

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**CAUSAS, FACTORES Y RESULTANTE DE LA MODIFICACIÓN DEL  
PROCESO DE SOLDADURA EN DUCTOS DE ACERO INOXIDABLE**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
de Técnico Universitario en Construcción Civil

Alumno:

José Bernardo Mendy Opazo

Profesor guía:

Sr. Sergio Monroy Morales

**2023**

## **INDICE DE CONTENIDO**

1.- EXPOSICION GENERAL DEL PROYECTO .....	5
2.- JUSTIFICACION DEL PROYECTO .....	10
3.- OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	11
3.1.- Objetivo General: .....	11
3.2.- Objetivo Especifico: .....	11
Capítulo I (3.2.1): .....	11
Capítulo II (3.2.2): .....	11
Capítulo III (3.2.3):.....	11
4.- METODOLOGÍA PROPUESTA PARA REALIZAR EL PROYECTO .....	12
5.- MARCO TEORICO.....	13
6.- MARCO NORMATIVO.....	15
CAPÍTULO I (3.2.1): .....	19
3.2.1.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL .....	20
3.2.1.2.- DESCRIPCIÓN OPERATIVA PROCESO GTAW: .....	20
3.2.1.3.- REQUERIMIENTOS NORMATIVOS PROCESO GTAW:.....	24
3.2.1.4.- DESCRIPCIÓN OPERATIVA PROCESO SMAW:.....	28
3.2.1.5.- REQUERIMIENTOS NORMATIVOS PROCESO SMAW: .....	32
CAPÍTULO II (3.2.2): .....	36
3.2.2.1.- Causas y Factores: .....	37
CAPÍTULO III (3.2.3):.....	53
3.2.3.1.- Información General del Contrato:.....	54
3.2.3.2.- Resumen Programa Inicial: .....	55
3.2.3.3.- Resumen Programa Impactado:.....	56
3.2.3.4.- Evaluación Económica “HH” .....	57
3.2.3.5.- Evaluación Económica Consumibles: .....	60
7.- CONCLUSIONES ESPECIFICAS .....	64
Capítulo I.....	64
Capítulo II .....	64
Capítulo III .....	64
7.1.- CONCLUSIÓN GENERAL .....	65
7.1.1.- PUNTOS A TENER EN CUENTA Y/O PREGUNTAS POR RESOLVER.....	65
8.- BIBLIOGRAFÍA .....	66

## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

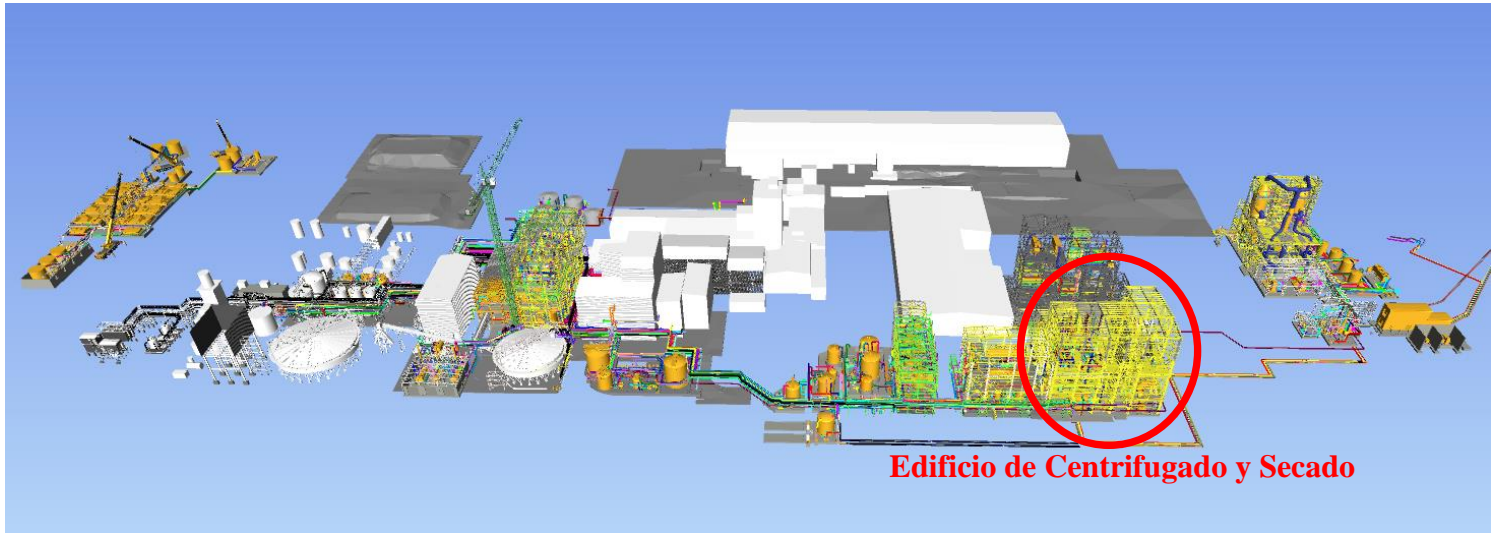
Ilustración 1, Vista 3D de Edificio de Centrifugado y Secado .....	6
Ilustración 2, Vista Área (Google Earth) Planta de Carbonato de Litio .....	6
Ilustración 3, Vista 3D Sistema de Ductos del Conjunto Ciclón- Filtro de Manga .....	7
Ilustración 4, Extracto Diagrama P&ID Sistema de Ductos del Conjunto Ciclón- Filtro de Manga.....	8
Ilustración 5, Detalle Portada Normas Utilizadas.....	16
Ilustración 6, Extracto Tabla QW/QB-422, con Clasificación del Material SA240 Tp316L .....	17
Ilustración 7, Extracto Tabla QW/QB-422, con Clasificación del Material SA312 Tp316L .....	17
Ilustración 8, Detalle Portada Normas Utilizadas.....	18
Ilustración 9, Ilustración Descripción Operativa Proceso Gtaw .....	20
Ilustración 10, Ilustración Fundamentos Proceso Gtaw .....	21
Ilustración 11, Ilustración Equipamiento Básico Proceso Gtaw .....	23
Ilustración 12, 1° Hoja de Procedimiento de Soldadura (WPS) WGT-8/8-2047 .....	25
Ilustración 13, 2° Hoja de Procedimiento de Soldadura (WPS) WGT-8/8-2047 .....	26
Ilustración 14, Soldador Calificando en WPS: WGT-8/8-2047 .....	27
Ilustración 15, Figura QW-461.4 con Detalle Posiciones para Calificación Soldador en Cañería.....	27
Ilustración 16, Ilustración Descripción Operativa Proceso Smaw .....	28
Ilustración 17, Ilustración Fundamentos Proceso Smaw .....	29
Ilustración 18, Ilustración Equipamiento Básico Proceso Smaw .....	31
Ilustración 19, 1° Hoja de Procedimiento de Soldadura (WPS) WSM-8/8-1055 .....	33
Ilustración 20, 2° Hoja de Procedimiento de Soldadura (WPS) WSM-8/8-1055 .....	34
Ilustración 21, Soldador Calificando en WPS: WSM-8/8-1055 .....	35
Ilustración 22, Figura QW-461.3 con Detalle Posiciones para Calificación Soldador en Plancha.....	35
Ilustración 23, Mapeo Plano 1692011409-DUC FM 1_R1 .....	38
Ilustración 24, Mapeo Plano 1692011410-DUC FM 2_R1 .....	39
Ilustración 25, Mapeo Plano 1692011411-DUC FM 3_R1 .....	39
Ilustración 26, Mapeo Plano 1692011412-DUC FM 4_R1 .....	40
Ilustración 27, Detalle Programa Inicial (1° pagina) .....	41
Ilustración 28, Detalle Programa Inicial (2° pagina) .....	42
Ilustración 29, Detalle Programa Inicial (Resumen) .....	42
Ilustración 30, Detalle Evento N°1 .....	44
Ilustración 31, Detalle Evento N°2.....	45
Ilustración 32, Mapeo Plano 1692011409-DUC FM 1_R1 modificado.....	46
Ilustración 33, Fotos Modificación Plano 1692011409-DUC FM 1_R1 .....	46

Ilustración 34, Detalle Uniones Adicionales 1692011410-DUC FM 2_R1 .....	47
Ilustración 35, Mapeo Plano 1692011410-DUC FM 2_R1 modificado.....	48
Ilustración 36, Fotos Modificación Plano 1692011410-DUC FM 2_R1 .....	48
Ilustración 37, Detalle Evento N°3 y N°4 .....	49
Ilustración 38, Detalle Evento N°5.....	50
Ilustración 39, Detalle Programa Impactado (1° pagina) .....	51
Ilustración 40, Detalle Programa Impactado (2° pagina) .....	52
Ilustración 41, Detalle Programa Impactado (Resumen).....	52
Ilustración 42, Información General del Proyecto (Valores).....	54
Ilustración 43, Información General del Proyecto (HH) .....	54
Ilustración 44, Resumen Programa Inicial.....	55
Ilustración 45, Resumen Programa Inicial (Vista Ampliada).....	55
Ilustración 46, Resumen Programa Impactado .....	56
Ilustración 47, Resumen Programa Impactado (Vista Ampliada) .....	56
Ilustración 48, Detalle Costo Inicial .....	57
Ilustración 49, Grafica Costo Inicial.....	57
Ilustración 50, Detalle Costo Impactado .....	58
Ilustración 51, Grafica Costo Impactado .....	58
Ilustración 52, Detalle Costo Final .....	59
Ilustración 53, Grafica Costo Final.....	59
Ilustración 54, Valorización Proceso Gtaw .....	60
Ilustración 55, Valorización Gas .....	61
Ilustración 56, Valorización Proceso Smaw .....	62
Ilustración 57, Detalle y Grafica Comparativa Costo Inicial v/s Costo Final.....	63

## **1.- EXPOSICION GENERAL DEL PROYECTO**

El estudio de este Proyecto de Título será basado en la “Soldadura del Sistema de Ductos del Conjunto Ciclón- Filtro de Manga” de la Planta Salar del Carmen, propiedad de Sociedad Química y Minera de Chile S.A. (en adelante SQM), II Región.

Específicamente para los trabajos desarrollados en el “Contrato Construcción y Montaje Electromecánico Edificio de Centrifugado y Secado”, el cual tiene como finalidad la ampliación de la Planta de Carbonato de Litio, propiedad de SQM tal como se ilustra en las imágenes N°1 y N°2.



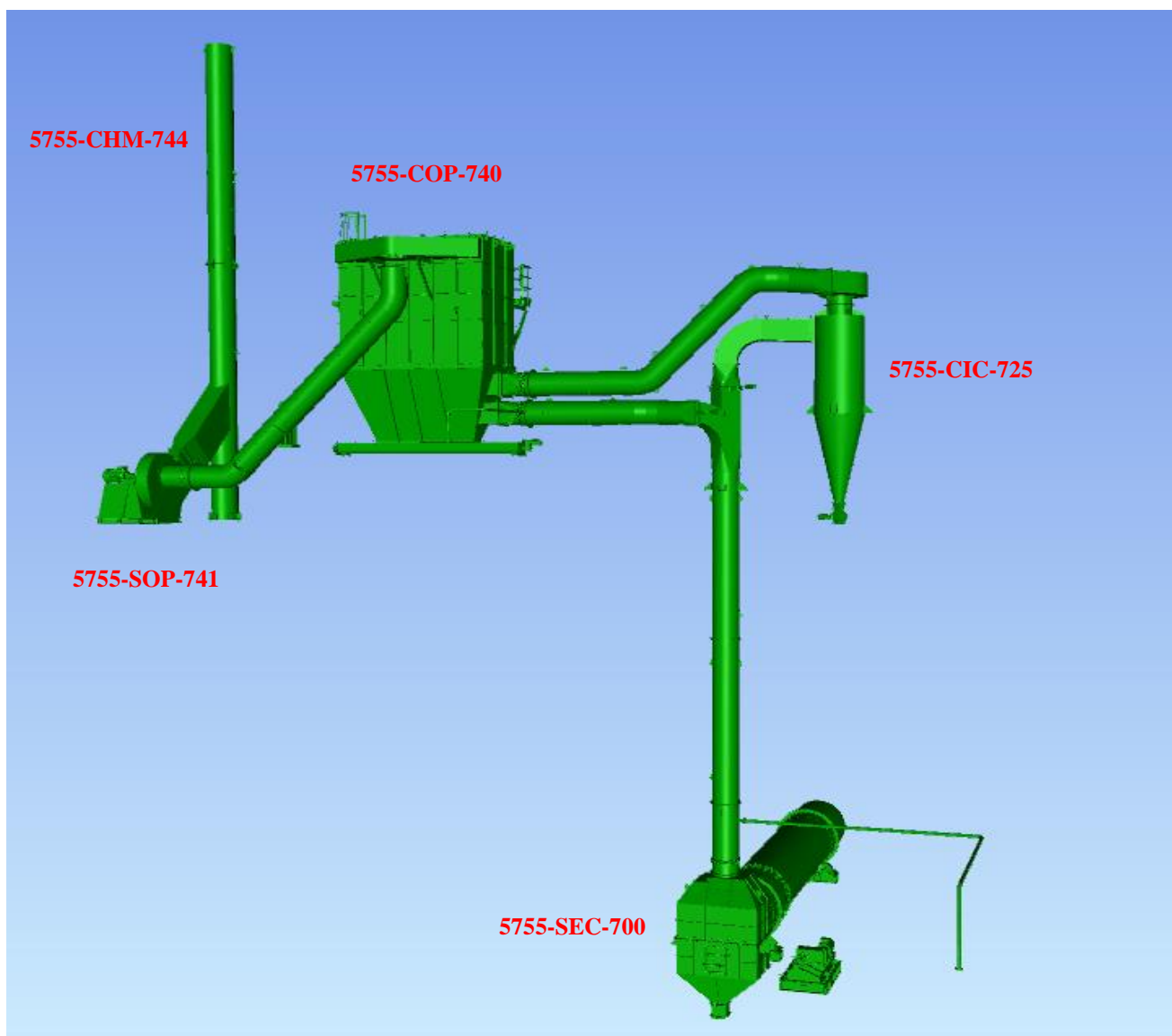
*Ilustración 1, Vista 3D de Edificio de Centrifugado y Secado*



*Ilustración 2, Vista Área (Google Earth) Planta de Carbonato de Litio*

Este “Sistema de Ductos del Conjunto Ciclón- Filtro de Manga” cumple la finalidad de evacuar los gases remanentes del Secador N°4 (5755-SEC-700), hasta el Filtro de Mangas o Colector de Polvo (5755-COP-740), previo paso por el Ciclón de Gases (5755-CIC-725), para ser extraídos posteriormente por el Extractor (5755-SOP-741) y derivados finalmente a la Chimenea (5755-CHM-744) donde son expulsados a la atmosfera.

Sistema de Ductos que se ilustra en la imagen N°3 y N°4 como Diagrama de Procesos (P&ID).



*Ilustración 3, Vista 3D Sistema de Ductos del Conjunto Ciclón- Filtro de Manga*

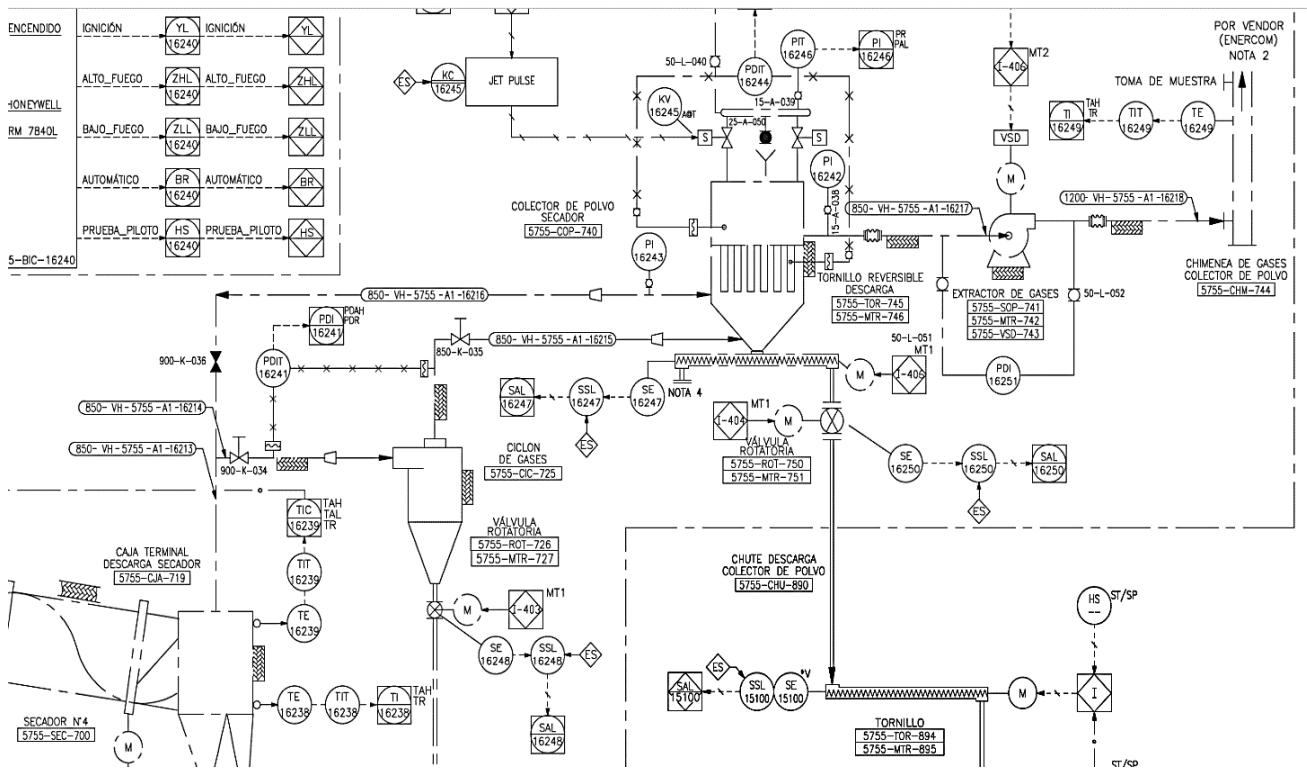


Ilustración 4, Extracto Diagrama P&ID Sistema de Ductos del Conjunto Ciclón- Filtro de Manga

La elección de un proceso de soldadura adecuado significa en muchos casos el éxito o el fracaso de un proyecto, donde su elección si bien puede estar basada en diseños y estándares nacionales e internacionales, también dependerá de otros factores, tales como: mano de obra especializada, conocimiento de la normativa utilizada y controles tanto previos, como durante el proceso y en algunos casos, posteriores.

Durante este trabajo, se analizarán los diversos factores y causas propias del montaje que afectaron en cierta medida los plazos y los costos en la elección inicial de un Procedimiento de Soldadura para el Sistema de Ductos del Conjunto Ciclón- Filtro de Manga.

Durante la ejecución del Proyecto se detectó que, en ciertos tramos, se dificultaba realizar la unión de los Ductos con soldadura tipo Tig (Gtaw), que fue el proceso seleccionado inicialmente; el que necesita para su correcto desarrollo, una cámara de respaldo con gas inerte al interior de las uniones a tope (Butt Weld; BW).

Esta cámara de respaldo cumple la función de desplazar el oxígeno y evitar la oxidación pesada y es requerida generalmente en el proceso Gtaw para la soldadura de materiales con alto contenido de Cromo y Níquel; como lo es en este caso el material 316L (16% de Cr y 12% de Ni).

Producto de lo anterior es que el tipo de soldadura (Tig) en algunas uniones tuvo que ser cambiado por una soldadura que no requiere cámara de gas inerte, como es la soldadura con el proceso Manual (Smaw).

Esta modificación de proceso de soldadura trajo como consecuencia, atrasos en el término del montaje y costos no considerados.

## **2.- JUSTIFICACION DEL PROYECTO**

El presente Proyecto de Título basado en la ejecución de la Soldadura del Sistema de Ductos del Conjunto Ciclón- Filtro de Manga, cumple la siguiente finalidad:

- Revisar las variables que afectaron el cambio o modificación de un proceso de soldadura escogido inicialmente (Gtaw), por otro proceso de soldadura alternativo y/o en simultaneo como es el Manual (Smaw).
- Determinar las implicancias y sus resultados, tanto cualitativas como cuantitativas.
- Entregar una herramienta útil para poder conocer ambas metodologías de soldadura, sus ventajas, desventajas y los posibles resultados a obtener al utilizar uno u otro proceso.

