



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Ingeniería Naval

ARMADO ESTRUCTURAL DE UN BLOQUE EN UNA CONSTRUCCION NAVAL.

Tesis para optar al Título de:
Ingeniero Naval.
Mención: Maquinas Marinas.

Profesor Patrocinante:
Sr. Héctor Legue Legue.
Ingeniero Civil Mecánico.
M.Cs. en Ingeniería Oceánica.

CRISTIAN GABRIEL GARRIDO SOTO
VALDIVIA - CHILE
2009

Esta Tesis ha sido sometida para su aprobación a la Comisión de Tesis, como requisito para obtener el grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería.

La Tesis aprobada, junto con la nota de examen correspondiente, le permite al alumno obtener el título de **Ingeniero Naval**, mención **Máquinas Marinas**.

EXAMEN DE TITULO:

Nota de Presentación	(Ponderada) (1)	:	4,324
Nota de Examen	(Ponderada) (2)	:	1,300
Nota Final de Titulación	(1 + 2)	:	5,624

COMISION EXAMINADORA:

DR. ROGERIO MORENO M.
DECANO

FIRMA

HÉCTOR LEMIE L.
EXAMINADOR

FIRMA

CARLOS SANGUINETTI V.
EXAMINADOR

FIRMA

RAÚL NAVARRO A.
EXAMINADOR

FIRMA

XIMENA LOROS S
SECRETARIO ACADEMICO



FIRMA

Valdivia, 28 SEPTIEMBRE 2009.....

Nota de Presentación = NC/NA * 0,6 + Nota de Tesis * 0,2
 Nota Final = Nota de Presentación + Nota Examen * 0,2
 NC = Sumatoria Notas de Currículo, sin Tesis
 NA = Número de asignaturas cursadas y aprobadas, incluida Práctica Profesional.

Agradecimientos.

En el transcurso de mi formación profesional me encontré con una variedad de compañeros con aspiraciones y proyecciones personales a quienes les debo mucho por el apoyo prestado en mis estudios y les quiero decir muchas gracias.

Se inicia un nuevo ciclo, pero nada de esto hubiese sido posible sin ustedes mis ángeles, doy gracias a dios por haberme dado los mejores padres del mundo, todo lo que soy se lo debo a ustedes Cristina y Ceferino los amo mucho.

Índice

Resumen.

Summary.

Introducción.

Capítulo I: Aceros y sus Clasificaciones.

1.1	Hierro, Arrabio y Acero al Carbono.	13
1.2	Características y Aplicaciones de Aceros.	13
1.2.1	Materiales estructurales.	13
1.2.2	Materiales Funcionales.	14
1.3	Clasificación de los Aceros.	15
1.3.1	Clasificación de los Aceros por Composición Química.	17
1.3.1.1	Aceros al Carbono.	17
1.3.1.2	Aceros Aleados.	17
1.3.1.3	Aceros de Baja Aleación Ultraresistentes.	18
1.3.1.4	Aceros Inoxidables.	18
1.3.2	Clasificación de Aceros por sus Características Mecánicas y Tecnológicas.	18
1.3.2.1	Ensayos Mecánicos del Acero.	22
1.3.2.1.1	Ensayos no Destructivos.	22
1.3.2.1.2	Ensayos Destructivos.	23
1.3.2.1.2.1	Ensayos de Tracción.	23
1.3.2.1.2.1.1	Diagrama Tensión-Deformación.	25
1.3.2.1.2.2	Ensayo de Dureza.	27
1.3.2.1.2.3	Ensayo de Impacto.	28
1.3.3	Aceros al Carbono.	28
1.3.4	Norma ASTM, American Society for Testing and Materials.	30
1.3.5	Acero al Carbono ASTM A 131/A 131 M – 08.	30
1.3.5.1	Determinación de la Soldabilidad de los Aceros.	32

Capítulo II: Diseño de Procedimientos de Ingeniería de Detalle para el Armado de un Bloque.

2.1	Descripción Conceptual del Alcance del Trabajo de Diseño.	37
2.2	Descripción del Diseño.	40
2.3	Ingeniería de Detalle para el Armado de un Bloque.	46
2.3.1	Ingeniería de Producción.	48

Capítulo III: Procesos para el Armado Estructural de un Buque.

3.1	Proceso de Corte y Conformado.	54
3.2	Proceso de Armado de Previas y Paneles	56
3.3	Proceso de Armado de Bloques.	61

Capítulo IV: Sistemas de Soldadura Aplicables para un Armado de un Bloque.

4.1	Generación del Arco Eléctrico.	64
4.2	Procesos de Soldadura al Arco.	67
4.2.1	Soldadura al Arco con electrodo revestido, SMAW.	68
4.2.1.1	Principios de Funcionamiento.	68
4.2.1.2	Protección del Arco Eléctrico.	69
4.2.1.3	Variables del Proceso de Soldadura SMAW.	70
4.2.1.3.1	Diámetro del Electrodo.	70
4.2.1.3.2	Corriente de Soldadura.	71
4.2.1.3.2.1	Corriente Alterna.	71
4.2.1.3.2.2	Soldadura de Arco con Corriente Continua.	71
4.2.1.3.3	Amperaje.	74

4.2.1.3.4	Longitud de Arco.	74
4.2.1.3.5	Velocidad de Soldadura.	74
4.2.1.3.6	Orientación del Electrodo.	75
4.2.1.4	Electrodos para Soldadura por Arco Metal Protegido.	75
4.2.1.4.1	Clasificación de los Electrodos Cubiertos.	77
4.2.1.4.1.1	Electrodos cubiertos especificados por AWS para metal base de aceros al carbono.	78
4.2.1.4.1.2	Tipos de Revestimientos de Aceros al Carbono.	82
4.2.1.5	Capacidades y Limitaciones del Proceso.	83
4.2.1.5.1	Capacidades.	83
4.2.1.5.2	Ventaja.	85
4.2.1.5.3	Limitaciones.	86
4.2.2	Soldadura de arco con electrodo consumible y protección de gas (Gas Metal Arc Welding, GMAW).	87
4.2.2.1	Principios de Funcionamiento.	88
4.2.2.2	Transferencias del Metal.	90
4.2.2.2.1	Transferencia por Inmersión o Cortocircuito.	90
4.2.2.2.2	Transferencia Globular.	91
4.2.2.2.3	Transferencia Spray.	91
4.2.2.3	Gases Protectores.	91
4.2.2.3.1	Características de Gases.	92
4.2.2.3.1.1	Argón.	93
4.2.2.3.1.2	Helio.	93
4.2.2.3.1.3	Dióxido de Carbono, CO ₂ .	93
4.2.2.3.1.4	AGAMIX 20 (80% AR + 20% CO ₂).	94
4.2.2.4	Electrodos para Soldadura por Arco con Alambre Sólido Autoprotegido.	96

4.2.2.4.1	Electrodos Sólidos para Acero al Carbono con Protección por Gas.	98
4.2.2.4.2	Selección de Electrodo Sólido para Acero al Carbono con Protección por gas a utilizar en el Armado de Bloque.	98
4.2.2.5	Ventajas del Proceso GMAW con Protección con Gas.	100
4.2.2.6	Limitaciones del Proceso GMAW con Protección con Gas.	101
4.2.3	Soldadura por Arco con Núcleo Fundente (Flux cored arc welding, FCAW).	101
4.2.3.1	Características Principales.	103
4.2.3.2	Modos de Transferencia.	104
4.2.3.3	Gases de Protección.	104
4.2.3.4	Selección de los Electrodos para Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente.	105
4.2.3.4.1	Electrodos de Acero Dulce.	105
4.2.3.4.2	Alambre Clasificación AWS E71T-1, Especificado por AWS A5.20.	108
4.2.3.5	Ventajas del Proceso FCAW con Protección con Gas.	110
4.2.3.6	Limitaciones del Proceso FCAW con Protección con Gas.	110
4.2.4	Soldadura por Arco Sumergido (Submerged arc welding, SAW).	111
4.2.4.1	Principios de Funcionamiento.	112
4.2.4.2	Equipo de Soldeo.	113
4.2.4.3	Materiales para Arco Sumergido.	114
4.2.4.3.1	Alambre.	114
4.2.4.3.2	Fundente.	114

