

Sistematización de Proyectos Mineros

Stalin Karl Veliz

Constructor Civil Universidad Católica del Norte, Antofagasta.

Ingeniero Civil Mecánico Universidad de Tarapacá, Arica.

Master en Gestión Integral de Proyectos Universidad Católica del Norte, Antofagasta.

info@stalinkarl.cl

Arica - Chile

Febrero 28 de 2016

ABSTRACT

Generally, the systematization is the result of a very good relationship of a set of theoretical knowledge and practical. The theoretical knowledge comes from the specialty engineering and practical knowledge is given by the experience of the activity. From this premise we could say that we are in a position to systematize something.

The concept is very broad and involves a number of tasks, but most retrievable is its strategic essence. The strategic condition for the mining project is determining of the outcome of this since this condition governs the most important and costly phase of the project (execution).

In all mining projects it is made and used during all stages of the execution project, but has never been given much importance and the character it deserves. However, problems (scope, time, cost and quality) and uncertainties still remain there in each of the projects and go hand in hand with systematization.

The systematization of the industrial project is rooted in the theory of systems Bertalanffy, Wiener cybernetics theory and comprehensive project management according to international standard PMI. In this article we look at its structure, classification and implementation in the mining project.

Keywords: Systematization; commissioning; Pre-commissioning; Transfer.

RESUMEN

En general la sistematización es el resultado de una muy buena relación de un conjunto de conocimientos de carácter teórico y práctico. El conocimiento teórico viene de la especialidad de ingeniería y el conocimiento práctico viene dado por la experiencia de la actividad. A partir de esta premisa podríamos decir que estamos en condiciones de poder sistematizar algo.

El concepto es muy amplio e involucra una serie de cometidos, pero lo más rescatable es su esencia estratégica. La condición estratégica para el proyecto minero es determinante sobre el resultado de la gestión de este ya que esta condición gobierna la fase más importante y costosa del proyecto, la ejecución.

En todos los proyectos mineros se realiza y se utiliza durante todas las etapas de ejecución del proyecto, pero nunca se le ha dado la importancia y mucho menos el carácter que se merece. Sin embargo, los problemas (alcance, plazo, costo y calidad) e indefiniciones permanecen aún ahí en cada uno de los proyectos y van de la mano de la sistematización.

La sistematización de proyectos tiene sus bases en la teoría de sistemas de Bertalanffy, la teoría cibernética de Wiener y en la gestión integral de proyectos de acuerdo al estándar internacional del PMI. En este artículo veremos su estructura, clasificación e implementación en el proyecto minero.

Palabras Clave: Sistematización; Comisionamiento; Precomisionamiento; Transferencia.

INTRODUCCION

La sistematización del proyecto minero es una actividad fundamental que se debe realizar con el fin de **poner en marcha** el proyecto. La sistematización obedece a la lógica de operación inicial de las diferentes líneas de proceso del proyecto y se gobiernan de acuerdo a los alcances específicos de la etapa de ejecución del proyecto (construcción, termino de construcción, precomisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha.)

La sistematización consiste en organizar todo el alcance físico del proyecto de acuerdo a una **estructura sistémica** de seis niveles y permitir la transferencia y entrega (Handover) del proyecto en base a **sistemas**, los cuales en su totalidad conforman el alcance total del proyecto.

ESTRUCTURA SISTEMICA¹

Toda sistematización tiene una estructura sistémica ordenada por **niveles jerárquicos** y relacionada de acuerdo a una lógica integral e interdisciplinaria. En proyectos mineros tenemos una estructura sistémica de seis niveles:

Primer nivel: es el de una estructura estática, es el concepto u origen de la sistematización, para este caso sería el **proyecto**. La descripción precisa de esta estructura (la planta de procesos) es el principio de conocimiento organizado en todas las especialidades. Esta descripción es la que hace posible establecer las relaciones estáticas, dinámicas y funcionales.

El proyecto es un sistema abierto definido que posee una organización y totalidad (alcance, plazo, costo y calidad). Se dice que es abierto por que tiene directa relación con stakeholders externos como organizaciones sociales, comunidades, medioambiente, organizaciones gubernamentales y privadas. En estricto rigor el proyecto pertenece a un sistema mayor que es la sociedad.

