rotación de los grupos de trabajo se realiza de forma secuencial a lo largo del mes, permitiendo que todos los equipos alternen entre los distintos horarios de trabajo. De este modo, se evita que un mismo grupo permanezca de manera prolongada en turnos nocturnos o especialmente exigentes, contribuyendo a mejorar las condiciones laborales y reducir la fatiga derivada de la operación continua.

Para facilitar la planificación y el seguimiento de la organización de turnos, cada equipo se identifica mediante un color específico, permitiendo visualizar de forma clara la distribución mensual de los diferentes horarios de trabajo. En la Tabla 9.5.1 se muestra una propuesta de calendario mensual de rotación para los distintos grupos de trabajo de la planta.

Tabla 9.5.1. Calendario mensual de rotación de grupos de trabajo

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Mañanas	A	A	A	A	V	V	V	V	R	R	R	R	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	A	A	A	A	V	V	V	V	R	R	R
Tardes	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	A	A	A	A	V	V	V	V	R	R	R	R	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	A	A	A
Noches	R	R	R	R	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	A	A	A	A	V	V	V	V	R	R	R	R	N	N	N	N	Y	Y	Y

Tabla 9.5.2. Leyenda de grupos de trabajo de la Tabla 9.5.1

Grupo Azul	A
Grupo Naranja	N
Grupo Verde	V
Grupo Rojo	R
Grupo Amarillo	Y

9.6 Personal externo

Además del personal propio de la planta, es necesario considerar la participación de trabajadores externos que, aunque no forman parte directa de la plantilla, desempeñan funciones importantes para el correcto funcionamiento de la instalación. Este tipo de colaboración permite que el personal interno se centre en las tareas directamente relacionadas con la producción, mejorando así la eficiencia global de la planta.

En muchos casos, resulta más adecuado recurrir a empresas especializadas para determinadas actividades que no requieren una presencia constante dentro del proceso productivo. Esto no solo optimiza los recursos disponibles, sino que también permite contar con personal cualificado en tareas específicas sin necesidad de incorporarlo de forma permanente.

Uno de los servicios más habituales es el de limpieza de instalaciones auxiliares, como oficinas, vestuarios y zonas comunes. Este tipo de trabajo se realiza normalmente en horarios compatibles con la actividad de la planta, evitando interferencias con el proceso productivo. Aunque pueda parecer una función secundaria, mantener unas condiciones adecuadas de higiene y orden tiene un impacto directo en la seguridad y en el ambiente de trabajo.

Por otro lado, también es frecuente disponer de servicios externos de vigilancia y control de accesos. En este caso, el personal de seguridad se encarga de gestionar la entrada y salida de personas y vehículos, supervisar las instalaciones y actuar ante posibles incidencias. Este servicio suele estar operativo de forma continua, adaptándose a la misma dinámica de funcionamiento de la planta.

Además, en determinadas situaciones también se puede recurrir a personal externo especializado para tareas puntuales, como grandes intervenciones de mantenimiento, revisiones técnicas o auditorías. Estas actuaciones, aunque no forman parte del día a día de la planta, resultan necesarias para garantizar su correcto estado a largo plazo.

9.7 Bibliografía

[1] Gandía, P. M. (s.f.). *Organización y gestión en industrias químicas*. Síntesis.

[2] ISO. (s.f.). Sistemas de gestión (ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001). Recuperado el 18 de mayo de 2026, de https://www.iso.org

[3] Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., & West, R. E. (s.f.). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. McGraw-Hill.

[4] Towler, G., & Sinnott, R. (s.f.). *Chemical Engineering Design*. Elsevier.

[5] UNECE. (s.f.). Transporte de mercancías peligrosas (ADR). Recuperado el 18 de mayo de 2026, de https://unece.org