**Capitulo V: Aseguramientos de Calidad para
Construcción de un Buque Normado por Lloyd's
Register of Shipping.**

5.1	Aseguramiento de Calidad para Construcción de un Bloque.	116
5.2	Importancia de la Inspección de la Construcción Soldada.	118
	Conclusión.	125
	Bibliografía	127

RESUMEN

Esta tesis tiene como principal objetivo, ofrecer información para el Armado Estructural de un bloque de una construcción naval con información de diseño de detalle proveniente de una ingeniería básica externa bajo clasificación por Lloyd's Register of Shipping, el cual considera los distintos etapas de fabricación con información de ingeniería de detalle proveniente de la modelación por el sistema Foran de la ingeniería básica. Esta ingeniería de detalle nos permite determinar la cantidad de material de acero naval con clasificación ASTM A131 que se requiere para la fabricación del bloque y la generación de información técnica como ingeniería de producción para el armado en los distintos procesos constructivos de un bloque.

Como segundo objetivo se encuentra el proporcionar información sobre el método para clasificar y seleccionar los electrodos para los distintos procesos de soldadura al arco eléctrico, de acuerdo a las normas emitidas por la American Welding Society AWS, con un control del aseguramiento de calidad que cumpla con la normativa de casa clasificadora Lloyd's Register y la aprobación satisfactoria del cliente de un producto terminado bajo los parámetros de plazo, costo y calidad establecidos contractualmente.

SUMMARY.

This thesis has as a main goal to offer information for structural assembled of a block in a shipping construction with information related to detailed design that comes from a basic external engineering classified by Lloyd's Register of Shipping, which considers different stages of manufacture with detailed engineering information coming from modeling the Foran system of basic engineering. This detailed engineering allows us quantify the steel naval material under classification ASTM A 131 needed to make the block and the creation of technique information as production engineering for the assembled in different constructive processes of a block.

The second goal is offer information related to the method about classification and selection of electrodes for different weld processes on electrical arches according to American Welding Society AWS emitted procedure, with a control of quality insurance that expires the regulation of Lloyd's Register classification and the approval from a client of a finished product with all the requirement of deadline, cost and quality established in the contract.

INTRODUCCION.

Este tema de tesis su principal objetivo es el Armado de un Bloque clasificado por Lloyd's Register of Shipping desde el punto de vista de producción.

Este tema de tesis consta de 5 capítulos, con contenido de relevancia para desarrollar el armado de un bloque.

El Capítulo I considera los aceros y sus clasificaciones de las propiedades químicas y mecánicas, y se establece el acero empleado en la construcción naval.

El Capítulo II considera la obtención de una ingeniería de detalle, necesaria para el armado de un bloque, obtenida de la modelación por el programa Foran de una ingeniería básica.

El Capítulo III se basa en los distintos procesos constructivos de la construcción de un bloque.

El Capítulo IV se basa en los distintos procesos de soldadura eléctrica normado por A.W.S. (American Welding Society, Sociedad Americana de Soldadura) donde se considera desde la selección y clasificación del tipo de electrodo como los distintos procesos de soldadura aplicable con sus parámetros de funcionamiento en el armado de un bloque.

El Capítulo V se basa en los aspectos de aseguramiento de calidad y las consideraciones que deben controlarse en las distintas etapas del armado de una construcción soldada.

CAPITULO I

ACEROS Y SUS CLASIFICACIONES.

Historia.

Aunque la fecha de su descubrimiento no es muy exacta, se puede identificar la técnica de fundir mineral de hierro para producir un metal susceptible de ser utilizado. Los primeros utensilios de hierro descubierto por los arqueólogos en Egipto datan del año 3000 a.C., y se sabe que antes de esa época se empleaban adornos de hierro. Los griegos ya conocían hacia el 1000 a.C. la técnica, de cierta complejidad, para endurecer armas de hierro mediante tratamiento térmico.

Las aleaciones producidas por los primeros artesanos de hierro se clasificarían en la actualidad como hierro forjado. Para producir esas aleaciones se calentaba una masa de mineral de hierro y carbón vegetal en un horno o forja con tiro forzado. Ese tratamiento reducía el mineral a una masa esponjosa de hierro metálico llena de una escoria formada por impurezas metálicas y cenizas de carbón vegetal. Esta esponja de hierro se retiraba mientras permanecía incandescente y se golpeaba con pesados martillos para expulsar la escoria y para soldar y consolidar el hierro. En ocasiones esta técnica de fabricación producía accidentalmente auténtico acero en lugar de hierro forjado. Los artesanos de hierro aprendieron a fabricar acero calentando hierro forjado y carbón vegetal en recipientes de arcilla durante varios días, con lo que el hierro absorbía suficiente carbono para convertirse en acero auténtico.

Después del siglo XIV se aumentó el tamaño de los hornos utilizados para la fundición y se incremento el tiro para forzar el paso de los gases de combustión por la carga o mezcla de materias primas. En estos hornos de mayor tamaño el mineral de hierro de la parte superior del horno se reducía a hierro metálico y a continuación absorbía más carbono como resultado de los gases que lo atravesaban. El producto de estos hornos era llamado arrabio, una aleación que funde a una temperatura menor que el acero o el hierro forjado. El acero se refinaba después para producir acero.

La producción moderna del acero emplea altos hornos que son modelos perfeccionados de los usados antiguamente. El proceso de refinado del arrabio

mediante chorros de aire se debe al inventor británico Henry Bessemer, que en 1855 desarrolló el horno o convertidor que lleva su nombre. Desde la década de 1960 funcionan varios minihornos que emplean electricidad para producir acero a partir de material de chatarra. Sin embargo, las grandes instalaciones de altos hornos continúan siendo esenciales para producir acero a partir de mineral de hierro.

1.1 Hierro, Arrabio y Acero al carbono.

Los términos hierro, fierro, acero, fundición y arrabio, suele confundirse y se emplean comúnmente sin precisión alguna, lo que dificulta el buen entendimiento. Es frecuente oír de fierro cuando se está haciendo referencia al acero o al arrabio, como también, usar el término acerado para hablar de algún acero relativamente duro, o designar por fierro viejo a alguna chatarra de acero. Para mayor claridad anotamos algunas definiciones:

- Hierro o Fierro, es el nombre del metal que no existe puro en la naturaleza. Se encuentra en la naturaleza en forma de minerales de hierro entre un 25% a 70%, en forma de óxidos, carbonatos, fosforo, etc.
- Arrabio o fundición, corresponde a una aleación de Fe-C con alto contenido de carbono que comúnmente es de 2,5% a 4,5% y que contiene, además como impurezas (manganeso, fosforo, azufre y silicio). Este producto es utilizado en las plantas siderúrgicas en estado de lingotes o estado líquido, llevándolo a hornos de acerería para producir acero.
- Acero al carbono es la aleación Fe-C con un contenido de carbono inferior al arrabio o fundición y que, generalmente, no sobrepasa 1,5% con un estado homogénea y sin presencia de escoria.

1.2 Características y Aplicaciones de Aceros.

Según la exigencia o solicitud de los materiales, los podemos clasificar como estructurales y funcionales.

1.2.1 Materiales estructurales.

Entre los materiales de construcción, como es de conocimiento general, el acero tiene una posición sumamente relevante, debido que combina la resistencia mecánica, su capacidad de ser trabajado, disponibilidad. Siendo así, es fácil comprender la importancia y el amplio uso de los aceros en todos los campos de la ingeniería, en las estructuras, sean éstas fijas, como los

edificios, puentes, etc. o sean móviles, en la industria ferroviaria, automotriz, naval, aeronáutica, etc.