Segundo nivel: es el de un sistema dinámico simple conformado por estructuras fundamentales que es donde se producen todas las relaciones estáticas, dinámicas y funcionales. Para el caso de proyectos mineros nos estamos refiriendo a las **áreas del proyecto**.

Tercer nivel: es el de mecanismo de control o sistema cibernético. En este nivel es donde se puede establecer claramente el modelo de control de la sistematización. En proyectos mineros este nivel está determinado por la definición de **sistemas**.

Cuarto nivel: puede denominarse nivel genético u/o asociativo y está caracterizado por los tipos de sistemas. Esta estructura implica una jerarquía en el tiempo de ejecución. Para el caso de proyectos mineros serían los siguientes tipos:

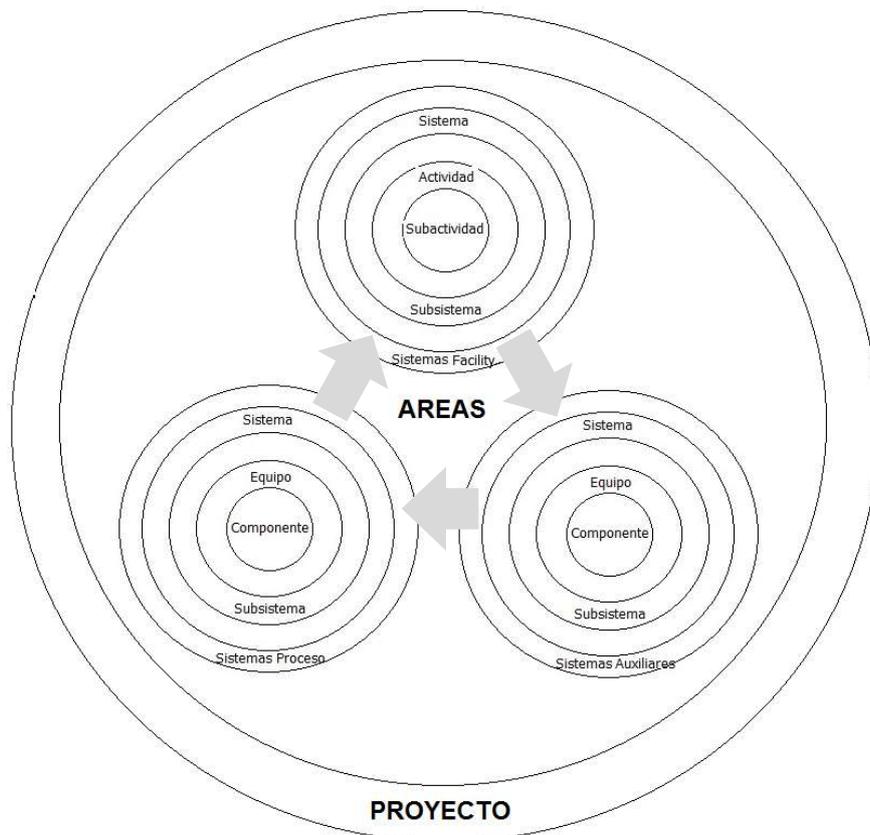
- ❖ Sistemas Facility
- ❖ Sistemas Auxiliares
- ❖ Sistemas de Proceso

¹ Richard A. Johnson, Fremont E. Kast, James E. Rosenzweig; Teoría, Integración y Administración de Sistemas, 1980 Ed. Limusa

Quinto nivel: es el de sistema abierto o estructura autorregulada. Este nivel es donde se identifican las operaciones internas de los sistemas. En proyectos mineros este nivel está definido por los *subsistemas*.

Sexto nivel: es el nivel de equipo considerado como sistema con todas sus características y relaciones desde su origen a su instalación u/o construcción. En proyectos mineros este nivel se denomina como equipos y componentes para el caso de sistemas de proceso y auxiliares, y se denomina como actividades y subactividades para el caso de sistemas facility.

Figura 1 Estructura Sistémica (Elaboración Propia)



Evidentemente podrían seguir apareciendo otros sistemas abiertos como la organización empresarial (dueña del proyecto), el mercado, la sociedad, etc. Sin embargo, el macro sistema *ejecución del proyecto* que nos interesa para este artículo comienza con el sistema del proyecto.

ESTRUCTURA JERARQUICA

La estructura jerárquica como concepto, define el modo de subordinación entre diversos niveles atribuibles a un determinado sistema en el que cada nivel está supeditado gradualmente al nivel inmediatamente previo.