### **3.- OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### 3.1.- Objetivo General:

Analizar los factores que inciden en la elección de un proceso de soldadura para su correcta ejecución de acuerdo con la normativa; en base al Proyecto Sistema de Ductos del Conjunto Ciclón- Filtro de Manga del Contrato Construcción y Montaje Electromecánico Edificio de Centrifugado y Secado.

#### 3.2.- Objetivo Especifico:

##### Capítulo I (3.2.1):

Describir los requerimientos necesarios para una correcta ejecución del proceso de soldadura de Ductos en aspectos operativos y normativos.

##### Capítulo II (3.2.2):

Señalar las causas y factores que llevaron al cambio del proceso de soldadura del Proyecto Sistema de Ductos del Conjunto Ciclón- Filtro de Manga.

##### Capítulo III (3.2.3):

Evaluar económicamente el cambio del proceso de soldadura del Proyecto Sistema de Ductos del Conjunto Ciclón- Filtro de Manga.

#### **4.- METODOLOGÍA PROPUESTA PARA REALIZAR EL PROYECTO**

Revisión bibliográfica de normativa.

Antecedentes del Proyecto Sistema de Ductos del Conjunto Ciclón- Filtro de Manga,  
especificaciones técnicas, planos

Análisis de datos

Conclusiones

## **5.- MARCO TEORICO**

### **5.1.- Welding Procedure Specifications (WPS):**

WPS es la abreviatura de Welding Procedure Specification, que traducido al español significa “Especificación del Procedimiento de Soldadura”, que es básicamente el documento escrito donde nos indica de forma completa de cómo realizar una exitosa unión soldada (variables como material base, material de aporte, posición, diseño de junta, temperaturas de pre y post calentamiento, progresión, técnica, etc), este WPS puede ser precalificado o calificado por ensayos, esto va a depender de la forma de realizar el WPS y el tipo de Código o Norma a utilizar.

### **5.2.- Procedure Qualification Record (PQR):**

PQR es la abreviatura de Procedure Qualification Record, que traducido al español significa “Registro de Calificación del Procedimiento”, para indicar que significa este documento, primero vamos a indicar que solo se utiliza cuando se realizan WPS que son calificados por ensayos, entonces iniciamos con lo que significa, como su nombre lo dice es un registro de calificación, es la etapa previa antes de desarrollar el procedimiento final WPS, aquí es donde proponemos las diferentes variables que se utilizan en la soldadura (material base, material de aporte, posición, diseño de junta, temperaturas de pre y post calentamiento, progresión, técnica, etc), todas estas propuestas salen del conocimiento y experiencia de o las personas que están elaborando el PQR, una vez que se tiene una exitosa soldadura visual es que se extraen probetas para que sean ensayadas en un laboratorio, el tipo y cantidad de ensayos lo define el código o norma que están utilizando, después de obtener un resultado satisfactorio de estos ensayos, es que se procede a plasmar en un documento escrito estas variables utilizadas que inicialmente eran propuestas, ahora ya se vuelven las variables de soldadura calificadas que dicho de otro manera es el Registro de Calificación del Procedimiento PQR las cuales han generado una unión de soldadura exitosa. Entonces es que con este PQR se puede proseguir a elaborar uno o varios WPSs según nuestro requerimiento.

### **5.3.- Welder Performance Qualifications (WPQ o WPQR):**

WPQR es la abreviatura de Welder Performance Qualification Record, que traducido al español significa “Registro de Calificación del Rendimiento del Soldador”, en términos simples es el documento escrito que demuestra que un soldador es calificado (conocido comúnmente como Homologado), este documento se obtiene después de que el soldador ha pasado satisfactoriamente una prueba práctica de habilidad para desarrollar un determinado WPS.

### **5.4.- Proceso Gtaw:**

La soldadura por arco de tungsteno a gas (GTAW) también se conoce como soldadura TIG, que significa gas inerte de tungsteno. Principalmente el proceso GTAW calienta objetos utilizando un electrodo de tungsteno que suministra corriente al arco de soldadura. Este arco de soldadura funde el metal y crea una piscina de líquido. La varilla de relleno se puede agregar si es necesario para mejorar la resistencia de la soldadura.

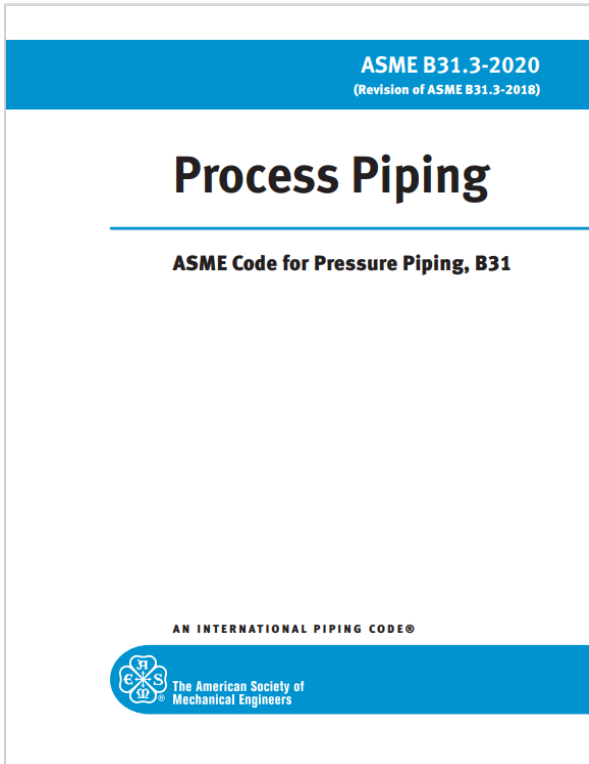
### **5.5.- Proceso Smaw:**

La soldadura por arco de metal blindado (SMAW) es una técnica de soldadura que se puede utilizar en todos los materiales ferrosos en todas las posiciones de soldadura. Un electrodo recubierto de flujo (que es una varilla de metal en un soporte de electrodo) se conecta a una fuente de alimentación y toca el metal base para producir la soldadura. El fundente protege el arco eléctrico para evitar la contaminación.

## **6.- MARCO NORMATIVO**

**6.1.-** De acuerdo con los antecedentes especificados por el mandante, la o las soldaduras a ejecutar de los Ductos, serán controladas bajo la Normativa Asme B31.3 Ed.2020 (Process Piping); Norma americana que describe, tanto Alcance, Diseño, Materiales, Estándares para sus Componentes, Fabricación, Armado y Montaje, Inspección, Examinación y Ensayos, etc.

**6.2.-** Dicha Norma, además, especifica dentro de su Capitulo V (Fabrication, Assembly, and Erection) en su punto 328.2 (Welding and Brazing Qualification), que tanto los procedimientos de soldadura (WPS o en español Especificación del Procedimiento de Soldadura), como la calificación de los soldadores u operadores de soldadura (WPQ o en español Calificación del Desempeño del Soldador), deberán estar de acuerdo con los requerimientos de la Norma ASME BPVC, Section IX (Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing Operators; en este caso utilizaremos la Ed.2019).



### 328.2 Welding and Brazing Qualification

Welding and brazing procedure specifications (WPSs and BPSs) to be followed in production welding shall be prepared and qualified, and welders, brazers, and operators shall be qualified as required by ASME BPVC, Section IX except as modified by [para. 333](#) for brazing of Category D Fluid Service piping and by the following subparagraphs.

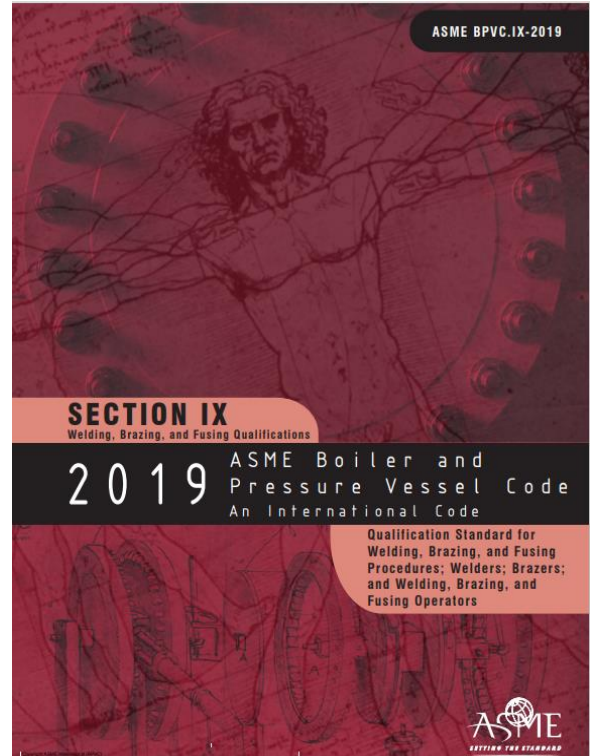


Ilustración 5, Detalle Portada Normas Utilizadas

**6.3.-** También se debe considerar para el estudio, que el tipo de material base de estos Ductos especificado en sus planos de diseño, será un AISI Tp316L; material que se encuentra agrupado y/o clasificado dentro de ASME BPVC, Section IX como un material PN° 8, GN° 1 (tabla QW/QB-422).

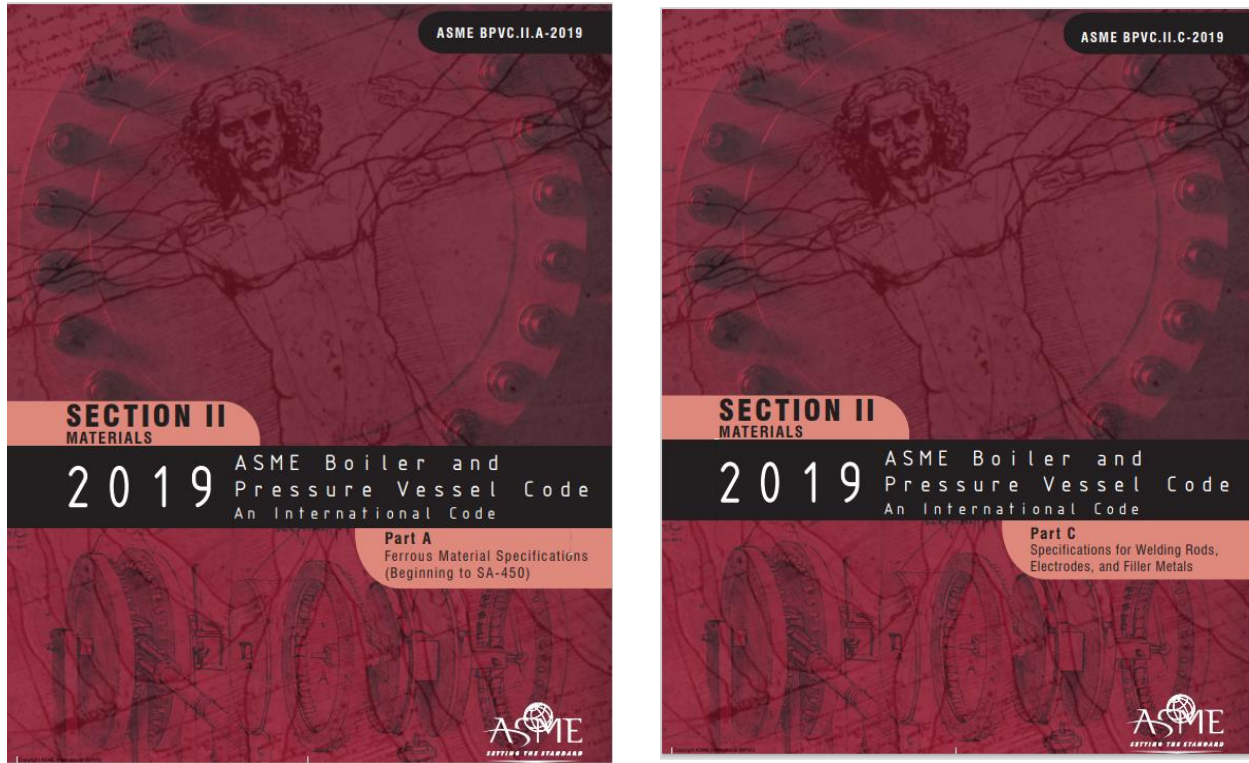
Table QW/QB-422 Ferrous and Nonferrous P-Numbers Grouping of Base Metals for Qualification (Cont'd)										
Spec. No.	Designation, Type, or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding		Brazing			Nominal Composition	Typical Product Form
				P-No.	Group No.	P-No.	AWS B.2.2 BM	ISO 15608 Group		
Ferrous (Cont'd)										
A/SA-240	...	S31266	109 (750)	45	...	102	420	8.2	24Cr-22Ni-6Mo-3Mn-Cu-W-N	Plate, sheet & strip
A/SA-240	S31277	S31277	112 (770)	45	...	111	420	8.2	27Ni-22Cr-7Mo-Mn-Cu	Plate, sheet & strip
A/SA-240	316	S31600	75 (515)	8	1	102	130	8.1	16Cr-12Ni-2Mo	Plate, sheet & strip
A/SA-240	316L	S31603	70 (485)	8	1	102	130	8.1	16Cr-12Ni-2Mo	Plate, sheet & strip
A/SA-240	316H	S31609	75 (515)	8	1	102	130	8.1	16Cr-12Ni-2Mo	Plate, sheet & strip
A/SA-240	316Ti	S31635	75 (515)	8	1	102	130	8.1	16Cr-12Ni-2Mo-Ti	Plate, sheet & strip
A/SA-240	316Cb	S31640	75 (515)	8	1	102	130	8.1	16Cr-12Ni-2Mo-Cb	Plate, sheet & strip
A/SA-240	316N	S31651	80 (550)	8	1	102	130	8.1	16Cr-12Ni-2Mo-N	Plate, sheet & strip
A/SA-240	316LN	S31653	75 (515)	8	1	102	130	8.1	16Cr-12Ni-2Mo-N	Plate, sheet & strip

Ilustración 6, Extracto Tabla QW/QB-422, con Clasificación del Material SA240 Tp316L

Table QW/QB-422 Ferrous and Nonferrous P-Numbers Grouping of Base Metals for Qualification (Cont'd)										
Spec. No.	Designation, Type, or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding		Brazing			Nominal Composition	Typical Product Form
				P-No.	Group No.	P-No.	AWS B.2.2 BM	ISO 15608 Group		
Ferrous (Cont'd)										
A/SA-312	TP304LN	S30453	75 (515)	8	1	102	130	8.1	18Cr-8Ni-N	Smls. & welded pipe
A/SA-312	S30600	S30600	78 (540)	8	1	102	130	8.1	18Cr-15Ni-4Si	Smls. & welded pipe
A/SA-312	S30815	S30815	87 (600)	8	2	102	130	8.2	21Cr-11Ni-N	Smls. & welded pipe
A/SA-312	TP309S	S30908	75 (515)	8	2	102	130	8.2	23Cr-12Ni	Smls. & welded pipe
A/SA-312	TP309H	S30909	75 (515)	8	2	102	130	8.2	23Cr-12Ni	Smls. & welded pipe
A/SA-312	TP309Cb	S30940	75 (515)	8	2	102	130	8.2	23Cr-12Ni-Cb	Smls. & welded pipe
A/SA-312	TP309HCb	S30941	75 (515)	8	2	102	130	8.2	23Cr-12Ni-Cb	Smls. & welded pipe
A/SA-312	TP310S	S31008	75 (515)	8	2	102	130	8.2	25Cr-20Ni	Smls. & welded pipe
A/SA-312	TP310H	S31009	75 (515)	8	2	102	130	8.2	25Cr-20Ni	Smls. & welded pipe
A/SA-312	TP310Cb	S31040	75 (515)	8	2	102	130	8.2	25Cr-20Ni-Cb	Smls. & welded pipe
A/SA-312	TP310HCb	S31041	75 (515)	8	2	102	130	8.2	25Cr-20Ni-Cb	Smls. & welded pipe
A/SA-312	TP310MoLN	S31050	78 (540)	8	2	102	130	8.2	25Cr-22Ni-2Mo-N	Smls. & welded pipe, $t > \frac{1}{4}$ in. (6 mm)
A/SA-312	TP310MoLN	S31050	84 (580)	8	2	102	130	8.2	25Cr-22Ni-2Mo-N	Smls. & welded pipe, $t \leq \frac{1}{4}$ in. (6 mm)
A/SA-312	S31254	S31254	95 (655)	8	4	102	130	8.2	20Cr-18Ni-6Mo	Smls. & welded pipe, $t > \frac{3}{16}$ in. (5 mm)
A/SA-312	S31254	S31254	98 (675)	8	4	102	130	8.2	20Cr-18Ni-6Mo	Smls. & welded pipe, $t \leq \frac{3}{16}$ in. (5 mm)
A/SA-312	TP316	S31600	75 (515)	8	1	102	130	8.1	16Cr-12Ni-2Mo	Smls. & welded pipe
A/SA-312	TP316L	S31603	70 (485)	8	1	102	130	8.1	16Cr-12Ni-2Mo	Smls. & welded pipe
A/SA-312	TP316H	S31609	75 (515)	8	1	102	130	8.1	16Cr-12Ni-2Mo	Smls. & welded pipe
A/SA-312	TP316Ti	S31635	75 (515)	8	1	102	130	8.1	16Cr-12Ni-2Mo-Ti	Smls. & welded pipe
A/SA-312	TP316N	S31651	80 (550)	8	1	102	130	8.1	16Cr-12Ni-2Mo-N	Smls. & welded pipe

Ilustración 7, Extracto Tabla QW/QB-422, con Clasificación del Material SA312 Tp316L

**6.4.- Asme BPVC (Boiler and Pressure Vessel Code), Section II, Part A y C; Ferrous Material Specifications (Beginning to SA-450) y Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals**



*Ilustración 8, Detalle Portada Normas Utilizadas*

**CAPÍTULO I (3.2.1):**

**DESCRIBIR LOS REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA UNA  
CORRECTA EJECUCIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA DE DUCTOS  
EN ASPECTOS OPERATIVOS Y NORMATIVOS.**

### **3.2.1.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL**

Tal cual se describe en este Capítulo, debemos como primer paso familiarizarnos con los requerimientos específicos de cada proceso y de alguna manera relacionarlos con los requerimientos normativos; lo anterior no dará el input de manejar los conceptos básicos necesarios para utilizar uno u otro proceso

### **3.2.1.2- DESCRIPCIÓN OPERATIVA PROCESO GTAW:**



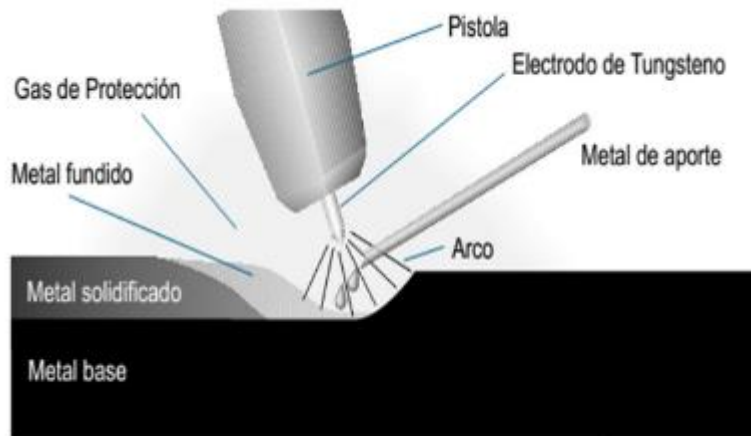
*Ilustración 9, Ilustración Descripción Operativa Proceso Gtaw*

El calor necesario para la fusión se obtiene del arco formado entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza de trabajo.

#### **3.2.1.2.1.- Fundamentos**

La zona afectada por el calor, el metal líquido y el electrodo de tungsteno están protegidos por una atmósfera de gas inerte.

El arco alcanza temperaturas de 35.000 °F (19.425 °C). El electrodo de tungsteno solo sirve para formarlo y si se requiere metal de aporte tiene que adicionarse externamente.



*Ilustración 10, Ilustración Fundamentos Proceso Gtaw*

### **3.2.1.2.2.- Ventajas**

Puede usarse para soldar la mayoría de los metales y aleaciones comerciales.

Aceros al carbono, baja aleación e inoxidable.

Níquel, monel e Inconel.

Cobre, latón y bronce.

Titanio.

Aluminio.

Magnesio.