De esta forma, los aceros al Carbono comunes, simplemente laminados y sin ningún tratamiento térmico, son plenamente satisfactorios y constituyen un porcentaje considerable dentro de los aceros estructurales.

En otras aplicaciones, se exige una relación resistencia/peso más satisfactoria. Es el caso de la industria del transporte, en donde el equipo utilizado – camiones, buses, equipo ferroviario, naval, etc.- debido a las condiciones propias del servicio, debe caracterizarse por un peso relativamente bajo y una alta resistencia. Esta condición es fundamental ya que estas estructuras están sujetas a esfuerzos e impactos severos, además de una resistencia a la corrosión adecuada.

1.2.2 Materiales Funcionales.

Son aquellos que se eligen por sus propiedades funcionales: eléctricas o electrónicas (conductividad, resistividad, superconductividad), magnéticas, termoiónicas, radiactivas, etc.

Entre los materiales estructurales el acero es, con diferencia, el de mayor importancia por las excelentes propiedades mecánicas que presenta y por la variedad de condiciones de trabajo en las que puede emplearse.

Respecto al problema frecuentemente planteado de elegir el acero más idóneo para una aplicación específica, existen varios criterios en los cuales se basa normalmente la decisión final:

- Anotar las propiedades requeridas por el acero para dicho servicio. Es muy difícil que un tipo de acero reúna una combinación ideal de propiedades, lo normal es que haya que reducir algunas en beneficio de otras, es decir, establecer un compromiso entre dos o más propiedades.

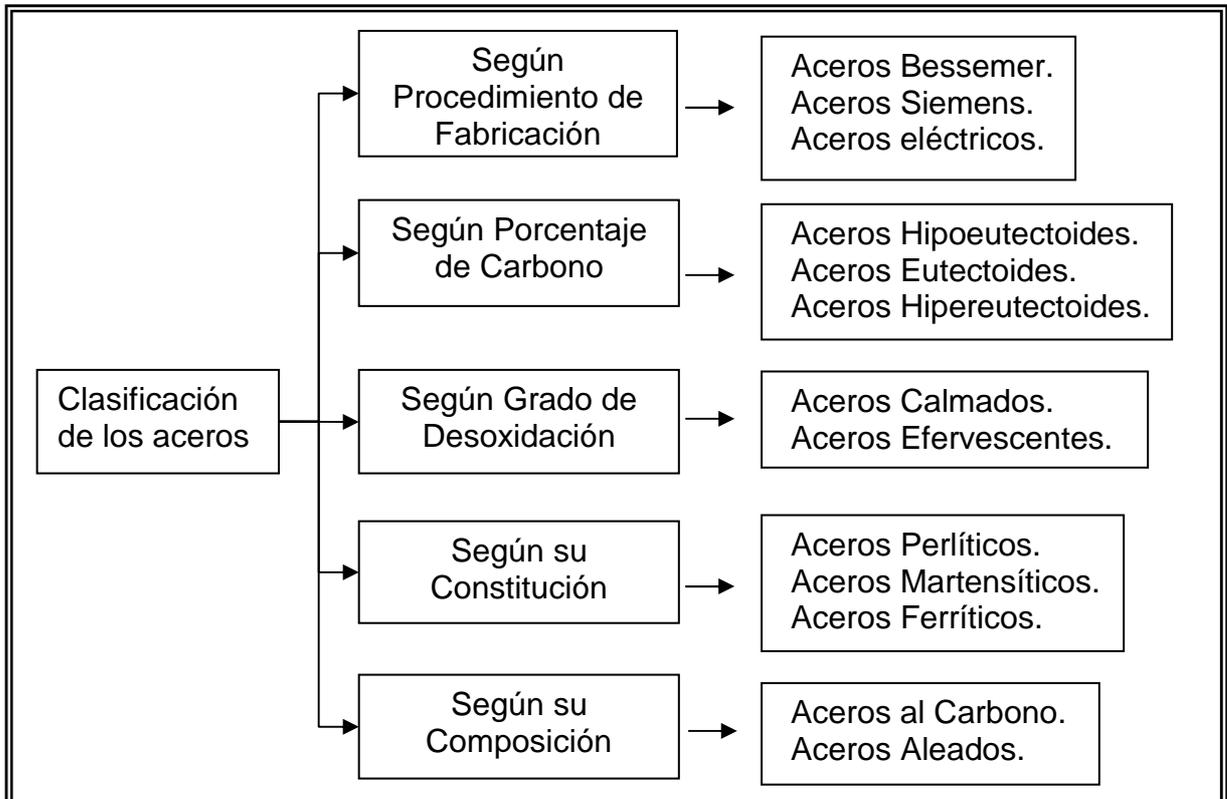
- Degradación y durabilidad del acero en servicio. Por ejemplo, las elevadas o muy bajas temperaturas y ambientes corrosivos disminuyen considerablemente la resistencia mecánica.

Costo del producto acabado. Puede que el acero reúna un conjunto idóneo de propiedades pero resulte muy caro. En este caso también hay que establecer un compromiso entre costo y eficiencia

1.3 Clasificación de los Aceros.

Es muy difícil establecer una clasificación precisa y completa para todos los tipos de acero existentes. Más difícil aún, es establecer una equivalencia exacta entre los aceros de diferentes denominaciones, ya que el ordenamiento de estos materiales en clasificaciones y normas difiere según el país de origen. En el caso de los aceros al Carbono comunes, los sistemas usuales de clasificación –SAE, AISI, COPANT, DIN, ASTM, etc.

La amplia gama de aceros son clasificados según su procedimiento de fabricación, según su grado de carbono presente, según su grado de desoxidación, según su constitución y según su composición la cual esta resumida en el esquema 1.3.1 clasificación de los aceros.



Esquema 1.3.1 Clasificación de los aceros.

El acero es una aleación de hierro con carbono, además se suele componer de otros elementos, ya inmersos en el material del que se obtienen. Pero se le pueden añadir otros materiales para mejorar su dureza, maleabilidad u otras propiedades.

Las propiedades físicas de los aceros y su comportamiento a distintas temperaturas dependen sobre todo de la cantidad de carbono presente en el metal base de construcción y de su distribución.

Antes del tratamiento térmico, la mayoría de los aceros son una mezcla de tres sustancias, ferrita, perlita, cementita.

- La ferrita, blanda y dúctil, es hierro con pequeñas cantidades de carbono y otros elementos en disolución.
- La cementita es un compuesto de hierro con el 7% de carbono aproximadamente, es de gran dureza y muy quebradiza.
- La perlita es una mezcla de ferrita y cementita, con una composición específica y una estructura características, sus propiedades físicas con intermedias entre las de sus dos componentes.
- La resistencia y dureza de un acero que no ha sido tratado térmicamente depende de la proporciones de estos tres ingredientes. Cuanto mayor es el contenido en carbono de un acero, menor es la cantidad de ferrita y mayor la de perlita.

En el caso de los aceros aleados, la elaboración de sistemas de clasificación es más dificultosa aún, debido al constante nacimiento de nuevos tipos de acero, con la presencia de nuevos elementos de aleación. Aún así, para los tipos más comunes de aceros y las cantidades relativamente bajas de elementos aleantes, tanto la SAE, AISI y otras asociaciones técnicas, elaboraron sistemas de clasificación que atienden satisfactoriamente las necesidades de nuestro medio.

Del mismo modo, ya se establecieron los sistemas de clasificación para algunos tipos de aceros especiales como aceros de herramienta, aceros inoxidables, aceros resistentes al calor, etc.

Todas estas clasificaciones especifican principalmente las composiciones químicas de los aceros, subdivididos en un sinnúmero de grupos e incluyendo decenas de análisis químicos diferentes.

En Chile existe un sistema de normalización para aceros ordenado según un criterio basado en las aplicaciones más comunes de este material; como ejemplo se pueden citar las normas NCh 203. Of 77, para aceros de uso estructural.

Para los fines del presente documento, hablaremos de los aceros clasificados de acuerdo a su composición química y su aplicación.