La jerarquía en la estructura sistémica del proyecto minero se establece en orden a relaciones de subordinación de acuerdo a criterios de anterioridad o posterioridad, es decir su interdependencia

viene dada por una secuencia lógica en el tiempo. Cuando existe una jerarquía se dice, por extensión, que hay una **organización** asociada a esa jerarquía.

En el caso de proyectos mineros tenemos dos niveles jerárquicos que respetar:

Etapas del Proyecto: La jerarquía dada por las etapas de ejecución del proyecto son cronológicas y constructivas operacionales. Estas son las siguientes:

- ❖ Construcción
- ❖ Terminación de Construcción
- ❖ Precomisionamiento
- ❖ Comisionamiento
- ❖ Puesta en Marcha

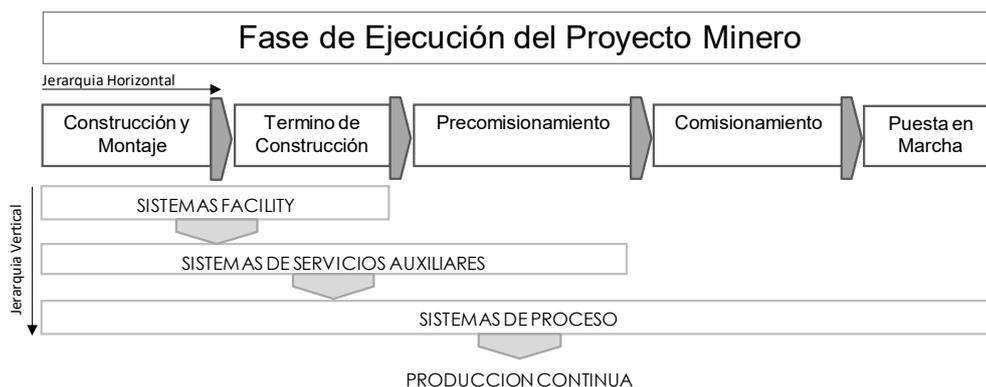
El desarrollo lógico de la ejecución del proyecto es desde la construcción hasta la etapa de puesta en marcha. (Jerarquía Horizontal)

Tipo de Sistema: La jerarquía dada por los tipos de sistemas del proyecto es cronológica y constructiva operacional. Estas son las siguientes:

- ❖ Sistemas Facility
- ❖ Sistemas Auxiliares
- ❖ Sistemas de Proceso

La lógica operacional del proyecto exige ir poniendo en servicio los sistemas facility, luego los sistemas auxiliares y finalmente los sistemas de proceso productivo. (Jerarquía Vertical)

Figura 2 Estructura Jerárquica (Elaboración Propia)



SISTEMA²

Un sistema es un todo organizado o complejo, un conjunto o combinación de cosas o partes que forman un todo unitario. Están caracterizados por diversos modos de relaciones o conexión que tienen en común sus elementos constituyentes compatibles y todos estos elementos están determinados por alguno de ellos cuando menos.

² L. Susan Stebbing, Introducción Moderna a la Lógica, 1995, Universidad Nacional Autónoma de México.

En los proyectos mineros los sistemas están constituidos por subsistemas funcionales y en su conjunto operan como un sistema abierto y con un sentido lógico desde el punto de vista operacional.

Coherencia y Complejidad

Los sistemas pueden ser coherentes o complejos. Se dice que un sistema es coherente si cada una de las relaciones del sistema está conectada con cada una de las otras relaciones del sistema por asociaciones que no son meramente conjuntivos. Esto implica que las relaciones en un sistema coherente deben ser deductivas (profundas y determinantes) desde el punto de vista de la creación, operación o función. Sin embargo, en sistemas complejos esta coherencia pierde el carácter deductivo y se convierte en emergente. En la sistematización de proyectos mineros la mayoría de las relaciones son de carácter coherente.

Orden

Un sistema es ordenado solo si sus elementos constituyentes están gobernados por relaciones que tienen ciertas propiedades lógicas. Estas propiedades lógicas definen el orden. Los proyectos siguen una lógica de acuerdo a su definición de origen, en el caso de proyectos mineros sigue la lógica del proceso productivo y la de los niveles jerárquicos establecidos anteriormente.