Arco concentrado:

Control puntual del calor aplicado, efectivo para soldar metales de alta conductividad térmica.

Zona afectada por el calor (HAZ) más angosta.

Sin fundentes o escoria:

Excelente visibilidad del arco.

No requiere de limpieza.

Sin riesgo de escoria atrapada entre pasos.

Limpieza: Al no existir transferencia de metal en el arco, no se produce chisporroteo o salpicadura; el proceso por sí mismo no produce humos o vapores.

### **3.2.1.2.3.- Limitaciones y/o Desventajas**

Baja tasa de depósito del metal de aporte.

El soldador requiere de una excelente coordinación visual y manual.

Debido a la ausencia de humos el arco es más brillante.

Por lo anterior, se tiene cantidad de rayos ultravioleta que incrementan la formación de ozono y óxido nitroso.

### 3.2.1.2.4.- Equipamiento Básico

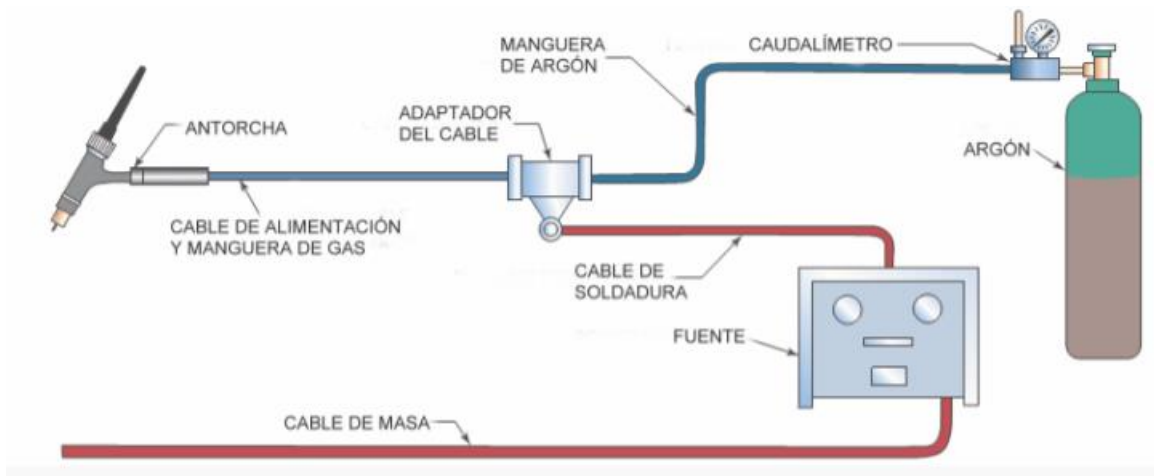


Ilustración 11, Ilustración Equipamiento Básico Proceso GMAW

### **3.2.1.3.- REQUERIMIENTOS NORMATIVOS PROCESO GTAW:**

Inicialmente el Proyecto consideró utilizar un proceso Gtaw, lo cual además de requerir el procedimiento de soldadura (WPS) calificado debidamente (PQR), que el o los soldadores involucrados, deban ser calificados específicamente en este WPS (WPQ o WPQR).

Las probetas finalmente seleccionadas, serán de las siguientes características, incluyendo la posición 6G que reúne todas las posiciones normadas y donde el soldador, queda apto para soldar en cualquier posición posteriormente:

Material Base: SA312 Tp316L (Cañería)

Material de Aporte: ER-316L

Gas Protección: Argón

Gas Respaldo: Argón

Diámetro: 6"

Espesor: Sch Std (7,11 mm)

Posición a realizar la performance: 6G

En este caso, el WPS escogido será el WGT-8\_8-2047


	<b>ESPECIFICACIÓN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)</b>		800704-SOL-R03	
			REV: 1	Fecha: 24-02-2011
Welding Procedure Specification (WPS)			Página: 1	de 2
Norma de Calificación: ASME IX: <input checked="" type="checkbox"/> AWS D1.1: <input type="checkbox"/>	WPS N°: WGT-8/8-2047	Soportando PQR N°: Supporting PQR No. (s) PGT-8/8-2024	Fecha: Date: 25-02-2011	
Proceso(s) de Soldadura: <i>Welding Processes</i> GTAW	Tipo de Proceso: <input checked="" type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Automática <input type="checkbox"/> Semi-Automática <i>Type: Manual Automatic Semi-automatic</i>			
<b>UNIONES (QW-402)</b> <i>Joints</i> Diseño de Unión: De acuerdo a Planos /According to Drawings <i>Joint Design</i> Respaldo: <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No <i>Backing: Yes No</i> Material de Respaldo: N.A. <i>Backing material and Type:</i> <input type="checkbox"/> Metálico <input type="checkbox"/> No Metálico <i>Metals Nonmetallic</i> <input type="checkbox"/> Metálico no Fundible <input type="checkbox"/> Otro <i>Welding Metal Other</i>  <i>Esquemas, dibujos de producción, símbolos o descripciones escritas deberían mostrar el arreglo general de las partes a ser soldadas. Donde sea aplicable, en espacio de raíz y los detalles del cordón de soldadura deben ser especificado. (A la opción del fabricante, los esquemas deben ser adjuntados al diseño "ilustrado" de la unión. Copias de soldadura y secuencia del cordón, ej., procedimientos de tenacidad para múltiples procesos, etc.)</i>  <i>Sketches, Production Drawings, Weld Symbols or Written Descriptions should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing and details of weld groove may be specified. (At the option of the fabricator, sketches may be attached to illustrate joint design, weld layout and bead sequence, e.g., for notch toughness procedures, for multiple process procedures, etc.)</i>	<b>ESQUEMA / Detail:</b>  <u>DE ACUERDO A PLANOS</u> <u>ACCORDING TO DRAWINGS</u>			
<b>METALES BASE (QW-403)</b> <i>Base Metals</i> Número - P (P-No.): <u>8</u> Grupo N° (Group No.): <u>1</u> con (w/): Número - P (P-No.): <u>8</u> Grupo N° (Group No.): <u>1</u> Ó (opt) Especificación y Tipo de Grado: <u>SA 312 Tp 316L o Equivalente</u> con (w/): Especificación y Tipo de Grado: <u>SA 312 Tp 316L o Equivalente</u> <i>Specification Type and grade</i> Ó (opt) Comp. Química y Prop. Mecánicas: <u>16 Cr - 12 Ni - 2 Mo</u> con (w/): Comp. Química y Prop. Mecánicas: <u>16 Cr - 12 Ni - 2 Mo</u> <i>Chemical Analysis and Mechanical Properties</i>  Rango Espesores: _____ <i>Thickness Range</i> Metal Base: Tope <u>1.6 a 12 mm</u> Filete <u>Todos</u> <i>Base Metal: Groove Fillet</i> Otro: <u>Todos (Cañería)</u> <i>Other: Todos (Piping)</i>				
<b>METAL DE APORTE (QW-404)</b> <i>Filler Metals</i>		<b>RANGOS DE CALIFICACIÓN</b> <i>(Qualification Range)</i>		
N° Especificación (SFA): <i>Spec. No. (SFA)</i>	5.9			
AWS N° (Clase) <i>AWS No. (Class)</i>	ER-316L			
No. F: <i>F.No.</i>	6			
No. A: <i>A.No.</i>	8			
Tamaño/Diam. del Aporte: <i>Size - Diameter of filler metal</i>	2.0 - 2.4 mm			
Material Fundido - Rango de Espesores <i>Weld metal - thickness range</i>				
Tope: <i>Groove</i>	12 mm			
Filete: <i>Fillet</i>	Todos			
Electrodo - Fundente (Clase): <i>Electrode - Flux Class</i>				
Nombre Comercial del Fundente: <i>Flux trade name</i>				
Inserto Consumible: <i>Consumable Insert</i>				
Otros: <i>Other</i>				

Ilustración 12, 1° Hoja de Procedimiento de Soldadura (WPS) WGT-8/8-2047



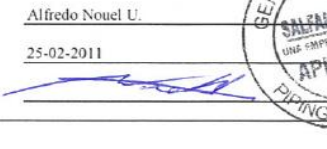
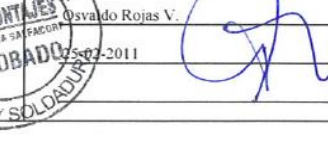
	<b>ESPECIFICACIÓN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)</b> Welding Procedure Specification (WPS)		800704-SOL-R03																																
			REV: 1	Fecha: 24-02-2011																															
			Página: 2	de 2																															
<b>POSICIÓN (QW-405)</b> <i>Position</i> Posición(es): <u>Todas</u> <i>Position (s) of groove:</i> Progresión de la Soldadura: <input checked="" type="checkbox"/> Ascendente <input type="checkbox"/> Descendente <i>Welding Progression:</i> Posición(es) Filete: <u>Todas</u> <i>Position (s) of fillet:</i>		<b>TRATAMIENTO TÉRMICO POST-SOLDADURA (QW-407)</b> <i>Post-Weld Heat Treatment</i> Rango de Temperaturas: <u>N.A.</u> <i>Temperature range:</i> Rango de Tiempo: <u>N.A.</u> <i>Time range:</i> Otros: _____ <i>Other:</i>																																	
<b>PRECALENTAMIENTO (QW-406)</b> <i>Preheat</i> Temp. Precalentamiento Mínima: <u>10°C</u> <i>Preheat Temperature Min.:</i> Temp. Interpases: <u>150°C</u> <i>Interpass Temperature Max.:</i> Mantenimiento de Precalentamiento: _____ <i>Preheat Maintenance:</i> Otros: _____ <i>Other:</i>		<b>Composición-Porcentaje</b> <i>Percent Composition</i> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">GAS (QW-408)</th> <th colspan="3">Composición-Porcentaje</th> </tr> <tr> <th>GAS (ES)</th> <th>MEZCLA</th> <th>FLUJO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Protección:</td> <td>Ar (99.98%)</td> <td></td> <td>8 - 14 Lt/Min</td> </tr> <tr> <td>Arrestre:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Respaldo:</td> <td>Ar (99.98%)</td> <td></td> <td>8 - 20 Lt/Min</td> </tr> </tbody> </table>			GAS (QW-408)	Composición-Porcentaje			GAS (ES)	MEZCLA	FLUJO	Protección:	Ar (99.98%)		8 - 14 Lt/Min	Arrestre:				Respaldo:	Ar (99.98%)		8 - 20 Lt/Min												
GAS (QW-408)	Composición-Porcentaje																																		
	GAS (ES)	MEZCLA	FLUJO																																
Protección:	Ar (99.98%)		8 - 14 Lt/Min																																
Arrestre:																																			
Respaldo:	Ar (99.98%)		8 - 20 Lt/Min																																
<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409)</b> <i>Electrical Characteristics</i> Corriente: <input type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> DC Tipo de Polaridad: <input type="checkbox"/> Electrodo Positivo <input checked="" type="checkbox"/> Electrodo Negativo <i>Current:</i> <i>Polar. Type:</i> <i>Positive Electrode</i> <i>Negative Electrode</i> Rango Amperaje: <u>70 - 110</u> Rango de Voltaje: <u>10 - 16</u> <i>Amp. Range:</i> <i>Volt Range:</i> <i>(Rangos de amperaje y voltaje serán registrados para cada tamaño de electrodo, posición y espesores. Esta información será tabulada de manera similar a como se muestra mas abajo)</i> <i>(amp and volt range for each electrode size, position and thickness must be registered as table showed below)</i> Electrodo de Tungsteno - Tipo y Diámetro: <u>EW TH2, Diameter 2.4 mm</u> <i>Tungsten electrode size and Type:</i> <i>(tungsteno puro, con 2% de torio, etc.)</i> Modo de transferencia del metal para GMAW: <u>N.A.</u> <i>Mode of metal transfer for GMAW:</i> <i>(arco pulverizado - spray, arco corto-circuado, globular, etc.)</i> Rango de Velocidad de Alim. del electrodo: <u>N.A.</u> <i>Electrode wire feed speed range:</i>																																			
<b>TÉCNICA (QW-410)</b> <i>Technique</i> Cordón Oscilado o Recto: <u>Oscilado, Recto</u> <i>String or weaver bead:</i> Diám. Tobera Gas: <u>N.A.</u> <i>Orifice or gas cup size:</i> Limpieza Inicial e Interpase (escobillado, esmerilado, etc.): <u>Escobillado, Esmerilado</u> <i>Initial and interpass cleaning:</i> Saneamiento de Raíz: <u>Escobillado, Esmerilado</u> <i>Method of back gouging:</i> Oscilación: <u>N.A.</u> <i>Oscillation:</i> Distancia de Boq. de contacto a Pieza: <u>N.A.</u> <i>Contact robe to work distance:</i> Paso Simple o Multiple (por lado): <u>Multiple</u> <i>Multiple or Single pass (per side):</i> Número de Electrodo(s): <u>Unico</u> <i>Multiple or Single Electrodes:</i> Velocidad de Avance: <u>4 - 6 Cm/Min</u> <i>Travel Speed:</i> Martillado: _____ <i>Pooring:</i> Otros: _____ <i>Other:</i>																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nº de Pasadas <i>Weld Layers or Passes</i></th> <th rowspan="2">Proceso <i>Process</i></th> <th colspan="2">Metal de Aporte <i>Filler Metal</i></th> <th colspan="2">Corriente <i>Current</i></th> <th rowspan="2">Rango de Voltaje <i>Volt Range</i></th> <th rowspan="2">Velocidad de Avance <i>Travel Speed Range</i></th> <th rowspan="2">Observaciones <i>Other</i></th> </tr> <tr> <th>Clase <i>Class</i></th> <th>Diámetro <i>Diameter</i></th> <th>Polaridad <i>Type Polarity</i></th> <th>Rango Amp. <i>Amp. Range</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>GTAW</td> <td>ER-316L</td> <td>2.4 mm</td> <td>DC (-)</td> <td>70 - 110</td> <td>10 - 16</td> <td>4 - 6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 a n</td> <td>GTAW</td> <td>ER-316L</td> <td>2.4 mm</td> <td>DC (-)</td> <td>70 - 110</td> <td>10 - 16</td> <td>4 - 6</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Nº de Pasadas <i>Weld Layers or Passes</i>	Proceso <i>Process</i>	Metal de Aporte <i>Filler Metal</i>		Corriente <i>Current</i>		Rango de Voltaje <i>Volt Range</i>	Velocidad de Avance <i>Travel Speed Range</i>	Observaciones <i>Other</i>	Clase <i>Class</i>	Diámetro <i>Diameter</i>	Polaridad <i>Type Polarity</i>	Rango Amp. <i>Amp. Range</i>	1	GTAW	ER-316L	2.4 mm	DC (-)	70 - 110	10 - 16	4 - 6		2 a n	GTAW	ER-316L	2.4 mm	DC (-)	70 - 110	10 - 16	4 - 6	
Nº de Pasadas <i>Weld Layers or Passes</i>	Proceso <i>Process</i>	Metal de Aporte <i>Filler Metal</i>		Corriente <i>Current</i>			Rango de Voltaje <i>Volt Range</i>	Velocidad de Avance <i>Travel Speed Range</i>	Observaciones <i>Other</i>																										
		Clase <i>Class</i>	Diámetro <i>Diameter</i>	Polaridad <i>Type Polarity</i>	Rango Amp. <i>Amp. Range</i>																														
1	GTAW	ER-316L	2.4 mm	DC (-)	70 - 110	10 - 16	4 - 6																												
2 a n	GTAW	ER-316L	2.4 mm	DC (-)	70 - 110	10 - 16	4 - 6																												
Nota: Nueva edición WPS N° WPS-8816 de fecha 09-03-2000 (R.Benitez)																																			
Preparado por: Inspector de Soldadura <i>Prepared by: Welding Inspector</i> Nombre: Osvaldo Spomayor E. Fecha: 25-02-2011 Firma: 		Revisado por: Jefe Departamento Técnico <i>Reviewed by: Technical Department Chief</i> Nombre: Alfredo Nouel U. Fecha: 25-02-2011 Firma: 		Aprobado por: Gerente QA/QC <i>Approved by: QA/QC Manager</i> Nombre: Osvaldo Rojas V. Fecha: 25-02-2011 Firma: 																															

Ilustración 13, 2° Hoja de Procedimiento de Soldadura (WPS) WGT-8/8-2047



Ilustración 14, Soldador Calificando en WPS: WGT-8/8-2047

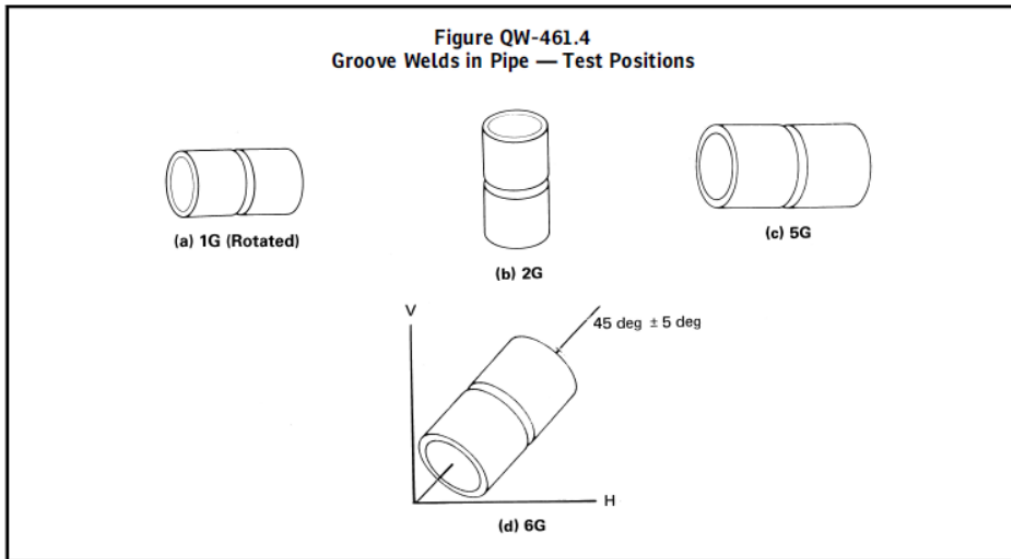


Ilustración 15, Figura QW-461.4 con Detalle Posiciones para Calificación Soldador en Cañería

### 3.2.1.4.- DESCRIPCIÓN OPERATIVA PROCESO SMAW:



*Ilustración 16, Ilustración Descripción Operativa Proceso Smaw*

El calor necesario para la lograr la fusión de los componentes se obtiene de un arco eléctrico formado entre un electrodo recubierto, en forma de varilla, y la pieza de trabajo.

#### **3.2.1.4.1.- Fundamentos**

Al formarse el arco eléctrico se genera un intenso calor, que produce:

La fusión del núcleo metálico del electrodo y que formará parte del depósito.

La descomposición del recubrimiento que formará una atmósfera rica en CO<sub>2</sub>, y la escoria necesaria para la protección del metal líquido.

Durante la solidificación, la capa de escoria ocupará la parte superior del cordón y protegerá al metal del depósito durante el enfriamiento



*Ilustración 17, Ilustración Fundamentos Proceso Smaw*

El recubrimiento del electrodo tiene las siguientes funciones:

Proporcionar un gas para crear una atmósfera inerte y evitar que el metal líquido que está siendo transferido al depósito se contamine.

Adicionar elementos refinadores, desoxidantes y fundentes, para la limpieza del depósito y prevenir un excesivo crecimiento de grano.

Establecer las características eléctricas del electrodo.

Producir un escudo de escoria para la protección del depósito durante el enfriamiento y determinar las propiedades mecánicas, la geometría y limpieza del cordón.

Es un medio de adición de elementos de aleación, con objeto de modificar alguna propiedad específica del depósito

#### **3.2.1.4.2.- Ventajas**

El equipo es relativamente simple, portátil y económico.

La protección del metal de aporte y del charco de soldadura está incluida en el electrodo revestido.

No requiere del suministro externo de un gas de protección o fundente granular

Es menos sensible a las corrientes de aire que los procesos que requieren de protección con gas.

Puede ser utilizado en áreas de acceso limitado.

Para la mayoría de las aleaciones comerciales existe disponibilidad de electrodos.

#### **3.2.1.4.3.- Limitaciones y/o Desventajas**

El operador requiere de una mayor habilidad que en los procesos de alambre.

La aplicación es más lenta que los procesos de alambre.

Se requiere de mayor tiempo de limpieza para los cordones.