1.3.1 Clasificación de los Aceros por Composición Química.

La clasificación de los aceros por su composición química está basada en dos clases fundamentales, los aceros al carbono y aceros aleados.

Aceros al carbono que están formados fundamentalmente por hierro y carbono.

Aceros aleados son los que contienen, además de carbono e impurezas, elementos de aleación voluntaria, como cromo, níquel, molibdeno, vanadio, wolframio, etc.

Estos elementos influyen en las propiedades de los aceros, aumentando o disminuyendo la templabilidad, la dureza, la maquinabilidad, etc.

Este sistema de clasificación de los aceros considera como base la composición química de los aceros, los que a su vez, podrían ser considerados en los siguientes subgrupos:

1.3.1.1 Aceros al Carbono.

Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,6% de silicio y el 0,6% de cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas, carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero, cascos de buques y horquillas o pasadores para el pelo.

1.3.1.2 Aceros Aleados.

Son aquellos aceros que presentan en su constitución, elementos de aleación que son los que les dan las características específicas a cada tipo de acero. Los elementos de aleación más empleados, son el cromo, níquel, molibdeno, manganeso, silicio, vanadio, tungsteno.

1.3.1.3 Aceros de Baja Aleación Ultrarresistentes.

Los aceros de baja aleación son más baratos que los aceros aleados convencionales ya que contienen cantidades menores de los costosos elementos de aleación. Sin embargo, reciben un tratamiento especial que les da una resistencia mucho mayor que la del acero al carbono. Por ejemplo, los vagones de mercancías fabricados con aceros de baja aleación pueden transportar cargas más grandes porque sus paredes son más delgadas que lo que sería necesario en cada caso de emplear acero al carbono. Además, como los vagones de acero de baja aleación pesan menos, las cargas pueden ser más pesadas. En la actualidad se construyen muchos edificios con estructuras de aceros de baja aleación. Las vigas pueden ser más delgadas sin disminuir su resistencia, logrando un mayor espacio interior en los edificios.

1.3.1.4 Aceros Inoxidables.

Los aceros inoxidables contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Algunos aceros inoxidables son muy duros; otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia durante largos periodos a temperaturas extremas. Debido a sus superficies brillantes, en arquitectura se emplean muchas veces con fines decorativos. El acero inoxidable se utiliza para las tuberías y tanques de refinerías de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de los aviones o para cápsulas espaciales. También se usa para fabricar instrumentos y equipos quirúrgicos, o para fijar o sustituir huesos rotos, ya que resisten a la acción de fluidos corporales. En cocinas y zonas de preparación de alimentos, los utensilios son a menudo de acero inoxidable, ya que no oscurezca los alimentos y puede limpiarse con facilidad.

1.3.2 Clasificación de Aceros por sus Características Mecánicas y Tecnológicas.

Las propiedades mecánicas son aquellas que definen el comportamiento del material cuando es sometido a carga externa y permite juzgar la aptitud de un material para su utilización mecánica, es decir, soportar esfuerzos sin deformarse ni romperse o sufrir deformaciones sin rotura.

El comportamiento mecánico de un acero depende fundamentalmente del tipo de que se trate (composición química) y además, de la "condición

(calidad)” y el “estado”. Por otra parte, el comportamiento del material varía con:

- El carácter de los esfuerzos a que se halle sometido: tracción, compresión, flexión, etc.
- La naturaleza del esfuerzo, monoaxial, biaxial o triaxial.
- Las condiciones de aplicación: progresiva, rápida, permanente, variable, cíclica, etc.
- Las condiciones de temperatura en que se realiza la aplicación.

En general, el comportamiento de un acero ante la aplicación de una carga puede ser cuantificado mediante tres grupos de propiedades:

- ✓ **Resistencia:** es la capacidad con que el acero se opone a su deformación o rotura. Las propiedades de resistencia más comunes son la resistencia a la deformación y la resistencia a la rotura. Otra forma de resistencia es la dureza.
- ✓ **Deformabilidad:** son aquellas que expresan su capacidad para sufrir deformación antes de la rotura, como generalmente se hace referencia a la deformación plástica, se habla de plasticidad. Las propiedades que definen la plasticidad son la ductilidad (deformación que se produce debido a un esfuerzo de tracción) y la maleabilidad (deformación que se produce debido a un esfuerzo de compresión).
- ✓ **Tenacidad** se refiere al trabajo desarrollado por el acero en su proceso de deformación hasta la rotura; en otras palabras, es la capacidad de absorber energía mecánica deformándose antes de romperse. Su valor depende de la ductilidad y resistencia del material.

Aunque estas varían con los ajustes en su composición y los diversos tratamientos térmicos, químicos o mecánicos, con los que pueden conseguirse aceros con combinaciones de características adecuadas para infinidad de aplicaciones, se pueden citar algunas propiedades genéricas:

- A. Su densidad media es de 7850 kg/m³.
- B. En función de la temperatura el acero se puede contraer, dilatar o fundir.
- C. El punto de fusión del acero depende del tipo de aleación y los porcentajes de elementos aleantes. El de su componente principal, el hierro es de alrededor de 1510 °C en estado puro (sin alear), sin embargo el acero presenta frecuentemente temperaturas de fusión de alrededor de 1375 °C, y en general la temperatura necesaria para la fusión aumenta a medida que se funde. Por otra parte el acero rápido funde a 1650 °C.
- D. Su punto de ebullición es de alrededor de 3000 °C.
- E. Es un material muy tenaz, especialmente en alguna de las aleaciones usadas para fabricar herramientas.
- F. Relativamente dúctil. Con él se obtienen hilos delgados llamados alambres.
- G. Es maleable. Se pueden obtener láminas delgadas llamadas hojalata. La hojalata es una lámina de acero, de entre 0,5 y 0,12mm. de espesor, recubierta, generalmente de forma electrolítica, por estaño.
- H. Permite una buena mecanización en máquinas herramientas antes de recibir un tratamiento térmico.
- I. Algunas composiciones y formas del acero mantienen mayor memoria, y se deforman al sobrepasar su límite elástico.
- J. La dureza de los aceros varía entre la del hierro y la que se puede lograr mediante su aleación u otros procedimientos térmicos o químicos entre los cuales quizá el más conocido sea el templeado del acero, aplicable a aceros con alto contenido en carbono, que permite, cuando es superficial, conservar un núcleo tenaz en la pieza que evite fracturas

frágiles. Aceros típicos con un alto grado de dureza superficial son los que se emplean en las herramientas de mecanizado, denominados aceros rápidos que contienen cantidades significativas de cromo, wolframio, molibdeno y vanadio. Los ensayos tecnológicos para medir la dureza son Brinell, Vickers y Rockwell, entre otros.

- K. Se puede soldar con facilidad.
- L. La corrosión es la mayor desventaja de los aceros ya que el hierro se oxida con suma facilidad incrementando su volumen y provocando grietas superficiales que posibilitan el progreso de la oxidación hasta que se consume la pieza por completo. Tradicionalmente los aceros se han venido protegiendo mediante tratamientos superficiales diversos. Si bien existen aleaciones con resistencia a la corrosión mejorada como los aceros de construcción aptos para intemperie (en ciertos ambientes) o los aceros inoxidable.
- M. Posee una alta conductividad eléctrica. Aunque depende de su composición es aproximadamente de $3 \cdot 10^6$ S/m. En las líneas aéreas de alta tensión se utilizan con frecuencia conductores de aluminio con alma de acero proporcionando éste último la resistencia mecánica necesaria para incrementar los vanos entre la torres y optimizar el coste de la instalación.
- N. Se utiliza para la fabricación de imanes permanentes artificiales, ya que una pieza de acero imantada no pierde su imantación si no se la calienta hasta cierta temperatura. La magnetización artificial se hace por contacto, inducción o mediante procedimientos eléctricos. En lo que respecta al acero inoxidable, al acero inoxidable ferrítico sí se le pega el imán, pero al acero inoxidable austenítico no se le pega el imán ya que la fase del hierro conocida como austenita no es atraída por los imanes. Los aceros inoxidable contienen principalmente níquel y cromo en porcentajes del orden del 10% además de algunos aleantes en menor proporción.