SISTEMAS DE PROCESO

Un sistema de proceso es un conjunto de operaciones unitarias físicas y/o químicas ordenadas a la transformación de materias primas en productos finales diferentes. Se considera que un producto es diferente de sus materias primas cuando:

- Tenga diferente composición (molecular).
- Este en un estado distinto (sólido, líquido o gas).
- Haya cambiado su condición (forma, presión o temperatura).

Los sistemas de proceso y sus correspondientes operaciones unitarias, quedan definidos y establecidos a partir de las diferentes tecnologías de proceso que utilizara el proyecto minero.

Operaciones Unitarias³

Los sistemas de proceso constan de una serie de operaciones *físicas y químicas*, que en algunos casos son específicas del proceso considerado, pero en otros casos (la mayoría) son operaciones comunes e iguales para varios procesos. Generalmente un sistema de proceso puede descomponerse según la secuencia indicada en la figura 1.

Figura 1 Descomposición de un Proceso



³ J. Costa, S. Cervera, F. Cunnill, S. Esplugas, Curso Ingeniería Química, 2008 Editorial Reverte.

De acuerdo a lo indicado en la figura 1, cada una de estas operaciones es una **operación unitaria**. El concepto define que todo proceso conducido en cualquier escala puede descomponerse en una serie ordenada de lo que pudiera llamarse **operaciones unitarias**, el número de estas operaciones básicas no es muy grande y generalmente solo unas cuantas de ellas intervienen en un sistema de proceso determinado.

Así una operación unitaria, es cada una de las acciones necesarias de **transporte, adecuación y/o transformación** de las materias implicadas en un sistema de proceso.

Cada operación unitaria en particular tiene como objetivo el modificar las condiciones de una determinada cantidad de materia en una forma más útil a nuestros fines. Este cambio puede hacerse por tres caminos:

- Modificando la masa o composición.
- Modificando el nivel o calidad de energía.
- Modificando su condición de movimiento.

Estos tres son los únicos cambios posibles que un cuerpo puede sufrir.

Leyes de Conservación

El estado de un cuerpo está absolutamente definido cuando están especificadas su cantidad de materia y composición, su energía total y las componentes de la velocidad de que esta animado. Esta afirmación tiene su expresión matemática en las tres leyes de conservación:

- ❖ Ley de conservación de la materia.
- ❖ Ley de conservación de la energía.
- ❖ Ley de conservación de la cantidad de movimiento.

De acuerdo a estas leyes se conviene normalmente en clasificar el conjunto de operaciones unitarias existentes según la propiedad (materia, energía o movimiento) que se transfiera en la operación y sea más relevante en la misma.

Las operaciones unitarias se dividen en dos grandes grupos:

- ❖ Operaciones Unitarias Físicas.
- ❖ Operaciones Unitarias Químicas.

Operaciones Unitarias Físicas

El grupo de operaciones unitarias físicas comprende la siguiente clasificación:

- Transferencia de materia.
- Transmisión de energía.
- Transferencia de materia y energía.
- Transporte de cantidad de movimiento.
- Complementarias.

Operaciones Unitarias Químicas

La reacción química es la operación unitaria que tiene por objeto distribuir de una forma distinta los átomos de las moléculas (reactantes) para formar otras nuevas (producto). Las unidades de proceso (equipos) donde se llevan a cabo estas reacciones químicas se denominan reactores químicos. En esta categoría tenemos las siguientes operaciones unitarias:

- Modelo de mezcla perfecta.
- Modelo de mezcla imperfecta. (Flujo de Pistón)

Operaciones Unitarias Mineras

Las operaciones unitarias utilizadas en la minería tienen directa relación con los procesos físicos, químicos y metalúrgicos utilizados para la extracción y procesamiento de minerales. Para los minerales de Cu, Mo, Au y Ag tenemos los siguientes procesos:

- Extracción de Minerales
- Conminución de Mineral
- Flotación de Minerales
- Sedimentación y Espesamiento
- Manejo de Pulpas
- Filtración
- Secado
- Lixiviación (Hidrometalurgia)
- Biolixiviación de Concentrados
- Purificación
- Extracción Por Solventes (SX)
- Manejo de Soluciones
- Electro Obtención EW
- Piroextracción de Cobre (Pirometalurgia)
- Piorrefinación del Cobre Blister

Cada uno de estos procesos posee sus operaciones unitarias respectivas.