El electrodo revestido tiene la eficiencia más baja

### 3.2.1.4.4.- Equipamiento Básico

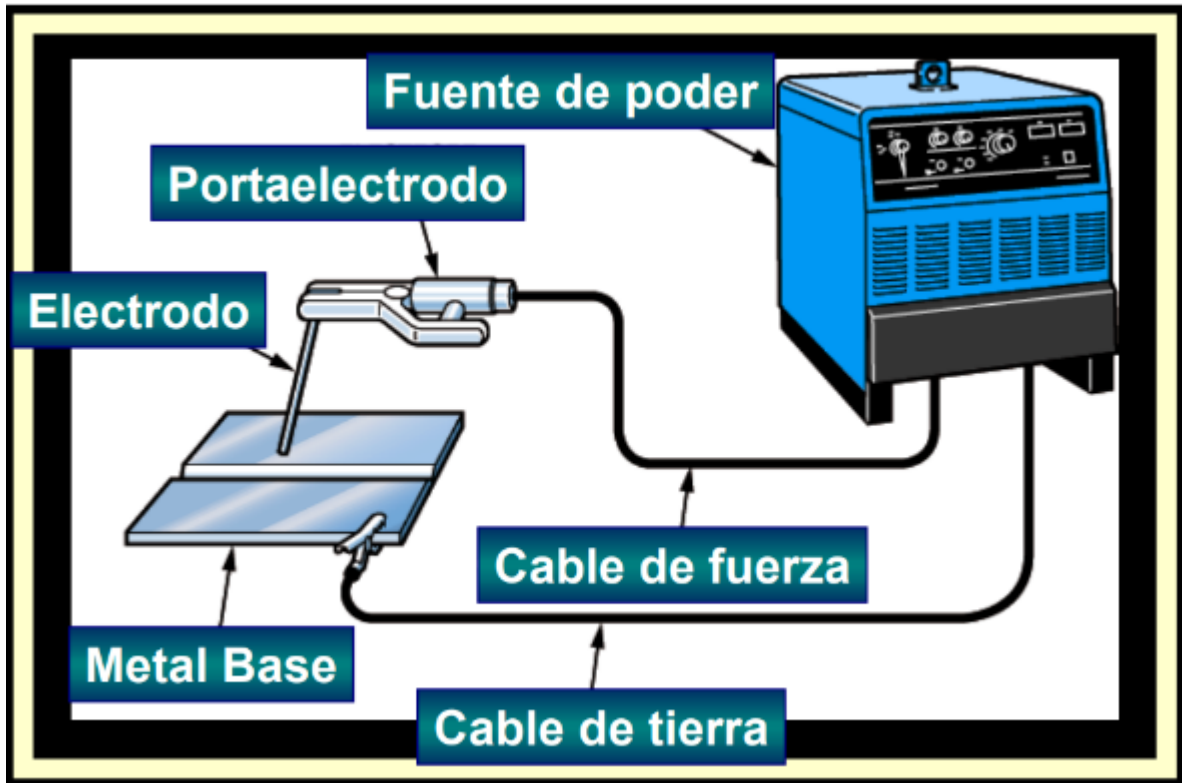


Ilustración 18, Ilustración Equipamiento Básico Proceso Smaw

### **3.2.1.5.- REQUERIMIENTOS NORMATIVOS PROCESO SMAW:**

Tal cual se indicaba en los párrafos anteriores, el proceso Gtaw seleccionado inicialmente, derivó posteriormente por los problemas detectados in situ, en la elección y selección de un segundo proceso; en este caso el proceso Smaw.

De acuerdo con lo anterior, este segundo proceso nos obliga a buscar un segundo WPS; el cual corresponde al WSM-8\_8-1055

Para este caso, la o las probetas a realizar serán de las siguientes características:

Material Base: SA240 Tp316L (Plancha)

Material de Aporte: E-316L-16

Diámetro: N/A

Gas Protección: N/A

Gas Respaldo: N/A

Espesor: 8 mm

Posición a realizar la performance: 2G – 3G – 4G


	<b>ESPECIFICACIÓN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)</b>		800704-SOL-R03	
			REV: 1	Fecha: 24-02-2011
Welding Procedure Specification (WPS)			Página: 1	de 2
Norma de Calificación: ASME IX: <input checked="" type="checkbox"/> AWS D1.1: <input type="checkbox"/>	WPS N°: WSM-8/8-1055	Soportando PQR N°: Supporting PQR No(s): PSM-8/8-1041	Fecha: Date: 25-02-2011	
Proceso(s) de Soldadura: <i>Welding Process(es)</i> SMAW		Tipo de Proceso: <i>Type:</i> <input checked="" type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Automática <input type="checkbox"/> Semi-Automática <small>Manual Automatic Semi-Automatic</small>		
<b>UNIONES (QW-402)</b> <i>Joints</i> Diseño de Unión: De acuerdo a Planos /According to Drawings <i>Joint Design</i> Respaldo: <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <i>Backing Yes No</i> Material de Respaldo: ER-316L-16 <i>Backing material and type</i> <input checked="" type="checkbox"/> Metálico <input type="checkbox"/> No Metálico <small>Metals Nonmetallic</small> <input type="checkbox"/> Metálico no Fundible <input type="checkbox"/> Otro <small>Nonfusing Metal Other</small>  <i>Esquemas, dibujos de producción, símbolos o descripciones escritas deberían mostrar el arreglo general de las partes a ser soldadas. Donde sea aplicable, en espacio de raíz y los detalles del cordón de soldadura deben ser especificado. (A la opción del fabricante, los esquemas deben ser adjuntados al diseño "ilustrado" de la unión. Capas de soldadura y secuencia del cordón, ej., procedimientos de tenacidad para múltiples procesos, etc.)</i>  <small>Sketches, Production Drawings, Weld Symbols or Written Descriptions should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing and details of weld groove may be specified. (At the option of the Mfg., sketches may be attached to illustrate joint design, weld layers and bead sequence, e.g., for notch toughness procedures, for multiple process procedures, etc.)</small>		<b>ESQUEMA / Detail:</b>  DE ACUERDO A PLANOS ACCORDING TO DRAWINGS		
<b>METALES BASE (QW-403)</b> <i>Base Metals</i> Número - P (P.No.): 8 Grupo N° (Group No.): 1 con (w/): Número - P (P.No.): 8 Grupo N° (Group No.): 1 Ó (or) Especificación y Tipo de Grado: SA 240 Tp 316L o Equivalente con (w/): Especificación y Tipo de Grado: SA 240 Tp 316L o Equivalente <small>Specification Type and grade</small> Ó (or) Comp. Química y Prop. Mecánicas: 16 Cr - 12 Ni - 2 Mo con (w/): Comp. Química y Prop. Mecánicas: 16 Cr - 12 Ni - 2 Mo <small>Chemical Analysis and Mechanical Properties</small> Rango Espesores: <small>Thickness Range</small> Metal Base: Tope 1,5 a 11,0 mm Filete Todos <small>Base Metal Groove Fillet</small> Otros: Sobre 610 mm <small>Other</small>				
<b>METAL DE APORTE (QW-404)</b> <i>Filler Metal</i>		<b>RANGOS DE CALIFICACIÓN</b> <i>(Qualification Range)</i>		
N° Especificación (SFA): <small>Spec. No. (SFA)</small>		5.4		
AWS N° (Clase) <small>AWS No. (Class)</small>		E-316L-16		
No. F: <small>F.No.</small>		5		
No. A: <small>A.No.</small>		8		
Tamaño/Diam. del Aporte: <small>Size Diameter of filler metal</small>		3/32" (2.3) - 1/8" (3.2)		
Material Fundido - Rango de Espesores <small>Weld metal - thickness range</small>				
Tope: <small>Groove</small>		11.0 mm		
Filete: <small>Fillet</small>		Todos		
Electrodo - Fundente (Clase): <small>Electrode flux class</small>				
Nombre Comercial del Fundente: <small>Flux trade name</small>				
Inserto Consumible: <small>Consumable insert</small>				
Otros: <small>Other</small>				

Ilustración 19, 1° Hoja de Procedimiento de Soldadura (WPS) WSM-8/8-1055






	<b>ESPECIFICACIÓN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)</b>		800704-SOL-R03																																
	REV: 1	Fecha: 24-02-2011	Página: 2	de 2																															
<b>Welding Procedure Specification (WPS)</b>																																			
<b>POSICIÓN (QW-405)</b> <i>Position</i> Posición(es): <u>Todos</u> <i>Position (s) of groove:</i> Progresión de la Soldadura: <input checked="" type="checkbox"/> Ascendente <input type="checkbox"/> Descendente <i>Welding Progression:</i> Posición(es) Filete: <u>Todos</u> <i>Position (s) of fillet:</i>		<b>TRATAMIENTO TÉRMICO POST-SOLDADURA (QW-407)</b> <i>Postweld Heat Treatment</i> Rango de Temperaturas: <u>N.A.</u> <i>Temperature range:</i> Rango de Tiempo: <u>N.A.</u> <i>Time range:</i> Otros: _____ <i>Other:</i>																																	
<b>PRECALENTAMIENTO (QW-406)</b> <i>Preheat</i> Temp. Precalentamiento Mínima: <u>10°C</u> <i>Preheat Temperature Min.:</i> Temp. Interpases: <u>150°C</u> <i>Interpass Temperature Min.:</i> Mantenimiento de Precalentamiento: <u>N.A.</u> <i>Preheat Maintenance:</i> Otros: _____ <i>Other:</i>		<b>GAS (QW-408)</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">GAS (ES) <i>GAS (ESI)</i></th> <th colspan="2">Composición-Porcentaje <i>Percent Composition</i></th> </tr> <tr> <th>MEZCLA <i>Mixture</i></th> <th>FLUJO <i>Flow Rate</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Protección: <i>Shielding</i></td> <td><u>N.A.</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Arrestre: <i>Trailing</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Respaldo: <i>Backing</i></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			GAS (ES) <i>GAS (ESI)</i>	Composición-Porcentaje <i>Percent Composition</i>		MEZCLA <i>Mixture</i>	FLUJO <i>Flow Rate</i>	Protección: <i>Shielding</i>	<u>N.A.</u>		Arrestre: <i>Trailing</i>			Respaldo: <i>Backing</i>																			
GAS (ES) <i>GAS (ESI)</i>	Composición-Porcentaje <i>Percent Composition</i>																																		
	MEZCLA <i>Mixture</i>	FLUJO <i>Flow Rate</i>																																	
Protección: <i>Shielding</i>	<u>N.A.</u>																																		
Arrestre: <i>Trailing</i>																																			
Respaldo: <i>Backing</i>																																			
<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409)</b> <i>Electrical Characteristics</i> Corriente: <input type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> DC Tipo de Polaridad: <input checked="" type="checkbox"/> Electrodo Positivo <input type="checkbox"/> Electrodo Negativo <i>Current:</i> <i>Polar. Type</i> <i>Positive Electrode</i> <i>Negative Electrode</i> Rango Amperaje: <u>60 - 120</u> Rango de Voltaje: <u>20 - 24</u> <i>Amper Range:</i> <i>Volt Range:</i> <i>(Rangos de amperaje y voltaje serán registrados para cada tamaño de electrodo, posición y espesores. Esta información será tabulada de manera similar a como se muestra mas abajo)</i> <i>(amp and Volt range for each electrode size, position and thickness must be registered as table showed below)</i> Electrodo de Tungsteno - Tipo y Diámetro: <u>N.A.</u> <i>Tungsten electrode size and Type:</i> <i>(tungsteno puro, con 2% de torio, etc.)</i> Modo de transferencia del metal para GMAW: <u>N.A.</u> <i>Mode of metal transfer for GMAW:</i> <i>(arco pulverizado - spray; arco corto-circuado, globular, etc.)</i> Rango de Velocidad de Alim. del electrodo: <u>N.A.</u> <i>Electrode wire feed speed range:</i>																																			
<b>TÉCNICA (QW-410)</b> <i>Technique</i> Cordón Oscilado o Recto: <u>Recto y Oscilado</u> <i>String or weave bead:</i> Diám. Tobera Gas: _____ <i>Orifice or gas cup size</i> Limpieza Inicial e Interpase (escobillado, esmerilado, etc.): <u>Escobillado y Esmerilado</u> <i>Initial and interpass cleaning:</i> Saneamiento de Raíz: <u>Esmerilado</u> <i>Method of back gouging</i> Oscilación: <u>Leve</u> <i>Oscillation:</i> Distancia de Boq. de contacto a Pieza: _____ <i>Contact tube to work distance:</i> Paso Simple o Multiple (por lado): <u>Multiple</u> <i>Multiple or Single pass (per side)</i> Número de Electrodo: <u>Unico</u> <i>Multiple or Single Electrodes</i> Velocidad de Avance: <u>4 - 8 Cm/Min</u> <i>Travel Speed:</i> Martillado: _____ <i>Peening</i> Otros: _____ <i>Other:</i>																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nº de Pasadas <i>Weld Layers or Passes</i></th> <th rowspan="2">Proceso <i>Process</i></th> <th colspan="2">Metal de Aporte <i>Filler Metal</i></th> <th colspan="2">Corriente <i>Current</i></th> <th rowspan="2">Rango de Voltaje <i>Volt Range</i></th> <th rowspan="2">Velocidad de Avance <i>Travel Speed Range</i></th> <th rowspan="2">Observaciones <i>Other</i></th> </tr> <tr> <th>Clase <i>Class</i></th> <th>Diámetro <i>Diameter</i></th> <th>Polaridad <i>Type Polar</i></th> <th>Rango Amp. <i>Amper Range</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>SMAW</td> <td>E-316L-16</td> <td>2.3</td> <td>DC (+)</td> <td>60 - 90</td> <td>20 - 24</td> <td>4 - 6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 a n</td> <td>SMAW</td> <td>E-316L-16</td> <td>3.2</td> <td>DC (+)</td> <td>80 - 120</td> <td>20 - 24</td> <td>4 - 8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Nº de Pasadas <i>Weld Layers or Passes</i>	Proceso <i>Process</i>	Metal de Aporte <i>Filler Metal</i>		Corriente <i>Current</i>		Rango de Voltaje <i>Volt Range</i>	Velocidad de Avance <i>Travel Speed Range</i>	Observaciones <i>Other</i>	Clase <i>Class</i>	Diámetro <i>Diameter</i>	Polaridad <i>Type Polar</i>	Rango Amp. <i>Amper Range</i>	1	SMAW	E-316L-16	2.3	DC (+)	60 - 90	20 - 24	4 - 6		2 a n	SMAW	E-316L-16	3.2	DC (+)	80 - 120	20 - 24	4 - 8	
Nº de Pasadas <i>Weld Layers or Passes</i>	Proceso <i>Process</i>	Metal de Aporte <i>Filler Metal</i>		Corriente <i>Current</i>			Rango de Voltaje <i>Volt Range</i>	Velocidad de Avance <i>Travel Speed Range</i>	Observaciones <i>Other</i>																										
		Clase <i>Class</i>	Diámetro <i>Diameter</i>	Polaridad <i>Type Polar</i>	Rango Amp. <i>Amper Range</i>																														
1	SMAW	E-316L-16	2.3	DC (+)	60 - 90	20 - 24	4 - 6																												
2 a n	SMAW	E-316L-16	3.2	DC (+)	80 - 120	20 - 24	4 - 8																												
Nota: Nueva edición WPS N° SM-8001 de fecha 16-03-00 (E.Romanini)																																			
Preparado por: Inspector de Soldadura <i>Prepared by: Welder Inspector</i>		Revisado por: Jefe Departamento Técnico <i>Reviewed by: Technical Department Chief</i>		Aprobado por: Gerente QA/QC <i>Approved by: QA/QC Manager</i>																															
Nombre: <i>Name:</i>	Osvaldo Sotomayor B.	Alfredo Nouel U.		Osvaldo Rojas V.																															
Fecha: <i>Date:</i>	25-02-2011	25-02-2011		25-02-2011																															
Firma: <i>Signature:</i>																																			

Ilustración 20, 2° Hoja de Procedimiento de Soldadura (WPS) WSM-8/8-1055



Ilustración 21, Soldador Calificando en WPS: WSM-8/8-1055

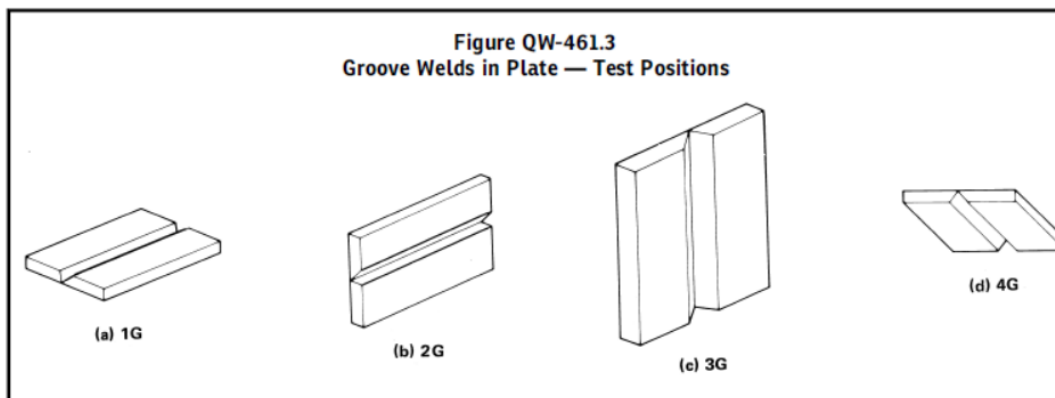


Ilustración 22, Figura QW-461.3 con Detalle Posiciones para Calificación Soldador en Plancha

**CAPÍTULO II (3.2.2):**

**SEÑALAR LAS CAUSAS Y FACTORES QUE LLEVARON AL CAMBIO  
DEL PROCESO DE SOLDADURA DEL PROYECTO SISTEMA DE  
DUCTOS DEL CONJUNTO CICLÓN- FILTRO DE MANGA.**

### **3.2.2.1.- Causas y Factores:**

Antes de profundizar en este Capítulo, se hace necesario señalar las causas que llevaron a materializar este cambio de proceso; Gtaw inicialmente, por Smaw posteriormente o en forma simultánea.

Principalmente podemos citar 3 grandes causas que llevaron a materializar este cambio de proceso:

**3.2.2.1.1.-** Inicialmente, solo se consideró y estudió soldar con este proceso (Gtaw), que requiere gas de respaldo sin considerar que, en determinadas uniones, sería imposible materializar esta metodología de soldadura; la elección radicó principalmente en que este es un proceso de soldadura más limpio cualitativamente hablando, además de tener la experiencia y buenos resultados del contrato anterior desarrollado en la misma Planta en este proceso (Gtaw).

**3.2.2.1.2.-** Los planos revisados consideraban uniones de terreno proyectadas y no consideraban que, durante el armado y montaje, podrían surgir interferencias; por ende, solo se procedió al montaje asumiendo que toda la información era la correcta.

**3.2.2.1.3.-** Más tarde, al momento de realizar la revisión de las partes o piezas in situ de los Ductos previo al armado, soldadura y montaje, se detectó que algunos planos no contenían toda la información y sería necesario aumentar la cantidad de uniones a soldar por terreno; lo anterior, sumado a las interferencias propias del montaje, dio como resultante uniones adicionales o no consideradas, las cuales en su mayoría era imposible el realizar su cámara de respaldo.

### 3.2.2.2.- Información Inicial:

3.2.2.2.1.- El estudio inicial, comprendía el análisis de los siguientes planos para poder proyectar el programa de trabajo y considerar los recursos a utilizar:

1692011409-DUC FM 1\_R1

1692011410-DUC FM 2\_R1

1692011411-DUC FM 3\_R1

1692011412-DUC FM 4\_R1

### 3.2.2.2.2.- Mapeo Inicial de Uniones:

Dichos planos fueron mapeados (se marca en el plano la unión a considerar) para cargar la cantidad de recursos necesarios (Soldadura, Gases, etc.) para su ejecución y la cubicación necesaria para adquirir esos consumibles.