O. Un aumento de la temperatura en un elemento de acero provoca un aumento en la longitud del mismo. Este aumento en la longitud puede valorarse por la expresión: $\delta L = \alpha \delta t^\circ L$, siendo α el coeficiente de dilatación, que para el acero vale aproximadamente $1,2 \cdot 10^{-5}$ (es decir $\alpha = 0,000012$). Si existe libertad de dilatación no se plantean grandes problemas subsidiarios, pero si esta dilatación está impedida en mayor o menor grado por el resto de los componentes de la estructura, aparecen esfuerzos complementarios que hay que tener en cuenta. El acero se dilata y se contrae según un coeficiente de dilatación similar al coeficiente de dilatación del hormigón, por lo que resulta muy útil su uso simultáneo en la construcción, formando un material compuesto que se denomina hormigón armado.

El acero da una falsa sensación de seguridad al ser incombustible, pero sus propiedades mecánicas fundamentales se ven gravemente afectadas por las altas temperaturas que pueden alcanzar los perfiles en el transcurso de un incendio.

1.3.2.1 Ensayos Mecánicos del Acero.

Cuando un técnico proyecta una estructura metálica, diseña una herramienta o una máquina, define las calidades y prestaciones que tienen que tener los materiales constituyentes. Como hay muchos tipos de aceros diferentes y, además, se pueden variar sus prestaciones con tratamientos térmicos, se establecen una serie de ensayos mecánicos para verificar principalmente la dureza superficial, la resistencia a los diferentes esfuerzos que pueda estar sometido, el grado de acabado del mecanizado o la presencia de grietas internas en el material, lo cual afecta directamente al material pues se pueden producir fracturas o hasta roturas.

Hay dos tipos de ensayos, unos que pueden ser destructivos y otros no destructivos.

1.3.2.1.1 Ensayos no Destructivos.

Son los tipos de pruebas practicadas a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo a la muestra examinada, la cual buscan únicamente verificar la homogeneidad y continuidad del material analizado.

Los ensayos no destructivos son los siguientes:

- Ensayo microscópico y rugosidad superficial. Microscopios y rugosímetros.
- Ensayos por ultrasonidos.
- Ensayos por líquidos penetrantes.
- Ensayos por partículas magnéticas.

1.3.2.1.2 Ensayos Destructivos.

La forma en que se determinan con qué propiedades cuenta un material, es mediante la realización de diferentes pruebas o ensayos. En base a ellos es posible determinar qué material es el que emplearemos, por ejemplo, en levantar determinada estructura o edificio.

Dentro de los ensayos a que se someten los aceros, destacaremos los más utilizados:

- Ensayo de tracción.
- Ensayo de dureza.
- Ensayo de impacto.

1.3.2.1.2.1 Ensayo de Tracción

Debido a la gran cantidad de información que puede obtenerse a partir de este ensayo, es sin duda alguna, uno de los test mecánicos ampliamente empleados para el acero. Con una versatilidad del ensayo de tracción radica en el hecho de que nos permite medir al mismo tiempo, tanto la ductilidad, como la resistencia. El valor de resistencia es directamente utilizado en todo lo que se refiere a la aplicación del diseño. Los datos relativos a la ductilidad, proveen una buena medida de los límites hasta los cuales se puede llegar a deformar el acero en cuestión, sin llegar a la rotura del mismo.

Este ensayo consiste en someter una muestra estandarizada, denominada probeta, de sección uniforme y conocida, a una fuerza de tracción que va aumentando progresivamente. En forma simultánea se van midiendo los correspondientes alargamientos de la probeta.

Al iniciarse el ensayo, el material se deforma elásticamente; esto significa que si la carga se elimina, la muestra recupera su longitud inicial. Se dice que el material sobrepasó su límite elástico cuando la carga es de magnitud suficiente para iniciar una deformación plástica, no recuperable. En

otras palabras, el material no recupera su longitud inicial si se elimina la carga aplicada.

El esfuerzo alcanza su máximo en el valor de resistencia máxima a la tensión. En este valor de esfuerzo, se forma en la probeta una estricción o cuello, la cual es una reducción localizada en el área de la sección transversal, en la que se concentra todo el alargamiento posterior.

Una vez formado este cuello, el esfuerzo disminuye al aumentar la deformación y continúa disminuyendo hasta que la probeta se rompe.

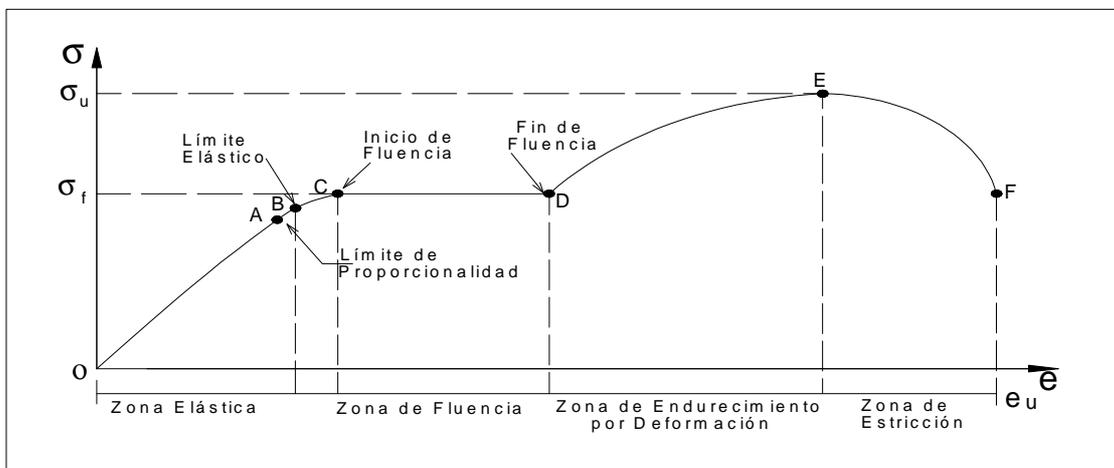
En un ensayo de tracción pueden determinarse diversas características de los materiales elásticos:

- A. Módulo de elasticidad o Módulo de Young, que cuantifica la proporcionalidad anterior.
- B. Coeficiente de Poisson, que cuantifica la razón entre el alargamiento longitudinal y el acortamiento de las longitudes transversales a la dirección de la fuerza.
- C. Límite de proporcionalidad valor de la tensión por debajo de la cual el alargamiento es proporcional a la carga aplicada.
- D. Límite de fluencia o límite elástico aparente: valor de la tensión que soporta la probeta en el momento de producirse el fenómeno de la cedencia o fluencia. Este fenómeno tiene lugar en la zona de transición entre las deformaciones elásticas y plásticas y se caracteriza por un rápido incremento de la deformación sin aumento apreciable de la carga aplicada.
- E. Límite elástico (límite elástico convencional o práctico): valor de la tensión a la que se produce un alargamiento prefijado de antemano (0,2%, 0,1%, etc.) en función del extensómetro empleado.
- F. Carga de rotura o resistencia a la tracción: carga máxima resistida por la probeta dividida por la sección inicial de la probeta.
- G. Alargamiento de rotura: incremento de longitud que ha sufrido la probeta. Se mide entre dos puntos cuya posición está normalizada y se expresa en tanto por ciento.
- H. Estricción: es la reducción de la sección que se produce en la zona de la rotura.

Normalmente, el límite de proporcionalidad no suele determinarse ya que carece de interés para los cálculos. Tampoco se calcula el Módulo de Young, ya que éste es característico del material; así, todos los aceros tienen el mismo módulo de elasticidad aunque sus resistencias puedan ser muy diferentes

1.3.2.1.2.1.1 Diagrama Tensión v/s Deformación.

En el ensayo se mide la deformación (alargamiento) de la probeta entre dos puntos fijos de la misma a medida que se incrementa la carga aplicada, y se representa gráficamente en función de la tensión (carga aplicada dividida por la sección de la probeta).