SISTEMAS AUXILIARES

Los procesos de producción con su tecnología correspondiente, es un conjunto de máquinas, artefactos, aparatos y dispositivos que constituyen una unidad orgánica y tecnológicamente individualizada donde se realizan las **operaciones unitarias** de transformación (mecánica, física, química o combinadas) de las materias primas en productos terminados.

Sin embargo, los Procesos de Producción por si solos no pueden cumplir con el ciclo tecnológico para lograr producir, ya que su operación no es posible sin el apoyo de otras unidades complementarias estrechamente interrelacionadas con la estructura productiva en su conjunto.

Estos sistemas complementarios desarrollan un ciclo completo de tratamiento de un servicio de apoyo u operacional a los Procesos de Producción y su tamaño e inversión asociada puede inclusive superar

a los realizados en los procesos productivos. Los sistemas auxiliares en un proyecto minero se clasifican de acuerdo al siguiente criterio:

- ❖ Sistemas Auxiliares de Operación
- ❖ Sistemas Auxiliares de Proceso
- ❖ Sistemas Auxiliares de Control y Comunicación
- ❖ Sistemas Auxiliares de Seguridad
- ❖ Sistemas Auxiliares de Mantenición

Sistemas Auxiliares de Operación

Se definen como sistemas auxiliares de operación, aquellos servicios que apoyan a los sistemas de procesos y que no necesariamente están dentro de la línea lógica de este, sin embargo, son imprescindibles para el *funcionamiento* de las unidades del proceso general de producción. Por lo general están referidos al suministro de energía a través de un sistema de distribución a toda la planta, como la red de energía eléctrica en alta, media y baja tensión, red de agua de proceso, desmineralizada y potable, red de aire planta e instrumentación, etc.

Sistemas Auxiliares de Proceso

Se definen como sistemas de servicios auxiliares de proceso, aquellos que apoyan a los sistemas de procesos con *materias de insumo* y que no necesariamente están dentro de la línea principal de producción, sin embargo, son imprescindibles para que se produzcan las transformaciones físicas y químicas propias del proceso. Por lo general están referidos al suministro de materias a través de un sistema de distribución a la planta, como el sistema de distribución de ácido, reactivos, diluyente, etc.

Sistemas Auxiliares de Control y Comunicación

Los sistemas auxiliares de control, se refieren a la instalación de equipos y *tecnologías de software* necesarias para la automatización y control de las unidades de proceso y equipos de apoyo. Ejemplo de estos sistemas son el sistema de control distribuido (DCS Distribution Control System), sistema de control de proceso (PCS Process Control System), sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), sistemas de circuito cerrado TV, sistemas de red LAN (Local Area Network) con soluciones Ethernet, Token Ring o Arcnet.

Sistemas Auxiliares de Seguridad

Los sistemas auxiliares de seguridad son aquellos servicios orientados tanto a la seguridad operacional como a la seguridad de las áreas de las instalaciones. Estos sistemas son muy importantes y de muchas exigencias constructivas, funcionales y operacionales, ya que son materias de las aseguradoras del proyecto. En estos sistemas tenemos la red húmeda contra incendio, sistema de detección y extinción de incendio, sistemas de espuma y de gas, etc.

Sistemas Auxiliares de Mantenición

Los sistemas auxiliares de mantenimiento, se refieren a las instalaciones necesarias para la *mantención* de los equipos e instalaciones industriales y para los equipos móviles de apoyo al proceso (Transporte). Ejemplo de estos sistemas son los talleres de mantenimiento de neumáticos, mantención de camiones (Truck Shop), mantención de motores, mantención eléctrica e instrumentación, maestranza máquinas y herramientas, etc.

SISTEMAS FACILITY

A si como los servicios auxiliares sirven a los sistemas de procesos productivos, las obras de infraestructura son aquellas que soportan físicamente tanto a los sistemas de proceso como a los servicios auxiliares. Generalmente en el ámbito de la minería estas obras e instalaciones son conocidas como infraestructura o facilidades (Facilities).

Los Facility de un proyecto minero podrían clasificarse de acuerdo al siguiente criterio:

Infraestructura Civil: Las obras civiles también se consideran y forman la infraestructura de las instalaciones industriales de procesos y auxiliares.

Obras de Arquitectura: Las obras de arquitectura también se consideran como facility.