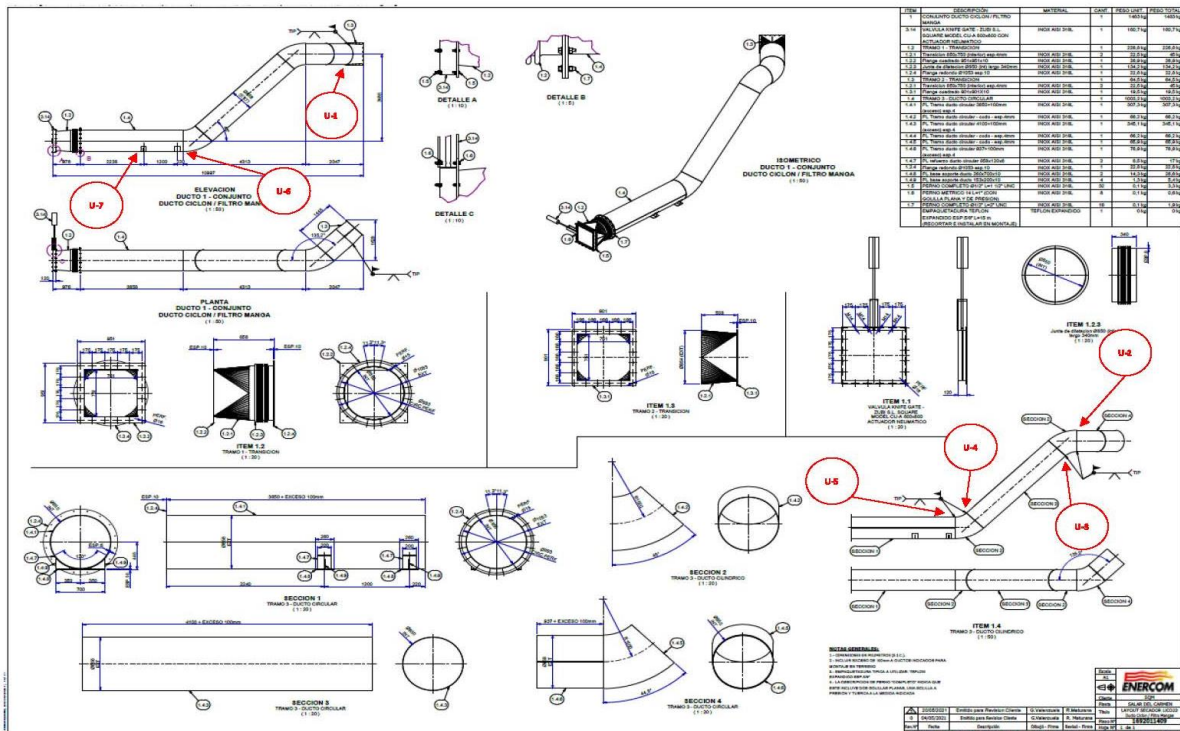


Ilustración 23, Mapeo Plano 1692011409-DUC FM 1\_R1

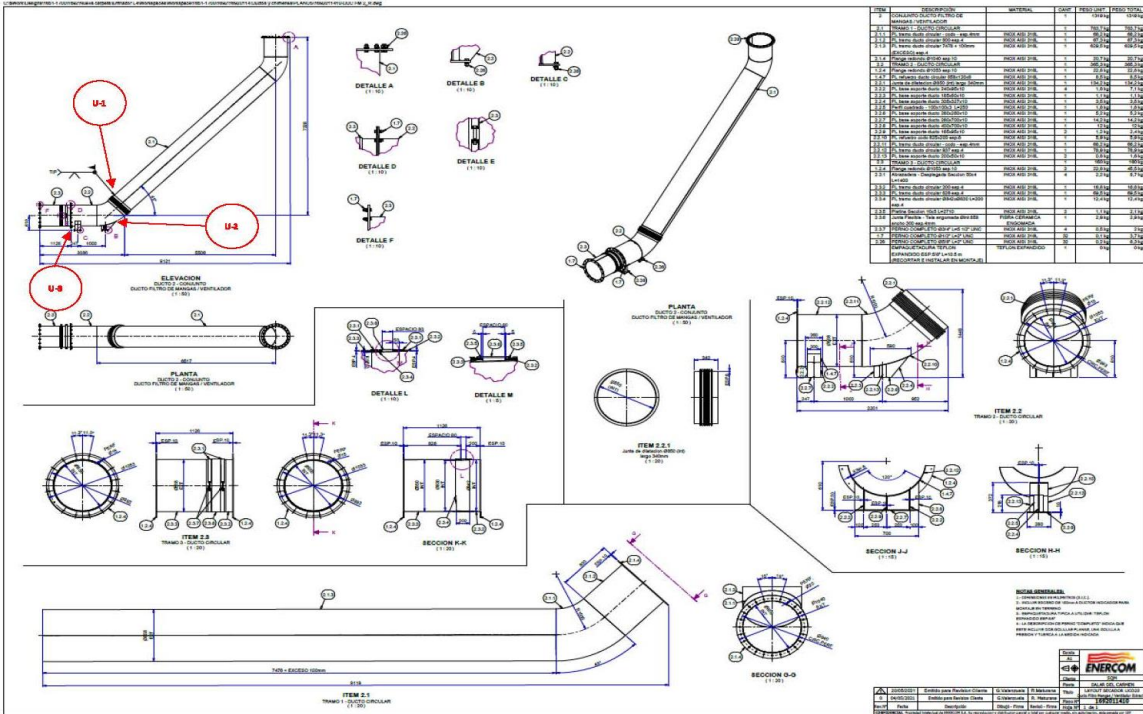


Ilustración 24, Mapeo Plano 1692011410-DUC FM 2\_R1

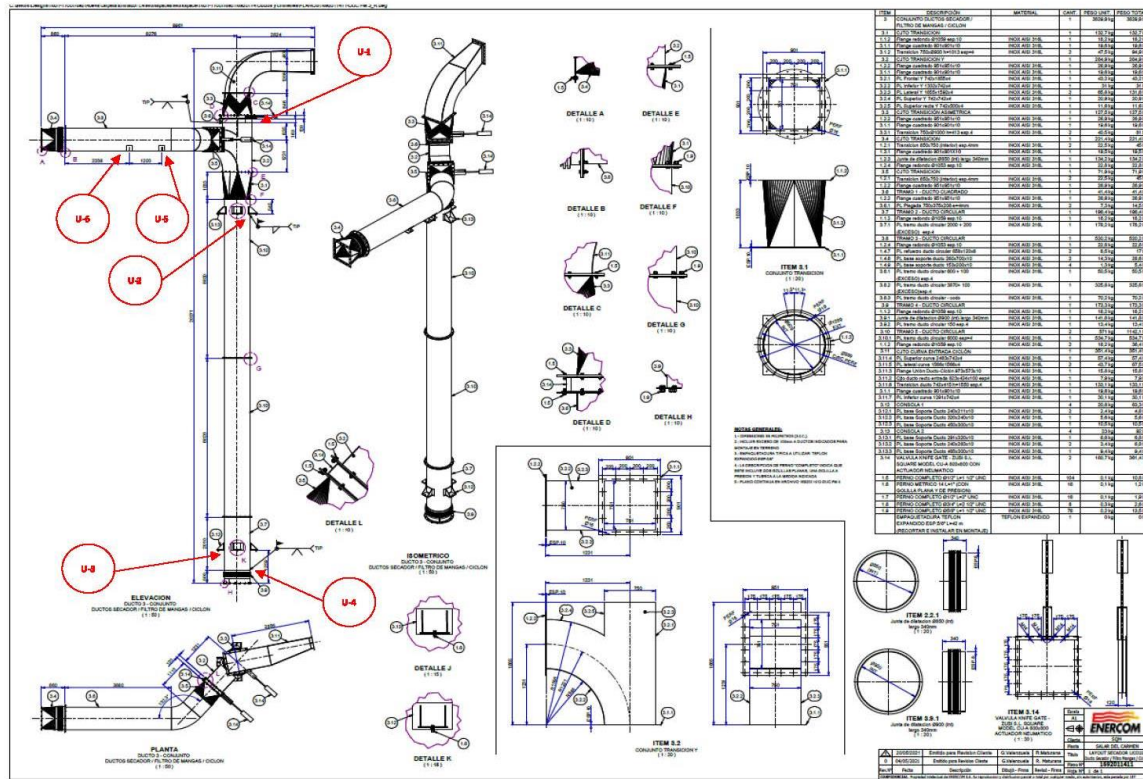


Ilustración 25, Mapeo Plano 1692011411-DUC FM 3\_R1



### 3.2.2.2.3.- Programa Inicial:

Con la información anterior (Mapeo de Uniones) además de cubicar lo necesario para ejecutar el trabajo, se asignan los recursos de mano de obra (HH) para la ejecución del trabajo y poder proyectar el Programa o Carta Gantt respectiva.

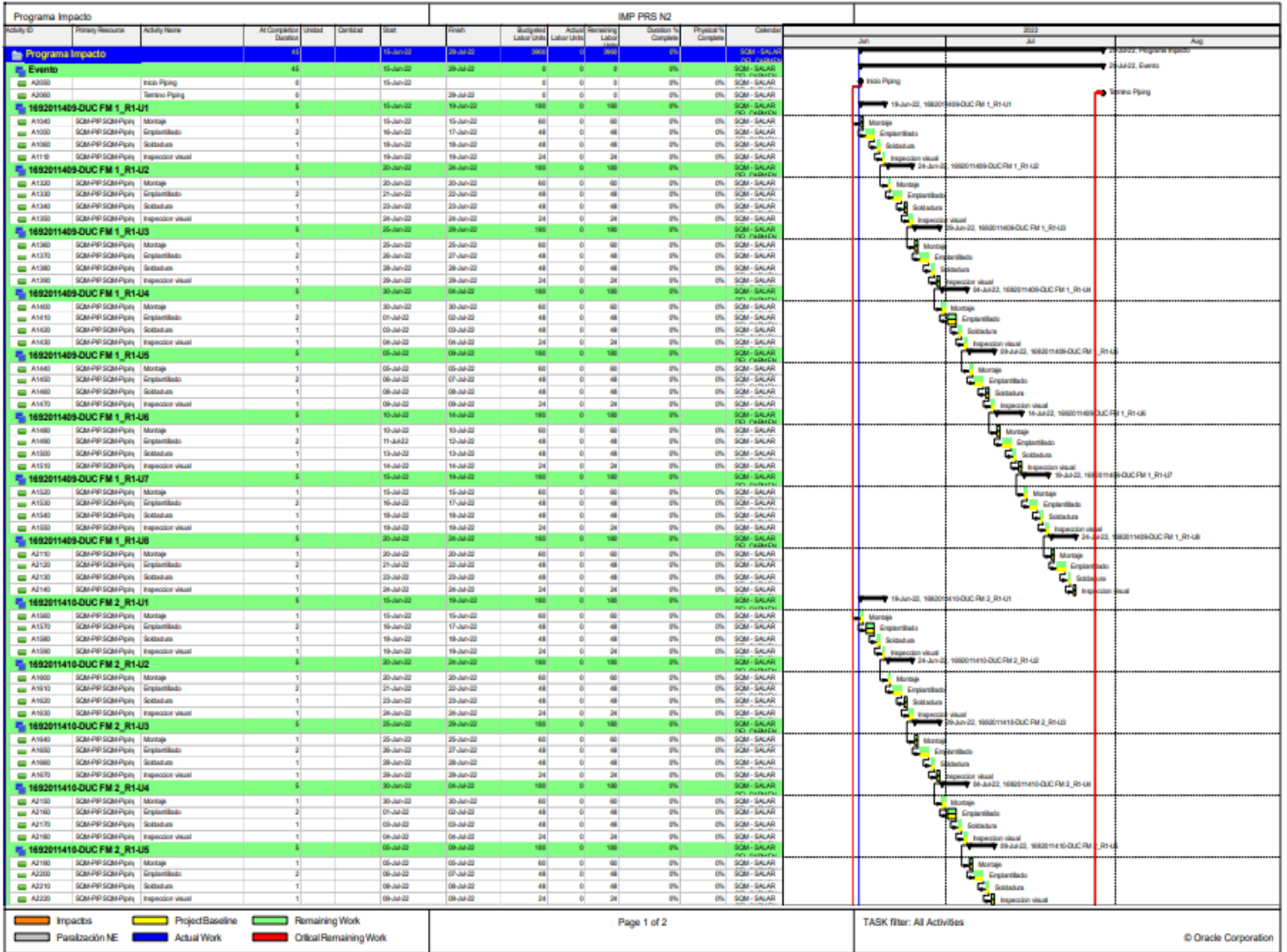


Ilustración 27, Detalle Programa Inicial (1° pagina)

Programa Impacto							IMP PRS N2					2022		
Activity ID	Primary Resource	Activity Name	At Completion Duration	Unidad	Cantidad	Start	Finish	Budgeted Labor Units	Actual Labor Units	Remaining Labor Units	Duration % Complete	Physical % Complete	Calendar	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <span style="color: orange;">■</span> Impactos              <span style="color: yellow;">■</span> Project Baseline              <span style="color: green;">■</span> Remaining Work  <span style="color: grey;">■</span> Paralización NE              <span style="color: blue;">■</span> Actual Work              <span style="color: red;">■</span> Critical Remaining Work         </div> <div>Page 2 of 2</div> <div>TASK filter: All Activities</div> </div>														

Ilustración 28, Detalle Programa Inicial (2° pagina)

Programa Impacto							IMP PRS N2						
Activity ID	Primary Resource	Activity Name	At Completion Duration	Unidad	Cantidad	Start	Finish	Budgeted Labor Units	Actual Labor Units	Remaining Labor Units	Duration % Complete	Physical % Complete	Calendar
<b>Programa Impacto</b>			45			15-Jun-22	29-Jul-22	3960	0	3960	0%		SQM - SALAR DE CARMEN
<b>Evento</b>			45			15-Jun-22	29-Jul-22	0	0	0	0%		SQM - SALAR DE CARMEN
A2050		Inicio Piping	0			15-Jun-22		0	0	0	0%	0%	SQM - SALAR DE CARMEN
A2060		Termino Piping	0				29-Jul-22	0	0	0	0%	0%	SQM - SALAR DE CARMEN

Ilustración 29, Detalle Programa Inicial (Resumen)

#### **3.2.2.2.4.- Desviaciones:**

Tal cual se describe en el punto 3.2.2.1.3.-, al realizar el montaje y previo a este, se detectaron algunas uniones no consideradas, además de las interferencias propias del montaje, que dieron pie a realizar la modificación del proceso de soldadura inicialmente escogido en algunos casos.

Más que nada el cambio radicó en que para algunas de estas uniones adicionales y para las interferencias detectadas al momento del montaje, no se podía acceder al interior de las uniones para realizar la cámara de respaldo.

Lo anterior dio como resultado detener la secuencia de montaje, asignar nuevos recursos (mano de obra) y trabajar en paralelo; a esta situación se le denominó “**Evento**”.

A continuación, se describen las desviaciones generadas, tanto las que dieron pie a uniones adicionales, como a las interferencias propias del montaje:

### 3.2.2.2.4.1.-

Plano 1692011409-DUC FM 1\_R1, U-1

Producto de la secuencia de montaje, se evidencia la imposibilidad de realizar la cámara de respaldo por el no acceso al interior de la unión conformada; tal situación genera un impacto (Evento N°1).

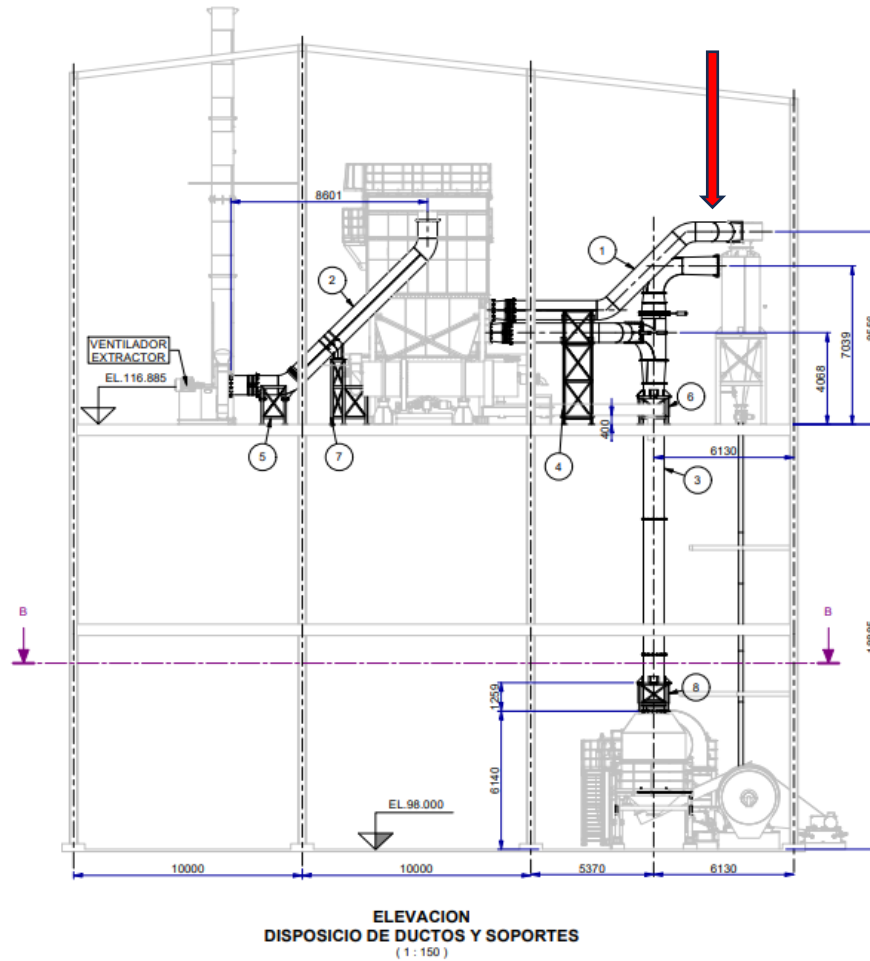
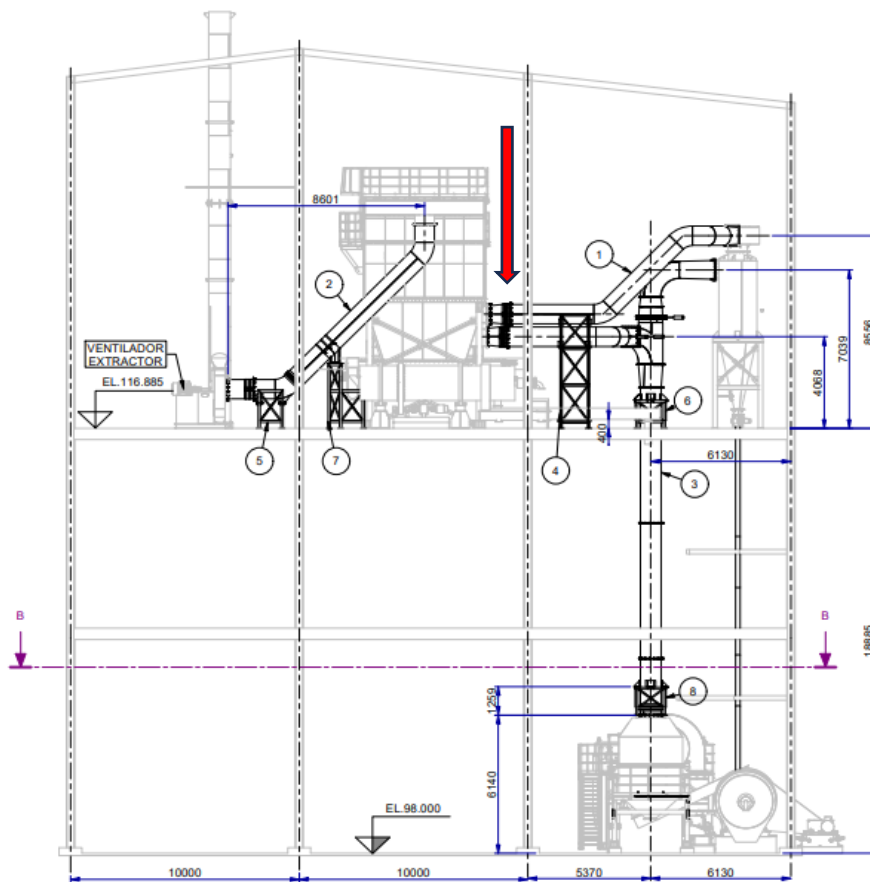


Ilustración 30, Detalle Evento N°1

### 3.2.2.2.4.2.-

Plano 1692011409-DUC FM 1\_R1, U-8

Mapeo original no contemplaba esta unión, la cual fue posteriormente incluida en la nueva revisión, pero al momento de conformar esta sección se detectó este hallazgo; donde si bien se pudo montar y emplantar la pieza, se evidenció la imposibilidad de materializar la cámara de respaldo al igual que el ítem anterior, generando el impacto al programa (**Evento N°2**).