En general, la curva tensión-deformación así obtenida presenta cuatro zonas diferenciadas:

1. **Deformaciones elásticas:** en esta zona las deformaciones se reparten a lo largo de la probeta, son de pequeña magnitud y, si se retirara la carga aplicada, la probeta recuperaría su forma inicial. El coeficiente de proporcionalidad entre la tensión y la deformación se denomina módulo de elasticidad o de Young y es característico del material. Así, todos los aceros tienen el mismo módulo de elasticidad aunque sus resistencias puedan ser muy diferentes. La tensión más elevada que se alcanza en esta región se denomina límite de fluencia y es el que marca la aparición de este fenómeno. Pueden existir dos zonas de deformación elástica, la primera recta y la segunda curva, siendo el límite de proporcionalidad el valor de la tensión que marca la transición entre ambas. Generalmente, este último valor carece de interés práctico y se define entonces un límite elástico (convencional o práctico) como aquél para el que se

produce un alargamiento prefijado de antemano (0,2%, 0,1%, etc.). Se obtiene trazando una recta paralela al tramo proporcional (recto) con una deformación inicial igual a la convencional.

2. Fluencia o cedencia. Es la deformación brusca de la probeta sin incremento de la carga aplicada. El fenómeno de fluencia se da cuando las impurezas o los elementos de aleación bloquean las dislocaciones de la red cristalina impidiendo su deslizamiento, mecanismo mediante el cual el material se deforma plásticamente. Alcanzado el límite de fluencia se logra liberar las dislocaciones produciéndose la deformación bruscamente. La deformación en este caso también se distribuye uniformemente a lo largo de la probeta pero concentrándose en las zonas en las que se ha logrado liberar las dislocaciones. No todos los materiales presentan este fenómeno, en cuyo caso la transición entre la deformación elástica y plástica del material no se aprecia de forma clara.
3. Deformaciones plásticas: si se retira la carga aplicada en dicha zona, la probeta recupera sólo parcialmente su forma quedando deformada permanentemente. Las deformaciones en esta región son más acusadas que en la zona elástica.
4. Estricción. Llegado un punto del ensayo, las deformaciones se concentran en la parte central de la probeta apreciándose una acusada reducción de la sección de la probeta, momento a partir del cual las deformaciones continuarán acumulándose hasta la rotura de la probeta por esa zona. La estricción es la responsable del descenso de la curva tensión-deformación; realmente las tensiones no disminuyen hasta la rotura, sucede que lo que se representa es el cociente de la fuerza aplicada (creciente) entre la sección inicial y cuando se produce la estricción la sección disminuye, efecto que no se tiene en cuenta en la representación gráfica. Los materiales frágiles no sufren estricción ni deformaciones plásticas significativas, rompiéndose la probeta de forma brusca. Terminado el ensayo se determina la carga de rotura, carga última o resistencia a la tracción: la máxima resistida por la probeta

dividida por su sección inicial, el alargamiento en (%) y la estricción en la zona de la rotura.

1.3.2.1.2.2 Ensayo de Dureza.

El ensayo de dureza mide la resistencia de un material a la penetración de un punzón o una cuchilla. Este penetrador es también llamado durómetro, el que usualmente consta de una bolita, pirámide o un cono de un material mucho más duro que el acero que se está midiendo.

La profundidad hasta la cual penetra este material nos entrega un valor, el que está tabulando, obteniéndose así una medida de la dureza del acero.

Su uso está ampliamente extendido, especialmente dentro de las áreas de conformado y de tratamiento térmico de los aceros. Una utilización práctica, es la de dar una buena correlación entre las medidas que entrega y otras propiedades que pueden medirse directamente, como la penetración del temple de un acero.

Dado que el ensayo de dureza puede hacerse fácilmente, la información obtenida puede ser evaluada inmediatamente. Por estas razones se le usa ampliamente para control de calidad en producción.

- **Dureza Brinell:** Emplea como punta una bola de acero templado o carburo de W. Para materiales duros, es poco exacta pero fácil de aplicar. Poco precisa con chapas de menos de 6mm de espesor. Estima resistencia a tracción.
- **Dureza Knoop:** Mide la dureza en valores de escala absolutas, y se valoran con la profundidad de señales grabadas sobre un mineral mediante un utensilio con una punta de diamante al que se le ejerce una fuerza estándar.
- **Dureza Rockwell:** Se utiliza como punta un cono de diamante (en algunos casos bola de acero). Es la más extendida, ya que la dureza se obtiene por medición directa y es apto para todo tipo de materiales. Se suele considerar un ensayo no destructivo por el pequeño tamaño de la huella.
- **Rockwell superficial:** Existe una variante del ensayo, llamada Rockwell superficial, para la caracterización de piezas muy delgadas, como

cuchillas de afeitar o capas de materiales que han recibido algún tratamiento de endurecimiento superficial.

- **Dureza Rosiwal:** Mide en escalas absoluta de durezas, se expresa como la resistencia a la abrasión medias en pruebas de laboratorio y tomando como base el corindón con un valor de 1000.
- **Dureza Shore:** Emplea un escleroscopio. Es adimensional, pero consta de varias escalas. Aplicable para control de calidad superficial. Es un método elástico, no de penetración como los otros.
- **Dureza Vickers:** Emplea como penetrador un diamante con forma de pirámide cuadrangular. Para materiales blandos, los valores Vickers coinciden con los de la escala Brinell. Mejora del ensayo Brinell para efectuar ensayos de dureza con chapas de hasta 2mm de espesor.
- **Dureza Webster:** Emplea máquinas manuales en la medición, siendo apto para piezas de difícil manejo como perfiles largos extraídos. El valor obtenido se suele convertir a valores Rockwell.

1.3.2.1.2.3 Ensayo de Impacto.

Utilizado para medir la tenacidad del acero. En esta prueba, una probeta especial del acero en cuestión, es sometida a un fuerte impacto instantáneo. Este hecho entrega una medida de la energía que se debe aplicar para su fractura, lo que se traduce en un índice de su tenacidad.

Si bien los resultados de los ensayos de impacto no se utilizan directamente para el diseño, son muy útiles como una herramienta de la producción, ya que permiten la comparación de un acero con otro que ha dado resultados satisfactorios. Existen dos tipos de ensayo que han alcanzado gran difusión: Charpy e Izod.

1.3.3 Aceros al Carbono

Los requisitos fundamentales que deben cumplir estos aceros, son los siguientes:

- Ductilidad y homogeneidad.
- Valor elevado de la relación resistencia mecánica/límite de fluencia.
- Soldabilidad.
- Apto para ser cortado por llama, sin endurecimiento.
- Resistencia a la corrosión, razonable.

Con excepción de la resistencia a la corrosión, todos los otros requisitos son satisfechos en mayor o menor grado, por los aceros de bajo a medio Carbono, que son obtenidos por laminación y cuyos límites de resistencia varían de 40 a 50 Kgf/mm² y alargamientos que están en torno al 20%.

De hecho, un contenido relativamente bajo de Carbono y el trabajado en caliente de laminación de los perfiles estructurales, garantizan la ductilidad necesaria, además de la homogeneidad en todo el producto. La ductilidad de estos aceros garantiza una excelente trabajabilidad en operaciones como el corte, doblado, perforado, etc., sin que se originen fisuras u otros defectos.

El límite de fluencia, así como el módulo de elasticidad, son las características del acero que se utilizan en el proyecto y el cálculo de una estructura.

La soldabilidad por otra parte, es otra característica muy importante en este tipo de material de construcción, ya que la soldadura de los elementos y piezas en una estructura, es práctica común. Los aceros al Carbono comunes también satisfacen este requisito, pues deben ser soldados sin alterar su microestructura. Del mismo modo, el corte por llama, muy empleado en piezas estructurales, poco afecta a estos aceros, desde el punto de vista de sus alteraciones microestructurales en las proximidades de la zona de corte.