Urbanización: Las obras de urbanización son aquellas que acompañan a las obras de arquitectura, y corresponde a todas las instalaciones necesarias para el suministro de energía e insumos, las instalaciones para la evacuación de flujos de residuos orgánicos y las instalaciones de procesamiento de residuos orgánicos.

SISTEMATIZACION

La sistematización del proyecto consiste en la definición de sistemas y subsistemas con el objetivo de poner en marcha el proyecto.

Un *sistema* está constituido por varios *subsistemas*.

La *sistematización* está gobernada con las etapas del proyecto de acuerdo a la siguiente estructura:

- ❖ Terminio de Construcción: A nivel Equipos y Componentes / Actividades y Subactividades.
- ❖ Precomisionamiento : A nivel de subsistemas.
- ❖ Comisionamiento : A nivel de sistemas.
- ❖ Puesta en Marcha : A nivel de áreas.

CONSIDERACIONES PARA LA SISTEMATIZACION

La definición de sistemas debe estar orientada siempre al objetivo principal de la sistematización (poner en marcha el proyecto). Para lograr una puesta en marcha lógica, ordenada y expedita, es necesario establecer una serie de consideraciones que nos permitan realizar con éxito la transferencia y entrega del proyecto al cliente. Entre estas tenemos:

- Consideraciones de proceso.
- Consideraciones operacionales.
- Consideraciones de procesos constructivos.
- Consideraciones contractuales del cliente.
- Consideraciones contractuales del contratista.
- Consideraciones del programa maestro.

DIAGRAMAS Y PLANOS DE SISTEMAS Y SUBSISTEMAS

Los Sistemas están directamente relacionados con la línea lógica del Proceso Productivo. Esta distribución se representa gráficamente en los diagramas de *flujo de proceso* (flow sheet) del Proyecto.

Para poder representar gráficamente la sistematización (sistemas y subsistemas) en general se utilizan los siguientes diagramas por tipo de sistemas:

Sistemas de Proceso

- Diagrama de Bloque
- Diagrama de Planta
- Diagrama de Bloques de Proceso
- Diagrama de Flujo de Proceso
- Diagramas de Tuberías e Instrumentación (P&ID)

Sistemas Auxiliares

- Diagrama Unilineal General
- Diagrama Unilineal Especifico
- Disposición General de Equipos
- Disposición General de Canalizaciones
- Malla de Tierra
- Diagrama de Flujo de Proceso
- Diagramas de Tuberías e Instrumentación (P&ID)
- Diagrama de Bloques de Control
- Diagrama de Lazos de Instrumentación
- Planos Civiles Generales
- Planos Mecánicos Generales
- Planos Underground

Sistemas Facility

- Planos Estructurales
- Planos de Arquitectura
- Planos Civiles
- Planos de Hormigón
- Planos de Calderería
- Planos de Instalaciones

REPRESENTACION GRAFICA DE SISTEMAS

La sistematización del proyecto se materializa a nivel de sistemas sobre diagramas y planos específicos codificando los sistemas y representándolos a través de un *plano coloreado* que alcanza un sistema determinado.

Número y Revisión del Plano Coloreado

Todo plano coloreado que represente gráficamente un sistema debe tener su número de plano y su número de revisión.

Número de plano: Para designar el número de plano coloreado se utiliza el número del plano base, es decir el número del diagrama o plano, y a este número se le da una designación especial. Por ejemplo:

- Número de diagrama de flujo de proceso : ANT-D-DRW-4300-FS-5001
- Número de plano coloreado : COM-ANT-D-DRW-4300-FS-5001

Para la designación especial se le agrega inicialmente el código COM de comisionamiento.

Número de revisión: Inicialmente la revisión del plano coloreado será la misma que posee el plano base, es decir la revisión del diagrama o plano. La revisión posterior puede variar por dos motivos:

- Cambios en el plano base, o sea en el diagrama o plano.
- Cambios en el plano coloreado, o sea cambia el alcance del coloreado

En el primer caso siempre se mantendrá el mismo número de revisión entre el plano coloreado y el plano base. En el segundo caso serán diferentes, el plano coloreado siempre tendrá una revisión mayor que el plano base.

El número y revisión del plano coloreado debe ir ubicado y destacado a color en la parte superior de la viñeta del plano base.