**ELEVACION**  
**DISPOSICION DE DUCTOS Y SOPORTES**  
(1 : 150)

*Ilustración 31, Detalle Evento N°2*

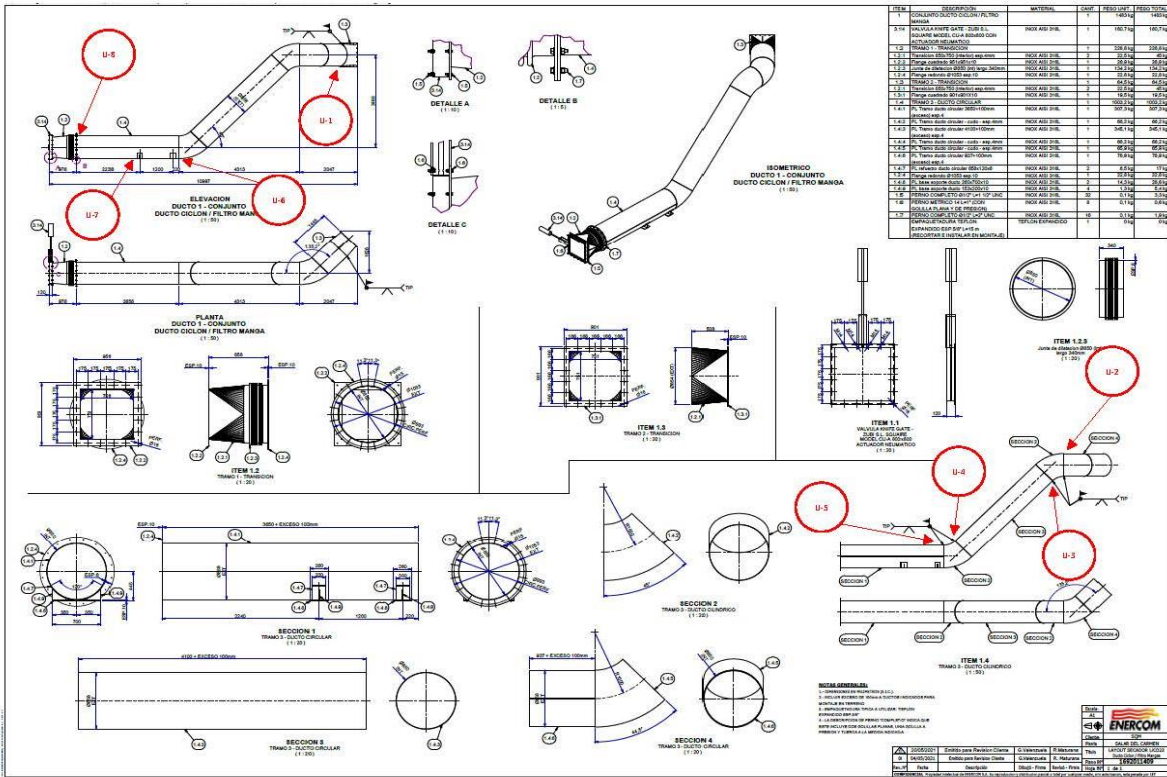


Ilustración 32, Mapeo Plano 1692011409-DUC FM 1\_R1 modificado



Ilustración 33, Fotos Modificación Plano 1692011409-DUC FM 1\_R1

### 3.2.2.2.4.3.-

Plano 1692011410-DUC FM 2\_R1, U-2 y U-4

Mapeo original no contemplaba estas uniones, las cuales fueron incluidas en el nuevo Mapeo; estas uniones adicionales, no generan impacto, ya que cámara de respaldo se pudo ejecutar por tener acceso al interior de estas uniones.

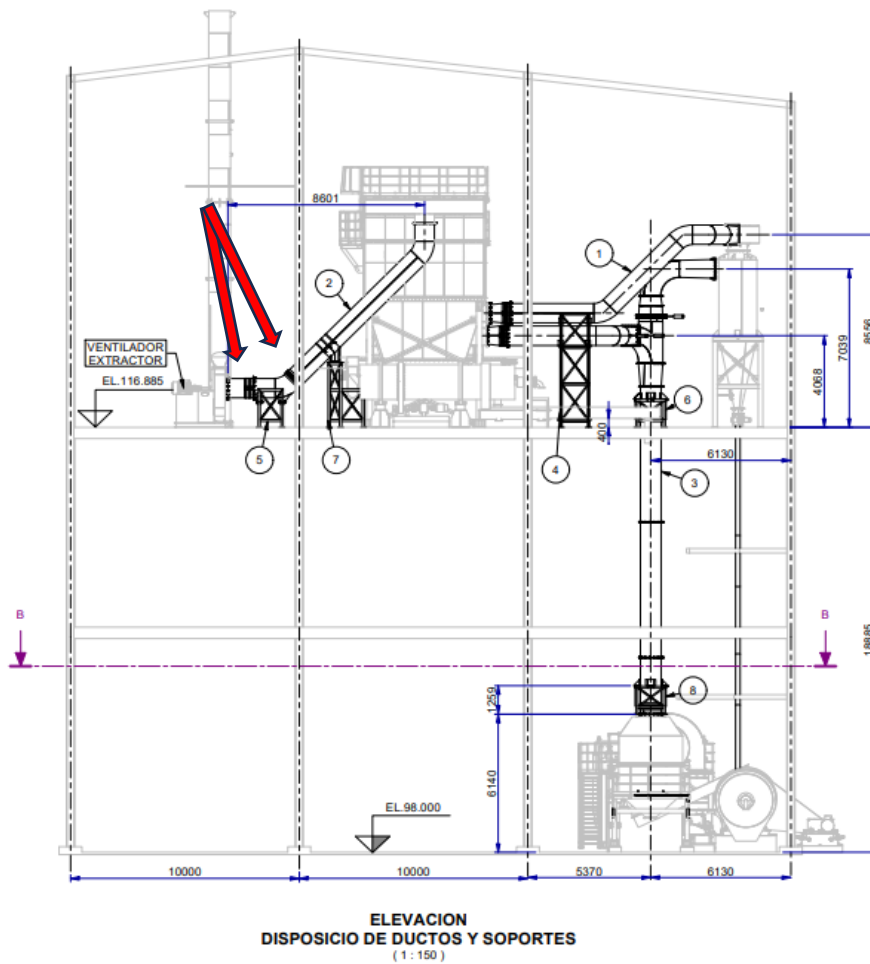


Ilustración 34, Detalle Uniones Adicionales 1692011410-DUC FM 2\_R1

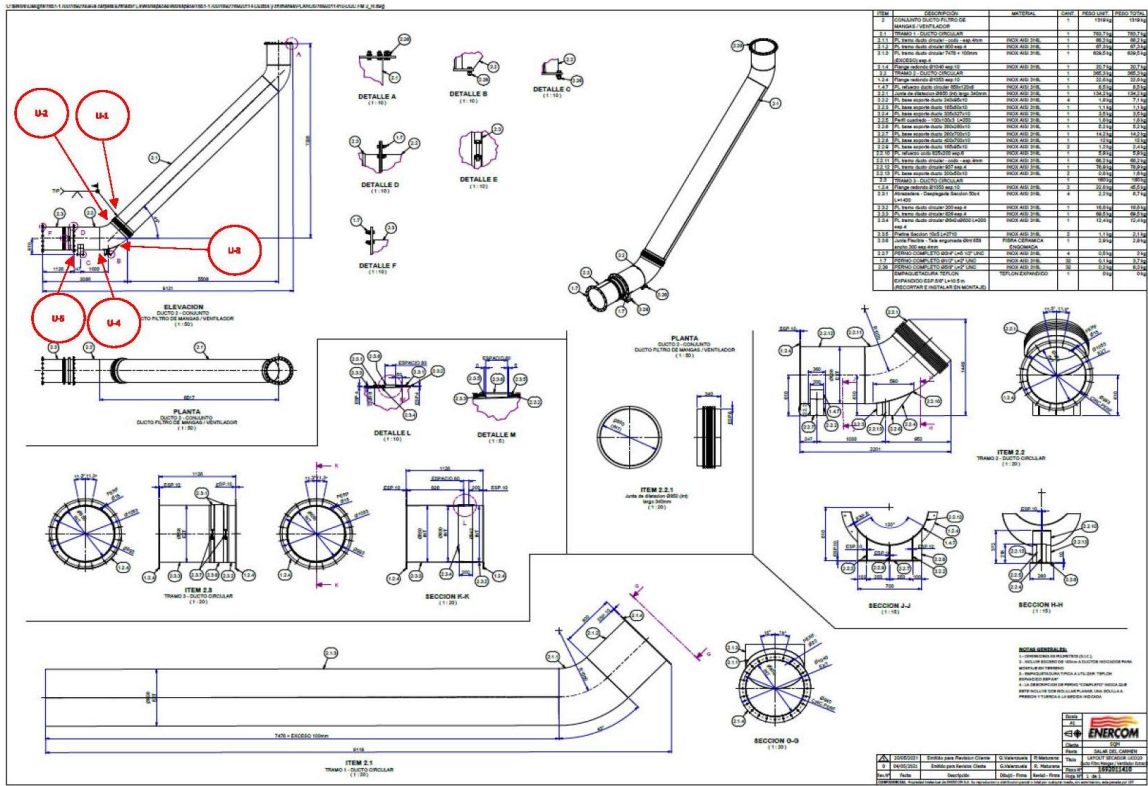


Ilustración 35, Mapeo Plano 1692011410-DUC FM 2\_R1 modificado

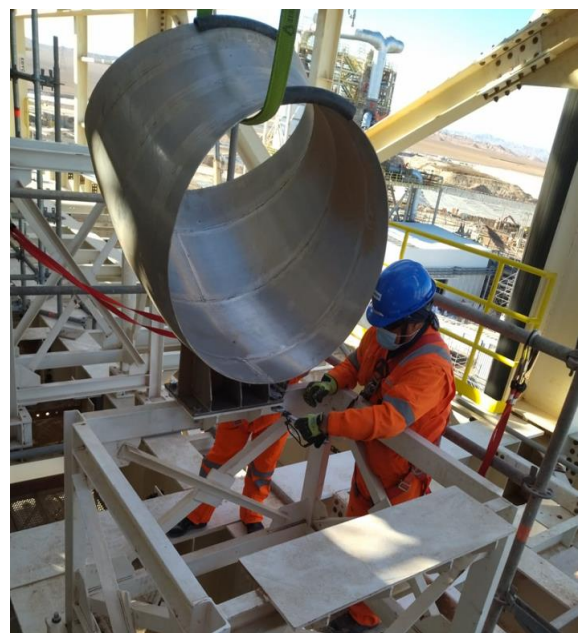


Ilustración 36, Fotos Modificación Plano 1692011410-DUC FM 2\_R1

### 3.2.2.2.4.4.-

Plano 1692011411-DUC FM 3\_R1, U-1 y U-4

Producto de la secuencia de montaje, se evidencia la imposibilidad de realizar la cámara de respaldo por el no acceso al interior de ambas uniones; tal situación genera impactos al programa (**Evento N°3 y N°4 respectivamente**).

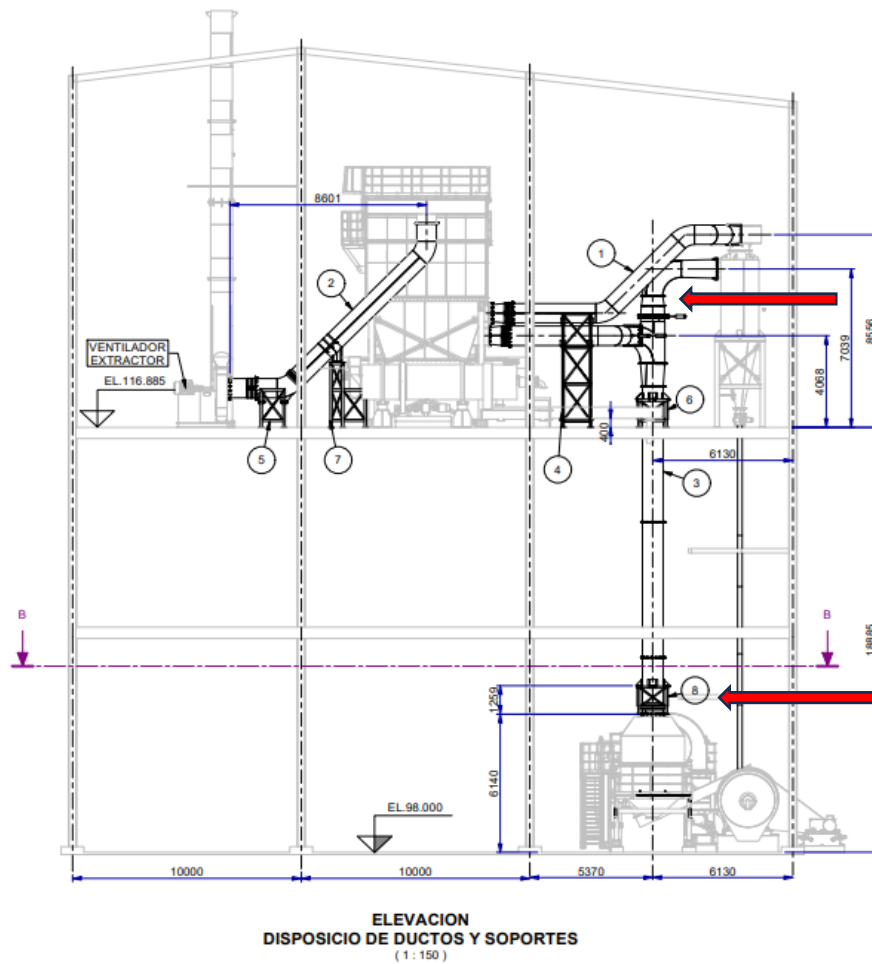


Ilustración 37, Detalle Evento N°3 y N°4

### 3.2.2.2.4.5.-

Plano 1692011412-DUC FM 4\_R1, U-1

Producto de la secuencia de montaje, se evidencia la imposibilidad de realizar la cámara de respaldo por el no acceso al interior de la unión conformada; tal situación genera un impacto al programa (**Evento N°5**).

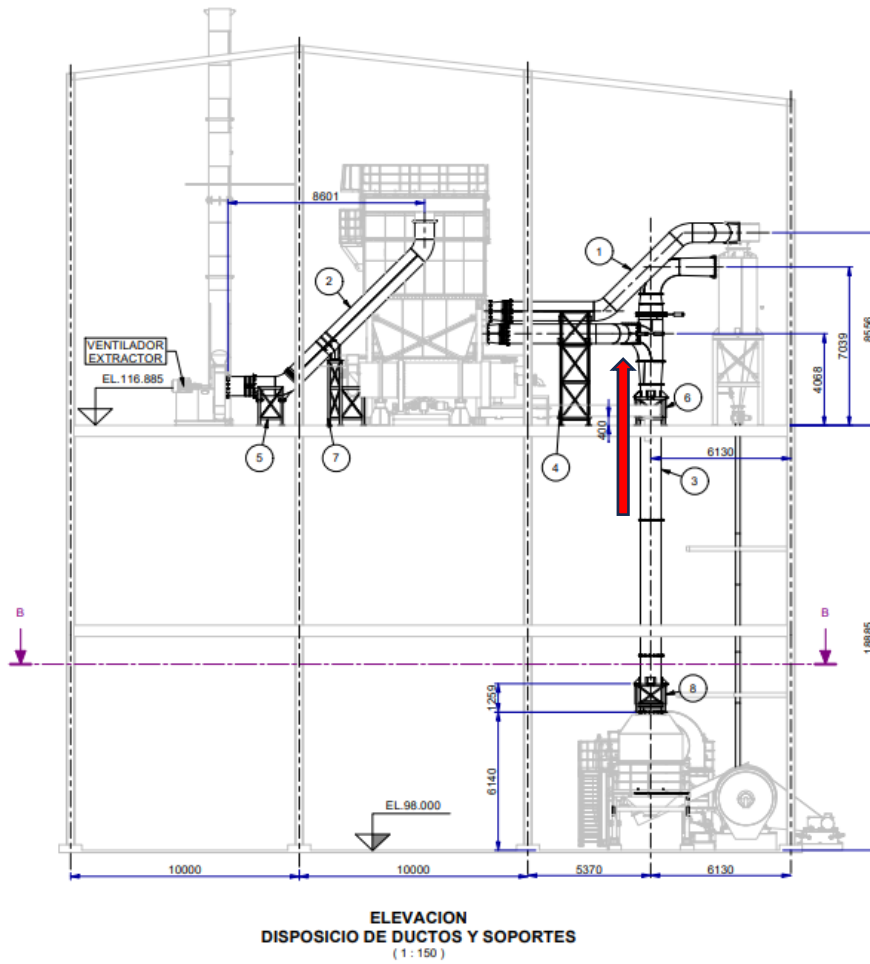


Ilustración 38, Detalle Evento N°5

### 3.2.2.2.5.- Programa Impactado:

Con las desviaciones levantadas e incluyendo los mapeos en sus nuevas revisiones, recursos reasignados, etc., se logra visualizar el impacto o los impactos generados por estos cambios y/o modificaciones del proceso de soldadura inicialmente escogido.

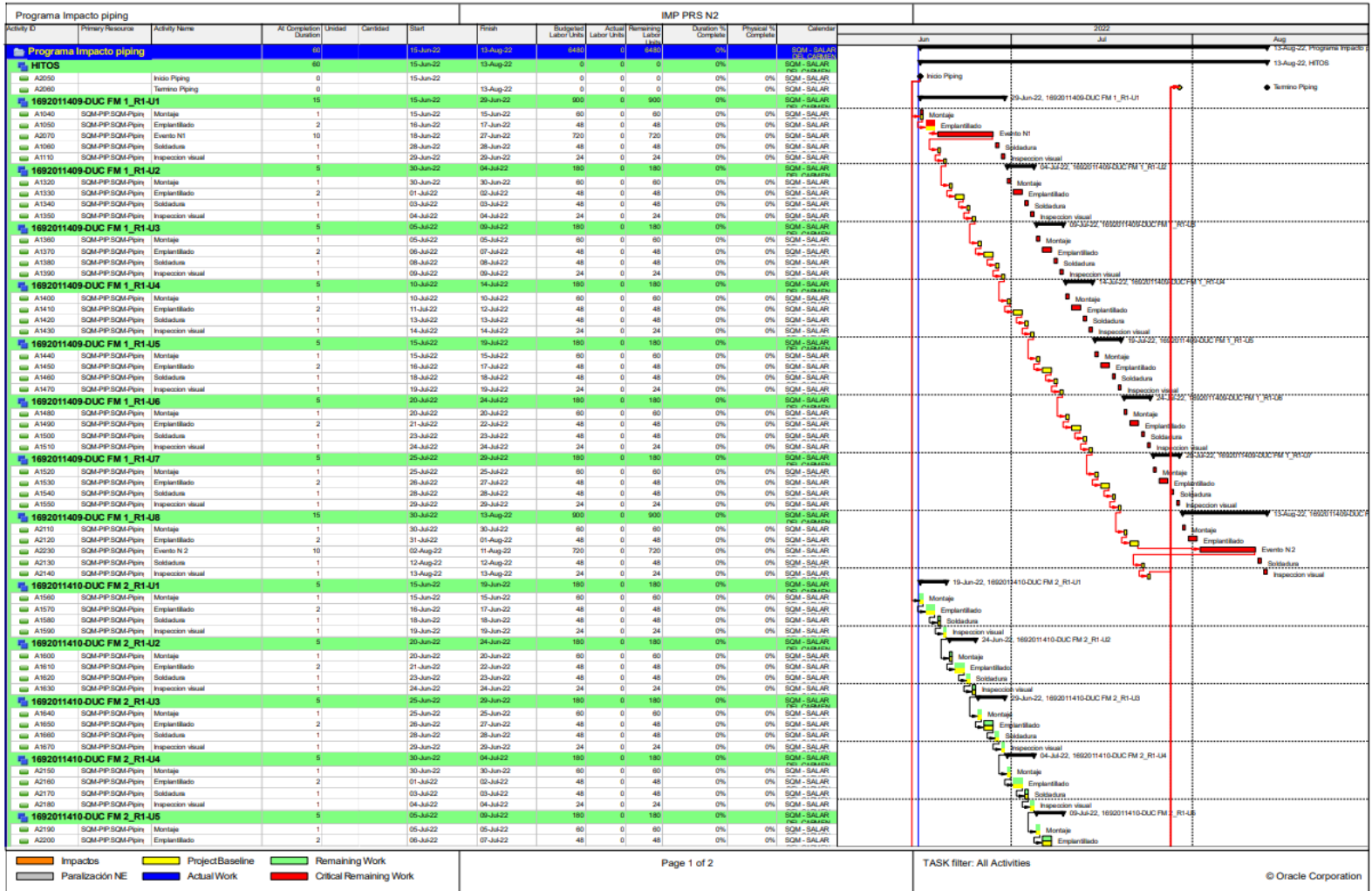


Ilustración 39, Detalle Programa Impactado (1° pagina)