Finalmente, la resistencia a la corrosión sólo es alcanzada por la adición de pequeñas cantidades de cobre, elemento que adicionado en cantidades muy bajas (0,25%) mejora esta propiedad en dos veces en relación al mismo acero sin cobre.

Para la mayoría de las aplicaciones estructurales, la cantidad de Carbono de estos aceros varía entre 0,15% a 0,40%, con otros elementos (Mn, Si, P y S) en cantidades consideradas normales.

En las estructuras, los perfiles de acero al Carbono utilizados son los más diversos, sobresaliendo los siguientes: barras redondas, cuadradas, hexagonales, planas, ángulos, canales, perfiles doble T, etc.

Todos estos productos son laminados en caliente y empleados en ese estado, sin otro tratamiento térmico o mecánico posterior.

1.3.4 Norma ASTM, American Society for Testing and Materials.

Creada en 1898 ASTM International es una de las mayores organizaciones del mundo que desarrollan normas voluntarias. ASTM es una organización sin ánimo de lucro que brinda un foro para el desarrollo y publicación de normas voluntarias por consenso, aplicables a los materiales productos, sistemas y servicios.

Las normas de ASTM son "voluntarias" en el sentido de que ASTM no exige observarlas. Sin embargo las autoridades gubernamentales con facultad normativa con frecuencia dan fuerza de ley a las normas voluntarias, mediante su cita en leyes, regulaciones y códigos.

Los miembros de ASTM que representan a productores, usuarios consumidores, el gobierno y el mundo académico de más de 100 países, quienes desarrollan documentos técnicos que son la base para la fabricación, gestión y adquisición, y para la elaboración de códigos y regulaciones.

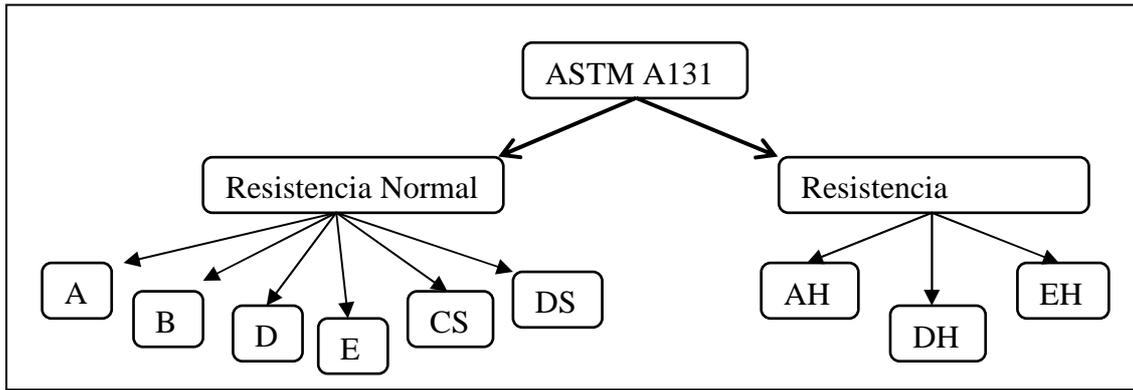
Las normas ASTM las usan los individuos compañías y agencias en todo el mundo. Los compradores y vendedores incorporan normas en sus contratos; los científicos e ingenieros las usan en sus laboratorios y oficinas; los arquitectos y diseñadores las usan en sus planos; las agencias gubernamentales de todo el mundo hacen referencia a ellas en códigos regulaciones y leyes.

1.3.5 Acero al Carbono ASTM A 131/A 131 M – 08.

Las especificación estándar para acero estructural para barcos, utilizado tanto en construcción como en reparaciones, se encuentran designada en las Normas ASTM en la especificación ASTM A-131-82, y bajo la aprobación de la casa clasificadora Lloyd's Register of Shipping (LRS).

Este acero, utilizado principalmente en construcciones navales, se especifica en dos niveles de resistencia, cuyas propiedades mecánicas como la dureza y elongación se evaluarán por medio del ensayo de tensión y de Charpy.

La clasificación de tipos de aceros ASTM A131 según su resistencia en el esquema 1.3.5.1 Clasificación de acero ASTM A131.



1.3.5.1 Clasificación de acero ASTM A131.

La composición y características físicas del acero ASTM A131 para las distintas resistencias que clasifican el acero ASTM A131 se identifica en la Tabla 1.3.5.1 Composición y Características físicas del acero ASTM A131.

Grado	Ruptura MPa	Fluencia min MPa	% Alargamiento min. (2)		% C (4)	Mn (4)
			200 mm	50mm		
A	400 a 490	235 (1)	21	24	0,23 (5)	(*6)
B	400 a 490	235 (1)	21	24	0,21	0,8 - 1,1 (7)
D	400 a 490	235 (1)	21	24	0,21	0,7 (7) - 1,35 (8)
E	400 a 490	235 (1)	21	24	0,18	0,7 - 1,35 (7)
CS	400 a 490	235 (1)	21	24	0,16	1,0 - 1,35 (7)
DS	400 a 490	235 (1)	21	24	0,16	1,0 - 1,35 (7)
AH32	470 a 585	315	19	22	0,18	0,9 - 1,6
DH32	470 a 585	315	19	22	0,18	0,9 - 1,7
EH32	470 a 585	315	19	22	0,18	-
AH36	490 a 620	360	19	22	0,18	-
DH36	490 a 620	360	19	22	0,18	-
EH36	490 a 620	360	19	22	0,18	-

Tabla 1.3.5.1 Composición y Características físicas del acero ASTM A131.

Notas:

- (1) Sobre 25,4 mm puede reducirse a 220 Mpa.
- (2) Bajo 7,9mm se permite deducir 1,25% por cada 0,8 mm de espesor en probetas de 200 mm.
- (4) Para los aceros normales el $C + 1/6 Mn = 0,40$ máx.
- (6) Para $e > 12,7$ mm. $Mn > 2,5$ % C.
- (7) Para los aceros normales el % Mn puede llegar al 1,65% siempre que se cumpla la nota (4).
- (8) Para $e < 25,4$ mm se acepta % Mn 0,60 min.

El acero ASTM A131, tiene equivalencias para las distintas casas clasificadoras que se indican en la tabla 1.3.5.2 Equivalencias de ASTM A131 versus Casa Clasificadora.

Tabla de Equivalencias de Aceros para las distintas Casas Clasificadoras								
GL	LRS	DNV	ABS	BV	RINA	NKK	RNR	ASTM-A131
A	A	NVA	A	A	A	KA	A	A
B	B	NVB	B	B	B	KB	B	B
D	D	NVD	D	D	D	KD	D	D
E	E	NVE	E	E	E	KE	E	E
A-32	AH-32	NVA-32	A-32	A-32	AH-32	KA-32	A-32	AH-32
D32	DH-32	NVD-32	D-32	D-32	DH-32	KD-32	D-32	DH-32
E-32	EH-32	NVE-32	E-32	E-32	EH-32	KE-32	E-32	EH-32
A-36	AH-36	NVA-36	A-36	A-36	AH-36	KA-36	A-36	AH-36
D36	DH-36	NVD-36	D-36	D-36	DH-36	KD-36	D-36	DH-36
E-36	EH-36	NVE-36	E-36	E-36	EH-36	KE-36	E-36	EH-36

Tabla 1.3.5.2 Equivalencias de ASTM A131 versus Casa Clasificadora.

Una vez establecido la clasificación del acero ASTM A131, según su nivel de resistencia, también se clasifica según el grado, pero un aspecto a considerar es la soldabilidad de los aceros navales, el cual está influenciado por el porcentaje de carbono presente, lo cual es un aspecto a considerar en la elección del tipo de electrodo a ocupar como los respectivos tratamientos térmicos para el soldeo de materiales para los distintos espesores de planchas.