Codificación de Sistemas

Los sistemas se codifican de acuerdo al siguiente esquema:

- Sistema de Proceso : SP (Designación)
- Area de Proceso (Según WBS) : 4000 (Guiarse siempre por WBS del proyecto).
- Código del sistema : SP4000
- Descripción del sistema : Sistema de Recirculación de Electrolito
- Codificación : SP4000 Sistema de Recirculación de Electrolito.

Nota: Para sistemas auxiliares se designan SA y para sistemas facility se designan SF.

Para el caso de áreas con más de un sistema se debe establecer un código incremental en una centena, por ejemplo:

- Area (Según WBS) : 4000
- Sistema 1 : SP4000
- Sistema 2 : SP4100
- Sistema 3 : SP4200

La codificación del sistema debe estar incorporada en el diagrama coloreado en un lugar visible del plano base.

SUBSISTEMAS

Un subsistema es una división parcial de un sistema. Generalmente se definen los subsistemas a partir de las diferentes operaciones unitarias y sus correspondientes unidades de proceso.

Todos los sistemas deben tener subsistemas asociados, en caso contrario estará incompleto. Así un sistema estará compuesto por varios subsistemas cuyo funcionamiento u operación sólo tiene *sentido* como parte del sistema.

Representación Grafica de Subsistemas

Un subsistema está conformado por una serie de equipos y componentes (unidades de proceso) y se representan gráficamente sobre los diagramas P&ID demarcando con un color específico el alcance del subsistema. Un plano coloreado (diagrama de flujo de proceso) de un sistema tendrá varios planos coloreados de subsistemas (P&ID) asociados.

Número y Revisión del Plano Coloreado (P&ID)

Todo plano coloreado que represente gráficamente un subsistema debe tener su número de plano y su número de revisión.

Número de plano: Para designar el número de plano coloreado se utiliza el número del plano base, es decir el número del P&ID, y a este número se le da una designación especial. Por ejemplo:

- Número del P&ID : ANT-D-PID-4100-PR-6010
- Número de plano coloreado : COM-ANT-D-PID-4100-PR-6010

Para la designación especial se le agrega inicialmente el código COM de comisionamiento.

Número de revisión: Inicialmente la revisión del plano coloreado será la misma que posee el plano base, es decir la revisión del P&ID. La revisión posterior puede variar por dos motivos:

- Cambios en el plano base, o sea en el P&ID.
- Cambios en el plano coloreado, o sea cambia el alcance del coloreado.

En el primer caso siempre se mantendrá el mismo número de revisión entre el plano coloreado y el plano base. En el segundo caso serán diferentes, el plano coloreado siempre tendrá una revisión mayor que el plano base.

El número y revisión del plano coloreado debe ir ubicado y destacado a color en la parte superior de la viñeta del plano base.

Codificación de Subsistemas

Los subsistemas se codifican a partir del código de sistema al que pertenecen:

- Sistema : SP4100
- Código del subsistema : SP4100-01
- Descripción del subsistema : Extracción por solvente tren A (E1A y E2A)
- Codificación : SP4100-01 Subsistema Extracción Por Solvente
Tren A (E1A y E2A)

Para el caso de sistemas con más de un subsistema se debe establecer un número correlativo incremental, por ejemplo:

- Sistema (Según WBS) : SP4100
- Subsistema 1 : SP4100-01
- Subsistema 2 : SP4100-02
- Subsistema 3 : SP4100-03

La codificación del subsistema debe estar incorporada en el diagrama coloreado en un lugar visible del plano base.

EQUIPOS Y COMPONENTES

Todos los subsistemas de procesos están conformados por una serie de **unidades de proceso** (Equipos) los cuales a su vez comprenden una serie de componentes.

Una vez definido el alcance de los subsistemas de proceso en los P&ID correspondientes, podremos establecer los equipos y componentes que componen el subsistema.

Los equipos y componentes que contiene el subsistema de proceso, son todos aquellos que contiene el alcance del P&ID coloreado.