Programa Impacto piping										IMP PRS N2													
Activity ID	Primary Resource	Activity Name	At Completion Duration	Unidad	Cantidad	Start	Finish	Budgeted Labor Units	Actual Labor Units	Remaining Labor Units	Duration % Complete	Physical % Complete	Calendar	2022									
A2210	SQM-PP/SQM-Pipn	Soldadura	1		1	08-Jul-22	08-Jul-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR	[Gantt chart showing activity progress from Jun to Aug 2022]									
A2220	SQM-PP/SQM-Pipn	Inspeccion visual	1		1	09-Jul-22	09-Jul-22	24	0	24	0%	0%	SQM - SALAR										
1692011411-DUC FM 3_R1-U1			12		12	15-Jun-22	26-Jun-22	684	0	684	0%	0%	SQM - SALAR										
A1680	SQM-PP/SQM-Pipn	Montaje	1		1	15-Jun-22	15-Jun-22	60	0	60	0%	0%	SQM - SALAR										
A1690	SQM-PP/SQM-Pipn	Emplentado	2		2	16-Jun-22	17-Jun-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A2000	SQM-PP/SQM-Pipn	Evento N 3	7		7	18-Jun-22	24-Jun-22	504	0	504	0%	0%	SQM - SALAR										
A1700	SQM-PP/SQM-Pipn	Soldadura	1		1	25-Jun-22	25-Jun-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A1710	SQM-PP/SQM-Pipn	Inspeccion visual	1		1	26-Jun-22	26-Jun-22	24	0	24	0%	0%	SQM - SALAR										
1692011411-DUC FM 3_R1-U2			5		5	27-Jun-22	01-Jul-22	180	0	180	0%	0%	SQM - SALAR										
A1720	SQM-PP/SQM-Pipn	Montaje	1		1	27-Jun-22	27-Jun-22	60	0	60	0%	0%	SQM - SALAR										
A1730	SQM-PP/SQM-Pipn	Emplentado	2		2	28-Jun-22	29-Jun-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A1740	SQM-PP/SQM-Pipn	Soldadura	1		1	30-Jun-22	30-Jun-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A1750	SQM-PP/SQM-Pipn	Inspeccion visual	1		1	01-Jul-22	01-Jul-22	24	0	24	0%	0%	SQM - SALAR										
1692011411-DUC FM 3_R1-U3			5		5	02-Jul-22	08-Jul-22	180	0	180	0%	0%	SQM - SALAR										
A1760	SQM-PP/SQM-Pipn	Montaje	1		1	02-Jul-22	02-Jul-22	60	0	60	0%	0%	SQM - SALAR										
A1770	SQM-PP/SQM-Pipn	Emplentado	2		2	03-Jul-22	04-Jul-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A1780	SQM-PP/SQM-Pipn	Soldadura	1		1	05-Jul-22	05-Jul-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A1790	SQM-PP/SQM-Pipn	Inspeccion visual	1		1	06-Jul-22	06-Jul-22	24	0	24	0%	0%	SQM - SALAR										
1692011411-DUC FM 3_R1-U4			6		6	07-Jul-22	12-Jul-22	252	0	252	0%	0%	SQM - SALAR										
A1800	SQM-PP/SQM-Pipn	Montaje	1		1	07-Jul-22	07-Jul-22	60	0	60	0%	0%	SQM - SALAR										
A1810	SQM-PP/SQM-Pipn	Emplentado	2		2	08-Jul-22	09-Jul-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A2090	SQM-PP/SQM-Pipn	Evento N 4	1		1	10-Jul-22	10-Jul-22	72	0	72	0%	0%	SQM - SALAR										
A1820	SQM-PP/SQM-Pipn	Soldadura	1		1	11-Jul-22	11-Jul-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A1830	SQM-PP/SQM-Pipn	Inspeccion visual	1		1	12-Jul-22	12-Jul-22	24	0	24	0%	0%	SQM - SALAR										
1692011411-DUC FM 3_R1-U5			5		5	13-Jul-22	17-Jul-22	180	0	180	0%	0%	SQM - SALAR										
A1840	SQM-PP/SQM-Pipn	Montaje	1		1	13-Jul-22	13-Jul-22	60	0	60	0%	0%	SQM - SALAR										
A1850	SQM-PP/SQM-Pipn	Emplentado	2		2	14-Jul-22	15-Jul-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A1860	SQM-PP/SQM-Pipn	Soldadura	1		1	16-Jul-22	16-Jul-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A1870	SQM-PP/SQM-Pipn	Inspeccion visual	1		1	17-Jul-22	17-Jul-22	24	0	24	0%	0%	SQM - SALAR										
1692011411-DUC FM 3_R1-U6			5		5	18-Jul-22	23-Jul-22	180	0	180	0%	0%	SQM - SALAR										
A1880	SQM-PP/SQM-Pipn	Montaje	1		1	18-Jul-22	18-Jul-22	60	0	60	0%	0%	SQM - SALAR										
A1890	SQM-PP/SQM-Pipn	Emplentado	2		2	19-Jul-22	20-Jul-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A1900	SQM-PP/SQM-Pipn	Soldadura	1		1	21-Jul-22	21-Jul-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A1910	SQM-PP/SQM-Pipn	Inspeccion visual	1		1	22-Jul-22	22-Jul-22	24	0	24	0%	0%	SQM - SALAR										
1692011412-DUC FM 4_R1-U1			12		12	23-Jul-22	03-Aug-22	684	0	684	0%	0%	SQM - SALAR										
A1920	SQM-PP/SQM-Pipn	Montaje	1		1	23-Jul-22	23-Jul-22	60	0	60	0%	0%	SQM - SALAR										
A1930	SQM-PP/SQM-Pipn	Emplentado	2		2	24-Jul-22	25-Jul-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A2100	SQM-PP/SQM-Pipn	Evento N 5	7		7	26-Jul-22	01-Aug-22	504	0	504	0%	0%	SQM - SALAR										
A1950	SQM-PP/SQM-Pipn	Soldadura	1		1	02-Aug-22	02-Aug-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A1960	SQM-PP/SQM-Pipn	Inspeccion visual	1		1	03-Aug-22	03-Aug-22	24	0	24	0%	0%	SQM - SALAR										
1692011412-DUC FM 4_R1-U2			5		5	04-Aug-22	08-Aug-22	180	0	180	0%	0%	SQM - SALAR										
A1970	SQM-PP/SQM-Pipn	Montaje	1		1	04-Aug-22	04-Aug-22	60	0	60	0%	0%	SQM - SALAR										
A1980	SQM-PP/SQM-Pipn	Emplentado	2		2	05-Aug-22	06-Aug-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A1990	SQM-PP/SQM-Pipn	Soldadura	1		1	07-Aug-22	07-Aug-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A2000	SQM-PP/SQM-Pipn	Inspeccion visual	1		1	08-Aug-22	08-Aug-22	24	0	24	0%	0%	SQM - SALAR										
1692011412-DUC FM 4_R1-U3			5		5	09-Aug-22	13-Aug-22	180	0	180	0%	0%	SQM - SALAR										
A2010	SQM-PP/SQM-Pipn	Montaje	1		1	09-Aug-22	09-Aug-22	60	0	60	0%	0%	SQM - SALAR										
A2020	SQM-PP/SQM-Pipn	Emplentado	2		2	10-Aug-22	11-Aug-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A2030	SQM-PP/SQM-Pipn	Soldadura	1		1	12-Aug-22	12-Aug-22	48	0	48	0%	0%	SQM - SALAR										
A2040	SQM-PP/SQM-Pipn	Inspeccion visual	1		1	13-Aug-22	13-Aug-22	24	0	24	0%	0%	SQM - SALAR										

Ilustración 40, Detalle Programa Impactado (2° pagina)

Programa Impacto piping										IMP PRS N2													
Activity ID	Primary Resource	Activity Name	At Completion Duration	Unidad	Cantidad	Start	Finish	Budgeted Labor Units	Actual Labor Units	Remaining Labor Units	Duration % Complete	Physical % Complete	Calendar										
<b>Programa Impacto piping</b>																							
<b>HITOS</b>																							
A2050		Inicio Piping	0		0	15-Jun-22	13-Aug-22	6480	0	6480	0%	0%	SQM - SALAR DEL CARMEN										
A2060		Termino Piping	0		0	15-Jun-22	13-Aug-22	0	0	0	0%	0%	SQM - SALAR DEL CARMEN										

Ilustración 41, Detalle Programa Impactado (Resumen)

**CAPÍTULO III (3.2.3):**

**EVALUAR ECONÓMICAMENTE EL CAMBIO DEL PROCESO DE  
SOLDADURA DEL PROYECTO SISTEMA DE DUCTOS DEL CONJUNTO  
CICLÓN- FILTRO DE MANGA.**

### 3.2.3.1.- Información General del Contrato:

Detalle	Referencia/Observación
Nombre de la Obra:	Contrato Centrifugado y Secado, Salar del Carmen
Valor del Contrato	\$ 10.950.000.000
Fecha de inicio contrato:	19-01-2022
Fecha de término contrato:	19-09-2022

*Ilustración 42, Información General del Proyecto (Valores)*

ESPECIALIDADES	HH
ESTRUCTURA	116.640
EE&II	118.800
PIPING	58.320
MECANICOS	38.880
ANDAMIEROS	35.280
CUADRILLA DE PATIO	38.880
<b>TOTAL</b>	<b>406.800</b>

*Ilustración 43, Información General del Proyecto (HH)*

### 3.2.3.2.- Resumen Programa Inicial:

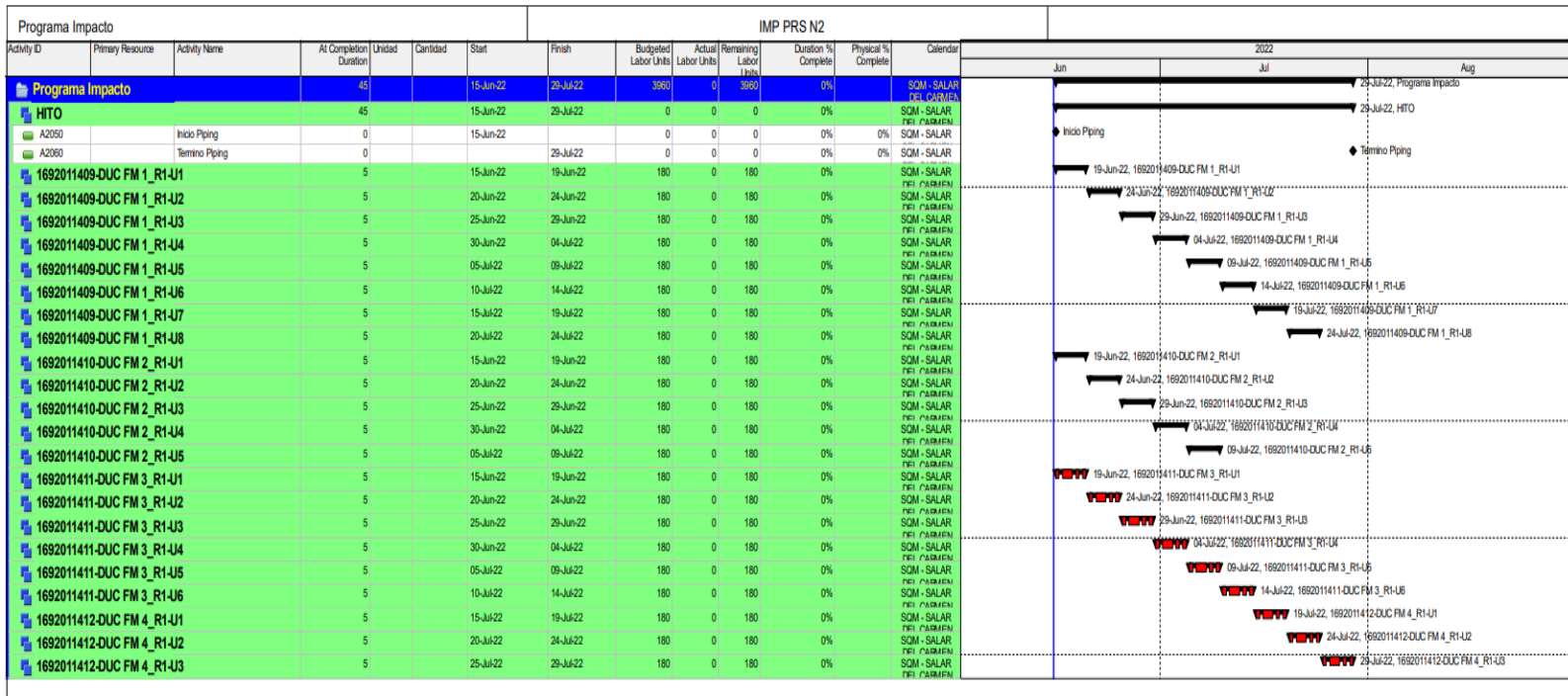


Ilustración 44, Resumen Programa Inicial

Programa Impacto				IMP PRS N2									
Activity ID	Primary Resource	Activity Name	At Completion Duration	Unidad	Cantidad	Start	Finish	Budgeted Labor Units	Actual Labor Units	Remaining Labor Units	Duration % Complete	Physical % Complete	Calendar
<b>Programa Impacto</b>			45			15-Jun-22	29-Jul-22	3960	0	3960	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN
<b>HITO</b>			45			15-Jun-22	29-Jul-22	0	0	0	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN
A2050		Inicio Piping	0			15-Jun-22		0	0	0	0%	0%	SQM - SALAR
A2060		Termino Piping	0				29-Jul-22	0	0	0	0%	0%	SQM - SALAR

Ilustración 45, Resumen Programa Inicial (Vista Ampliada)

### 3.2.3.3.- Resumen Programa Impactado:

Programa Impacto piping										IMP PRS N2					2022		
Activity ID	Primary Resource	Activity Name	At Completion Duration	Unidad	Cantidad	Start	Finish	Budgeted Labor Units	Actual Labor Units	Remaining Labor Units	Duration % Complete	Physical % Complete	Calendar	Jun	Jul	Aug	
<b>Programa Impacto piping</b>			55			18-Jun-22	11-Aug-22	2520	0	2520	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN	11-Aug-22, Programa Impacto piping			
1692011409-DUC FM 1_R1-U1			10			18-Jun-22	27-Jun-22	720	0	720	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN	27-Jun-22, 1692011409-DUC FM 1_R1-U1			
A2070	SQM-PIP-SQM-Pipiny	Evento N1	10			18-Jun-22	27-Jun-22	720	0	720	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN	Evento N1			
1692011409-DUC FM 1_R1-U8			10			02-Aug-22	11-Aug-22	720	0	720	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN	11-Aug-22, 1692011409-DUC FM 1_R1-U8			
A2230	SQM-PIP-SQM-Pipiny	Evento N2	10			02-Aug-22	11-Aug-22	720	0	720	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN	Evento N2			
1692011411-DUC FM 3_R1-U1			7			18-Jun-22	24-Jun-22	504	0	504	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN	24-Jun-22, 1692011411-DUC FM 3_R1-U1			
A2080	SQM-PIP-SQM-Pipiny	Evento N3	7			18-Jun-22	24-Jun-22	504	0	504	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN	Evento N3			
1692011411-DUC FM 3_R1-U4			1			10-Jul-22	10-Jul-22	72	0	72	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN	10-Jul-22, 1692011411-DUC FM 3_R1-U4			
A2090	SQM-PIP-SQM-Pipiny	Evento N4	1			10-Jul-22	10-Jul-22	72	0	72	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN	Evento N4			
1692011412-DUC FM 4_R1-U1			7			26-Jul-22	01-Aug-22	504	0	504	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN	01-Aug-22, 1692011412-DUC FM 4_R1-U1			
A2100	SQM-PIP-SQM-Pipiny	Evento N5	7			26-Jul-22	01-Aug-22	504	0	504	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN	Evento N5			

Ilustración 46, Resumen Programa Impactado

Programa Impacto piping										IMP PRS N2				
Activity ID	Primary Resource	Activity Name	At Completion Duration	Unidad	Cantidad	Start	Finish	Budgeted Labor Units	Actual Labor Units	Remaining Labor Units	Duration % Complete	Physical % Complete	Calendar	
<b>Programa Impacto piping</b>			55			18-Jun-22	11-Aug-22	2520	0	2520	0%	0%	SOM - SALAR DEL CARMEN	

Ilustración 47, Resumen Programa Impactado (Vista Ampliada)

### 3.2.3.4.- Evaluación Económica “HH”

Las Desviaciones o Eventos anteriormente descritos en el Capítulo II, provocaron un impacto en el programa inicial; los cuales se cuantifican o evalúan en los siguientes análisis:

#### Costo Inicial

Composición Cuadrilla Programada							
Capataz	1	\$15.991	\$15.991	HH Iniciales Programadas	3.960	Valor Total	\$62.420.468
Maestro Mayor	1	\$14.762	\$19.633	Total Horas Trabajadas	12		
Maestro Primera	2	\$14.413	\$28.826	Día Inicio Progr.	15-06-2023		
Maestro Segunda	1	\$13.163	\$13.163	Día Termino Progr.	29-07-2023		
Soldador Tig	2	\$18.990	\$37.980	Total Días Programados	45		
		\$77.319	\$115.593	Personas Consideradas	7		
Personas	7		HH x Días				
Total HH	88		3.958				

Ilustración 48, Detalle Costo Inicial

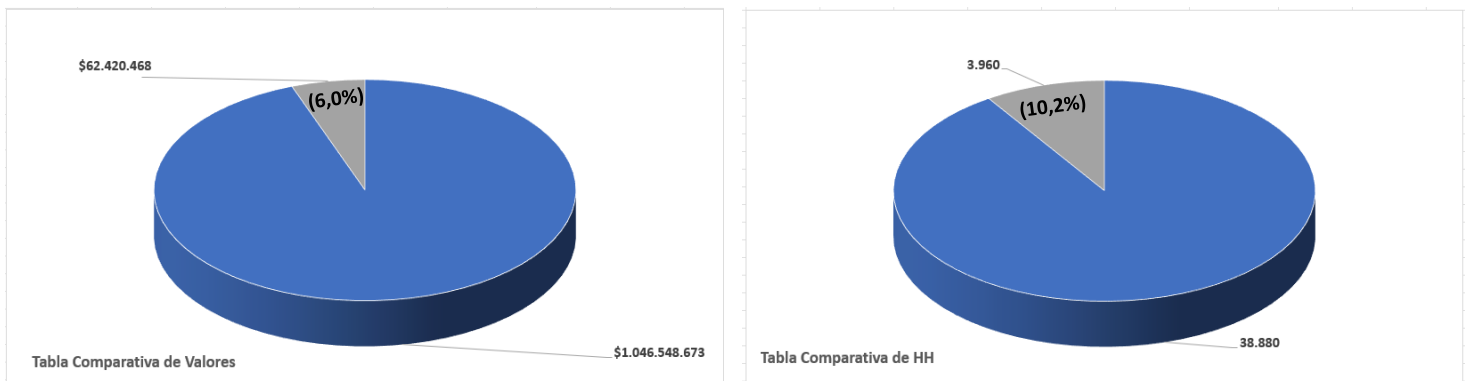
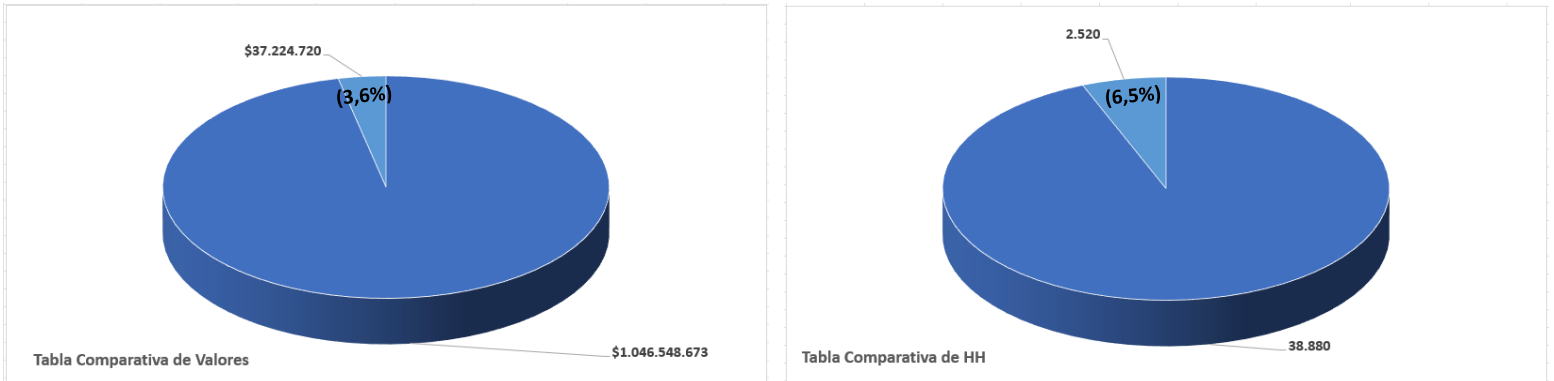