Codificación de Equipos

Los equipos de proceso se codifican de acuerdo al siguiente esquema:

- Código del subsistema : SP4100-01
- Descripción del equipo : Agitador E1A
- TAG del equipo : 4100-AG-4101 (Designación Ingeniería)
- Codificación del Equipo : SP4100-01-01

Para el caso de subsistemas con más de un equipo se debe establecer un número correlativo incremental, por ejemplo:

- Subsistema : SP4100-01
- Equipo 1 : SP4100-01-01
- Equipo 2 : SP4100-01-02
- Equipo 3 : SP4100-01-03

Codificación de Componentes

Los componentes de equipos de proceso se codifican de acuerdo al siguiente esquema:

- Código del equipo : SP4100-01-01
- Descripción del componente : Sensor de Temperatura
- TAG del componente : 4100-ET-4101/1 (Designación Ingeniería)
- Codificación del Componente : SP4100-01-01-01

Para el caso de equipos con más de un componente se debe establecer un número correlativo incremental, por ejemplo:

- Equipo de Proceso : SP4100-01-01
- Componente 1 : SP4100-01-01-01
- Componente 2 : SP4100-01-01-02
- Componente 3 : SP4100-01-01-03

USO DE LA SISTEMATIZACIÓN

La sistematización es la base fundamental del proceso de *transferencia y entrega del proyecto*. Durante este proceso se van transfiriendo las instalaciones, equipos y componentes entre las diferentes organizaciones participantes durante las etapas del proyecto hasta llegar al *handover* al cliente. Esta transferencia además de las obligaciones contractuales tiene asociado el control, cuidado y custodia de las instalaciones. Todo este proceso iterativo de transferencias hasta llegar al cliente en la etapa de puesta en marcha, se realiza a nivel de sistemas.

La sistematización *determina y gobierna* el proceso de transferencia y entrega del proyecto que involucra las etapas de termino de construcción, precomisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha. Por este motivo es que la sistematización del proyecto se vuelve *estratégica*.

CONCLUSIONES

1. La sistematización no es más que una *agrupación* estructurada de sistemas con un objetivo único. Este objetivo consiste en poder desarrollar el proyecto minero en una forma coherente a través de las diferentes fases del ciclo de vida de la mina (estudio, implementación, operación y cierre).
2. La incidencia de una buena sistematización impacta directamente en la puesta en marcha del proyecto. Esta etapa es la confirmación del diseño. O sea, es la comprobación de las tecnologías del proceso productivo para el cual fue concebido el diseño. Esto implica la comprobación de múltiples variables desde la perspectiva física, química, metalúrgica, operacional, productiva, confiabilidad y mantenibilidad.
3. Para poder llegar a la etapa de puesta en marcha del proyecto se debe realizar un *proceso de transferencia* de equipos y componentes durante las etapas de término de construcción, precomisionamiento y comisionamiento. Para poder realizar el proceso de transferencia, es que se requiere la sistematización ya que esta se desarrolla en diferentes niveles de su estructura. Por este motivo es que la sistematización es *única y propia* de cada proyecto. La sistematización es una actividad de carácter *estratégico* para el proyecto y debe ser abordada como tal.
4. La experiencia de muchos proyectos indica que esta actividad ha sido realizada por personal sin el conocimiento adecuado y si bien es cierto que han realizado una sistematización, esta carece de coherencia y sentido lógico, práctico y mucho menos estratégico. Muchos de los problemas de diversa índole (alcance, plazo, calidad y costo), que tienen los proyectos durante su etapa de puesta en marcha se deben a una mala sistematización, esta actividad es materia de estudio y análisis multidisciplinario por parte de las gerencias de ingeniería, construcción y puesta en marcha del proyecto.
5. La administración moderna de proyectos considera la sistematización como el punto de partida de la gestión integral del proyecto (estándar PMI).

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

1. Richard A. Johnson, Fremont E. Kast, James E. Rosenzweig; Teoría, Integración y Administración de Sistemas, 1980 Ed. Limusa.
2. Bertalanffy Ludwid. Teoría general de los sistemas. Fondo de cultura económica. ISBN 968-16-0627-2.
3. Wiener, Norbert (1998). Cibernética, o el control y comunicación en animales y máquinas. Tusquets. ISBN 84-7223-452-5.
4. L. Susan Stebbing, Introducción Moderna a la Lógica, 1995, Universidad Nacional Autónoma de México.
5. Maturana, Humberto y Varela, Francisco (1984). El árbol del conocimiento. Bases biológicas del entendimiento humano. Edición revisada (1992)
6. J. Costa, S. Cervera, F. Cunnill, S. Esplugas, Curso Ingeniería Química, 2008 Editorial Reverte.
7. Hawking, Stephen W., (1988). Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros. Barcelona: Editorial Crítica.
8. PMI, Fundamentos Para la Dirección de Proyectos, 2005, Pmbok.