Ilustración 49, Grafica Costo Inicial

## Costo Impactado o Adicional

Composición Cuadrillas Adicionales							
Capataz	2	\$15.991	\$31.982	HH Impacto	2.520	Valor Total	\$37.224.720
Maestro Mayor	3	\$14.762	\$44.286	Total Horas Trabajadas	12		
Maestro Primera	3	\$14.413	\$43.239	Día Terminó Progr.	29-07-2023		
Maestro Segunda	3	\$13.163	\$39.489	Día Terminó Impac.	13-08-2023		
Soldador Plancha	3	\$15.936	\$47.808	Total Días Impacto	15		
		\$74.265	\$206.804	Personas Consideradas	14		
Personas	14	HH x Días					
Total HH	168	2.520					

*Ilustración 50, Detalle Costo Impactado*

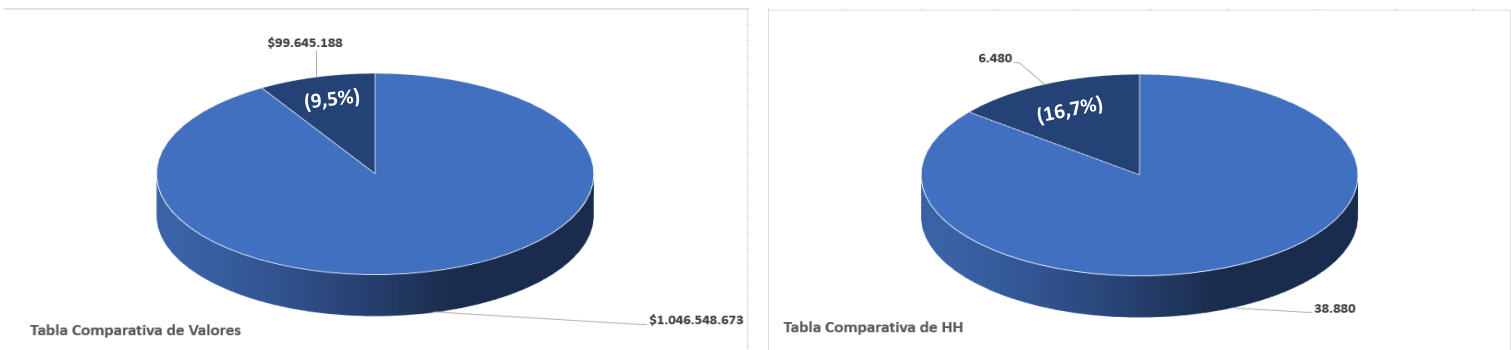


*Ilustración 51, Grafica Costo Impactado*

### Costo Final o Total:

HH Iniciales Programadas	3.960	HH Finales Resultantes	6.480	Valor Total	\$99.645.188
HH Impacto	2.520	Total Horas Trabajadas	12		
HH Finales Resultantes	6.480	Día Inicio Progr.	15-06-2023		
		Día Termino Impac.	13-08-2023		
		Total Días Resultantes	60		

*Ilustración 52, Detalle Costo Final*



*Ilustración 53, Grafica Costo Final*

### 3.2.3.5.- Evaluación Económica Consumibles:

En este caso, el cambio o modificación, trajo consigo una disminución positiva en el costo de los Consumibles, esto ya que la cubicación original contemplaba el uso del proceso Gtaw solamente, que es más caro que el proceso Smaw; detalle que se puede observar en los siguientes análisis:

#### Cubicación Consum. GTAW

Cubicación Inicial					Cubicación Final									
Nº de Plano	Nº Unión	Diámetro	Espesor	Tipo de Unión	Perimetro m.L.	Rend. (Kg/m.L)	% Deposic.	Sub-Total (Kg)	Total 100% (Kg)	Perimetro m.L.	Rend. (Kg/m.L)	% Deposic.	Sub-Total (Kg)	Total 100% (Kg)
1692011409-DUC FM 1_R1	1	850	4	BW	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011409-DUC FM 1_R1	2	850	4	BW	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196
1692011409-DUC FM 1_R1	3	850	4	BW	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196
1692011409-DUC FM 1_R1	4	850	4	BW	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196
1692011409-DUC FM 1_R1	5	850	4	BW	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196
1692011409-DUC FM 1_R1	6	N/A	6	FW	1,956	0,177	95	0,346	0,3644	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011409-DUC FM 1_R1	7	N/A	6	FW	1,956	0,177	95	0,346	0,3644	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011409-DUC FM 1_R1	8	850	4	BW	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
					<b>17,264</b>			<b>4,110</b>	<b>4,327</b>	<b>10,681</b>			<b>2,734</b>	<b>2,878</b>

Nº de Plano	Nº Unión	Diámetro	Espesor	Tipo de Unión	Perimetro m.L.	Rend. (Kg/m.L)	% Deposic.	Sub-Total (Kg)	Total 100% (Kg)	Perimetro m.L.	Rend. (Kg/m.L)	% Deposic.	Sub-Total (Kg)	Total 100% (Kg)
1692011410-DUC FM 2_R1	1	850	4	BW	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196
1692011410-DUC FM 2_R1	2	850	4	BW	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196
1692011410-DUC FM 2_R1	3	N/A	6	FW	1,65	0,177	95	0,292	0,3074	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011410-DUC FM 2_R1	4	850	4	BW	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196
1692011410-DUC FM 2_R1	5	N/A	6	FW	1,956	0,177	95	0,346	0,3644	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
					<b>6,276</b>			<b>1,322</b>	<b>1,391</b>	<b>8,011</b>			<b>2,051</b>	<b>2,159</b>

Nº de Plano	Nº Unión	Diámetro	Espesor	Tipo de Unión	Perimetro m.L.	Rend. (Kg/m.L)	% Deposic.	Sub-Total (Kg)	Total 100% (Kg)	Perimetro m.L.	Rend. (Kg/m.L)	% Deposic.	Sub-Total (Kg)	Total 100% (Kg)
1692011411-DUC FM 3_R1	1	850	4	BW	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011411-DUC FM 3_R1	2	N/A	10	FW	4,764	0,396	95	1,887	1,9858	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011411-DUC FM 3_R1	3	N/A	10	FW	4,424	0,396	95	1,752	1,8441	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011411-DUC FM 3_R1	4	900	4	BW	2,82744	0,256	95	0,724	0,7619	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011411-DUC FM 3_R1	5	N/A	6	FW	1,956	0,177	95	0,346	0,3644	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011411-DUC FM 3_R1	6	N/A	6	FW	1,956	0,177	95	0,346	0,3644	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
					<b>18,598</b>			<b>5,738</b>	<b>6,040</b>	<b>0,000</b>			<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

Nº de Plano	Nº Unión	Diámetro	Espesor	Tipo de Unión	Perimetro m.L.	Rend. (Kg/m.L)	% Deposic.	Sub-Total (Kg)	Total 100% (Kg)	Perimetro m.L.	Rend. (Kg/m.L)	% Deposic.	Sub-Total (Kg)	Total 100% (Kg)
1692011412-DUC FM 4_R1	1	850	4	BW	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011412-DUC FM 4_R1	2	850	4	BW	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196	2,67036	0,256	95	0,684	0,7196
1692011412-DUC FM 4_R1	3	1000	4	BW	3,1416	0,256	95	0,804	0,8466	3,1416	0,256	95	0,804	0,8466
					<b>8,482</b>			<b>2,171</b>	<b>2,286</b>	<b>5,812</b>			<b>1,488</b>	<b>1,566</b>

Cubicación Inicial					Cubicación Final				
Perimetro m.L.	Rend. (Kg/m.L)	% Deposic.	Sub-Total (Kg)	Total 100% (Kg)	Perimetro m.L.	Rend. (Kg/m.L)	% Deposic.	Sub-Total (Kg)	Total 100% (Kg)
Totales	50,620	95	13,342	<b>14,044</b>	24,504	95		6,273	<b>6,603</b>
	Valor Unit.		\$65.970		Valor Unit.			\$65.970	
	Valor Total		\$926.506		Valor Total			\$435.621	
	19%		\$176.036		19%			\$82.768	
	<b>Total</b>		<b>\$1.102.543</b>		<b>Total</b>			<b>\$518.388</b>	

Ilustración 54, Valorización Proceso Gtaw

**Cubicación Consum. GAS**

**Cubicación Inicial**

**Cubicación Final**

Nº de Plano	Nº Unión	Diámetro	Espesor	Tipo de Unión	Perimetro m.L	Avance (Minut.)	Total Gas (Lts)	Sub-Total Cilindros (10m3)	Total Cilindros (10m3)	Perimetro m.L	Avance (Minut.)	Total Gas (Lts)	Sub-Total Cilindros (10m3)	Total Cilindros (10m3)
1692011409-DUC FM 1_R1	1	850	4	BW	2,670	66,759	1,668,975	0,167	0,334	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011409-DUC FM 1_R1	2	850	4	BW	2,670	66,759	1,668,975	0,167	0,334	2,670	66,759	1,668,975	0,167	0,334
1692011409-DUC FM 1_R1	3	850	4	BW	2,670	66,759	1,668,975	0,167	0,334	2,670	66,759	1,668,975	0,167	0,334
1692011409-DUC FM 1_R1	4	850	4	BW	2,670	66,759	1,668,975	0,167	0,334	2,670	66,759	1,668,975	0,167	0,334
1692011409-DUC FM 1_R1	5	850	4	BW	2,670	66,759	1,668,975	0,167	0,334	2,670	66,759	1,668,975	0,167	0,334
1692011409-DUC FM 1_R1	6	N/A	6	FW	1,956	48,900	537,900	0,054	0,054	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011409-DUC FM 1_R1	7	N/A	6	FW	1,956	48,900	537,900	0,054	0,054	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011409-DUC FM 1_R1	8	850	4	BW	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
					<b>17,264</b>	<b>431,595</b>	<b>9,420,675</b>	<b>0,942</b>	<b>1,777</b>	<b>10,681</b>	<b>267,036</b>	<b>6,675,900</b>	<b>0,668</b>	<b>1,335</b>

Nº de Plano	Nº Unión	Diámetro	Espesor	Tipo de Unión	Perimetro m.L	Avance (Minut.)	Total Gas (Lts)	Sub-Total Cilindros (10m3)	Total Cilindros (10m3)	Perimetro m.L	Avance (Minut.)	Total Gas (Lts)	Sub-Total Cilindros (10m3)	Total Cilindros (10m3)
1692011410-DUC FM 2_R1	1	850	4	BW	2,67036	66,759	1,668,975	0,167	0,334	2,67036	66,759	1,668,975	0,167	0,334
1692011410-DUC FM 2_R1	2	850	4	BW	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,67036	66,759	1,668,975	0,167	0,334
1692011410-DUC FM 2_R1	3	N/A	6	FW	1,65	41,250	453,750	0,045	0,045	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011410-DUC FM 2_R1	4	850	4	BW	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,67036	66,759	1,668,975	0,167	0,334
1692011410-DUC FM 2_R1	5	N/A	6	FW	1,956	48,900	537,900	0,054	0,054	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
					<b>6,276</b>	<b>156,909</b>	<b>2,660,625</b>	<b>0,266</b>	<b>0,433</b>	<b>8,011</b>	<b>200,277</b>	<b>5,006,925</b>	<b>0,501</b>	<b>1,001</b>

Nº de Plano	Nº Unión	Diámetro	Espesor	Tipo de Unión	Perimetro m.L	Avance (Minut.)	Total Gas (Lts)	Sub-Total Cilindros (10m3)	Total Cilindros (10m3)	Perimetro m.L	Avance (Minut.)	Total Gas (Lts)	Sub-Total Cilindros (10m3)	Total Cilindros (10m3)
1692011411-DUC FM 3_R1	1	850	4	BW	2,67036	66,759	1,668,975	0,167	0,334	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011411-DUC FM 3_R1	2	N/A	10	FW	4,764	119,100	1,310,100	0,131	0,131	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011411-DUC FM 3_R1	3	N/A	10	FW	4,424	110,600	1,216,600	0,122	0,122	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011411-DUC FM 3_R1	4	900	4	BW	2,82744	70,686	1,767,150	0,177	0,353	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011411-DUC FM 3_R1	5	N/A	6	FW	1,956	48,900	537,900	0,054	0,054	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011411-DUC FM 3_R1	6	N/A	6	FW	1,956	48,900	537,900	0,054	0,054	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
					<b>18,598</b>	<b>464,945</b>	<b>7,038,625</b>	<b>0,704</b>	<b>1,047</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

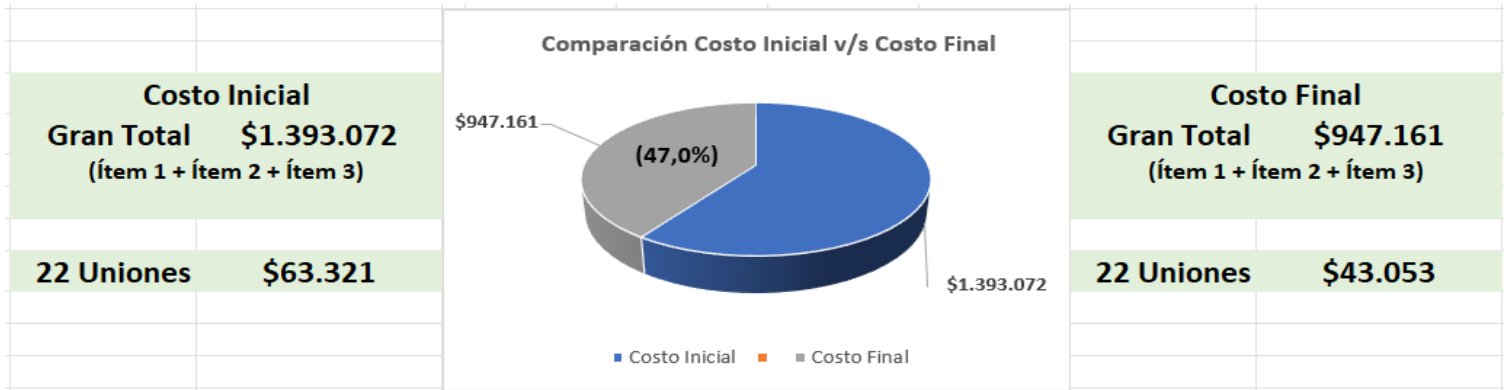
Nº de Plano	Nº Unión	Diámetro	Espesor	Tipo de Unión	Perimetro m.L	Avance (Minut.)	Total Gas (Lts)	Sub-Total Cilindros (10m3)	Total Cilindros (10m3)	Perimetro m.L	Avance (Minut.)	Total Gas (Lts)	Sub-Total Cilindros (10m3)	Total Cilindros (10m3)
1692011412-DUC FM 4_R1	1	850	4	BW	2,67036	66,759	1,668,975	0,167	0,334	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1692011412-DUC FM 4_R1	2	850	4	BW	2,67036	66,759	1,668,975	0,167	0,334	2,67036	66,759	1,668,975	0,167	0,334
1692011412-DUC FM 4_R1	3	1000	4	BW	3,1416	78,540	1,963,500	0,196	0,393	3,1416	78,540	1,963,500	0,196	0,393
					<b>8,482</b>	<b>212,058</b>	<b>5,301,450</b>	<b>0,530</b>	<b>1,060</b>	<b>5,812</b>	<b>145,299</b>	<b>3,632,475</b>	<b>0,363</b>	<b>0,726</b>

Cubicación Inicial					Cubicación Final					
Perimetro m.L	Avance (Minut.)	Total Gas (Lts)	Sub-Total Cilindros (10m3)	Total Cilindros (10m3)	Perimetro m.L	Avance (Minut.)	Total Gas (Lts)	Sub-Total Cilindros (10m3)	Total Cilindros (10m3)	
<b>Totales</b>	50,620	1,265,507	24,421,375	2,442	<b>4,317</b>	24,504	612,612	15,315,300	1,532	<b>3,063</b>
Valor Unit.					\$56.550					
Valor Total					\$244.142					
19%					\$46.387					
<b>Total</b>					<b>\$290.529</b>					
Valor Unit.					\$56.550					
Valor Total					\$173.216					
19%					\$32.911					
<b>Total</b>					<b>\$206.127</b>					

*Ilustración 55, Valorización Gas*



## Comparación Costo Inicial v/s Final



*Ilustración 57, Detalle y Grafica Comparativa Costo Inicial v/s Costo Final*

## **7.- CONCLUSIONES ESPECIFICAS**

Cada Capítulo desarrollado en este trabajo, nos entrega un resultado específico, donde si bien podemos obtener datos para buscar en que y como mejorar cada uno de ellos, ciertamente el conjunto de todos estos capítulos nos entregará una Conclusión General o Final.

### **Capítulo I**

La descripción de ambos procesos, vistos desde el punto de vista operativo, como normativo, nos muestran dos procesos comunes de utilizar y que aportan valor a la elección de uno u otro dependiendo de cómo y que queremos soldar.

Ciertamente el factor económico con el cual cuente la obra como presupuesto, será determinante al momento de elegir uno u otro; además ciertamente de la expertiz con que se cuente en el medio.

### **Capítulo II**

Para este capítulo evidenciar una conclusión pasa por enumerar todos los problemas operacionales detectados tardíamente y que finalmente condujeron a implementar un proceso no considerado inicialmente.

Claramente el no considerar todos los factores operaciones, como la secuencia de montaje, más la revisión efectiva de que lo indicado en los planos versus lo suministrado fuese real, afectó de manera relevante en el desarrollo normal de los trabajos.

### **Capítulo III**

Si bien gracias a que este Proyecto estaba basado en un Contrato con una modalidad de Costos Reembolsables, para un Contrato con otra modalidad, como por ejemplo Precio Unitario y/o Suma Alzada, el costo del o de los impactos provocados sería absorbido enteramente por el Contratista; lo cual podría traer consecuencias graves para el presupuesto original y obviamente para los ingresos considerados por el Contratista al momento de licitar y adjudicarse el Contrato.

## **7.1.- CONCLUSIÓN GENERAL**

Como pudimos observar a través de la exposición de este trabajo y que fácilmente puede ser asimilado en cualquier Proyecto de similares características, el escoger un proceso de soldadura sobre otro sin tener todas las aristas que conforman su correcta elección, podría atender contra los resultados finales, tanto cualitativos, como cuantitativos.

### **7.1.1.- PUNTOS A TENER EN CUENTA Y/O PREGUNTAS POR RESOLVER**

- Se tiene a mano toda la información (planos, EETT, etc.) para desarrollar el trabajo.
- Las partes y piezas por montar concuerdan con lo descrito en los planos y EETT.
- La secuencia de montaje, considerando las interferencias propias del montaje, son consideradas en el programa.
- Se cuenta con el personal idóneo para realizar la o las soldaduras.
- El proceso de soldadura escogido puede ser utilizado sin interferencias.
- Se tiene personal extra a considerar en caso de tener algún problema y ser necesario reprogramar o modificar alguna variable.

## **8.- BIBLIOGRAFÍA**

¿Qué significa WPS, PQR y WPQR? (linkedin.com)

Tipos de soldadura GMAW, SMAW, FCAW, GTAW | UTI | Maybaygiare.org

Catalogo Consumibles para Inoxidables INDURA

Manuales Proceso SMAW

Manuales Proceso GTAW (TIG)

Sistemas y Materiales de Soldadura Indura