1.3.5.1 Determinación de la Soldabilidad de los Aceros.

Las características de soldabilidad de los aceros es uno de los aspectos más importantes a considerar. Desde el punto de vista metalúrgico, podemos definir la soldabilidad de un metal como la capacidad para mantener sus propiedades después del calentamiento que aporta el proceso de soldadura. La pérdida de propiedades posible después de este proceso, se debe fundamentalmente a los cambios microestructurales y a la aparición de estructuras de no equilibrio, no tenaces por naturaleza, consecuencia del calentamiento y enfriamiento rápidos desde la temperatura de fusión. En este proceso, influyen la composición química del material, la geometría y tamaño de las piezas a soldar y el proceso en sí de soldadura.

La influencia de la composición química se mide a partir del parámetro denominado carbono equivalente (C.E), establecido por el Instituto Internacional de la soldadura (IIW) y cuya expresión es la siguiente:

$$C.E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

En general, cada material trae sus propias especificaciones de C.E, al igual que el porcentaje de carbono presente en el material de acero a soldar. Ambos parámetros referido parámetros de la composición química del acero nos permite determinar la susceptibilidad de los aceros a la figuración, dándonos una pauta para diseñar el procedimiento de soldadura a utilizar considerando precalentamientos pre o post soldado con su respectivo alivio de tensiones para evitar la distorsión de la estructura soldada, la cual de no ser controlado la distorsión de la estructura soldada produce tensiones interna que causa la contracción del material.

En la tabla 1.3.5.1.1 se indica el valor de carbono equivalente para aceros estructurales al carbono de resistencia superior para espesores de planchas menores o igual a 50mm y espesores menores o iguales a 100mm y mayores a 50mm según la fórmula de carbón equivalente.

El valor de carbono equivalente es una referencia a considerar en los cuidados que se debe tener frente al efecto de la fisuración por hidrogeno.

Grade	Carbon Equivalent ^A , max, %	
	Thickness (t), in. [mm]	
	t ≤ 2.0 in. [50 mm]	t > 2.0 in. [50 mm] t ≤ 4.0 in. [100 mm]
AH32, DH32, EH32, FH32	0.36	0.38
AH36, DH36, EH36, FH36	0.38	0.40
AH40, DH40, EH40, FH40	0.40	0.42

^A The following carbon equivalent formula shall be used to calculate the carbon equivalent, C_{eq}:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} (\%)$$

Tabla 1.3.5.1.1 Carbono Equivalente para aceros estructurales de resistencia superior.

Los aceros al carbono para el ámbito naval bajo la designación ASTM A 131-82 de la norma ASTM, presenta en su composición química del material, un porcentaje de carbono ya establecidos para aceros de resistencia normal y aceros de resistencia superior tanto del grado del material como el espesor. A su vez está establecido el porcentaje de carbono equivalente para el grado del acero y para el espesor de material. Con estos datos, de porcentaje de carbono y porcentaje de carbono equivalente utilizamos el diagrama de graville lo cual nos da que el acero naval ASTM A131 se indica que se deben tomar precauciones para evitar la formación de estructuras frágiles respecto a la soldabilidad del acero naval.

En el ámbito naval todo está establecido y normado. Es por este motivo que el acero naval esta designado por la ASTM en la especificación ASTM A 131-82, y la soldabilidad de los aceros está establecido por la ASTM, en el Apéndice X3 de la especificación de requisitos generales para aceros estructurales laminados, planchas, perfiles y vigas designado en la ASTM A6/A 6M, en la cual considera la susceptibilidad del acero a la fisuración asistida por hidrogeno, relativo al carbono y carbono equivalente.

La soldabilidad de los aceros navales considera una correcta precalificación del metal base la cual está establecido en el capítulo 3 de AWS D1.1, la cual considera los aspectos de precalentamiento de la unión estructural soldada para los distintos aceros, en particular los aceros navales ASTM A 131 para los procesos de soldadura, con electrodos de bajo contenido de hidrogeno, SMAW, SAW, GMAW, FCAW. Esta precalificación es considerada por los distintos espesores de uniones de plancha, correspondiente al metal base, en donde se establece el parámetro de precalentamientos para controlar la fisuración producida por el hidrogeno en la zona de soldeo.

Es aplicable para los distintos tipos de aceros con clasificación ASTM y su correspondiente subclasificaciones relacionado con el grado de resistencia del acero.

Lo mencionado anteriormente se establece en la tabla 1.3.5.1.2 y tabla 1.3.5.1.3 correspondiente a un extracto de la AWS D1.1/D1.1M:2006 Structural Welding Code Steel, en donde se indica la precalificación de especificaciones de procesos de soldadura.

Steel Specification		Welding Process	Thickness of Thickest Part at Point of Welding		Minimum Preheat and Interpass Temperature	
			in	mm	F	°C
ASTM A 36		SMAW with other than low-hydrogen electrodes	1/8 to 3/4	3 to 20	32	0
ASTM A 53	Grado B					
ASTM A 106	Grado B					
ASTM A 131	Grado A, B, D, E, CS, DS		Over 3/4 thru 1-1/2	Over 20 thru 38	150	65
ASTM A 139	Grado B					
ASTM A 381	Grado Y35					
ASTM A 500	Grado A, B, C		Over 1-1/2 thru 2-1/2	Over 38 thru 65	225	110
ASTM A 501						
ASTM A 516						
ABS	Grado A, B, D, E, CS, DS	Over 2-1/2	Over 65	300	150	

Tabla 1.3.5.1.2 Precalentamiento y temperatura de interfase para proceso de soldadura SMAW.

Steel Specification		Welding Process	Thickness of Thickest Part at Point of Welding		Minimum Preheat and Interpass Temperature	
			in	mm	F	°C
ASTM A 36		SMAW with other than low-hydrogen electrodes, SAW, GMAW, FCAW	1/8 to 3/4	3 to 20	32	0
ASTM A 53	Grado B					
ASTM A 106	Grado B					
ASTM A 131	Grado A, B, D, E, CS, DS		Over 3/4 thru 1-1/2	Over 20 thru 38	50	10
ASTM A 139	Grado B					
ASTM A 381	Grado Y35					
ASTM A 500	Grado A, B		Over 1-1/2 thru 2-1/2	Over 38 thru 65	150	65
ASTM A 501						
ASTM A 524	Grado 1 & 2					
ASTM A 588	Grado A, B, D, E, CS, DS	Over 2-1/2	Over 65	225	110	

Tabla 1.3.5.1.2 Precalentamiento y temperatura de interfase para proceso de soldadura SMAW, SAW, GMAW Y FCAW.

Para aceros navales ASTM A131 para los distintos grados, la aplicación de precalentamiento y temperatura de interfase que debe tener el metal base en el punto de fusión se debe tener las consideraciones dispuestas en las tablas mencionadas anteriormente para los distintos proceso de soldadura, con la excepción del metal base de espesores menores o iguales a 20mm que no requiere de precalentamiento de temperatura de interface de soldeo del metal base.

En resumen, existe una gran variedad de aceros, los cuales varían según el porcentaje de carbono en la composición química, como las aleaciones de aceros que considera la incorporación de otros componentes para la obtención de una gran variedad

de aceros. Los aceros poseen una clasificación desde el momento de refinado del acero, composición química y propiedades mecánicas, pero todos son analizados y comparados con los mismos parámetros de ensayos para generar una comparación equitativa bajo los mismos parámetros de medición. Dentro de la gran variedad de aceros, se encuentran los aceros navales clasificados por la ASTM como los aceros ASTM A 131 quien presenta una clasificación en grados según la propiedad de resistencia, al igual de las equivalencias de clasificación por las distintas casas clasificadoras del ámbito naval.

Otro aspecto es la soldabilidad del acero considerando que el acero naval es empleado en construcciones navales soldadas, en donde la precalificación de las uniones del metal base es vital para evitar fisuración por hidrogeno que se presenta en la zona de unión de materiales para los distintos procesos de soldadura aplicables en las etapas de fabricación del buque desde el proceso de armado de paneles hasta la unión de bloques en grada.

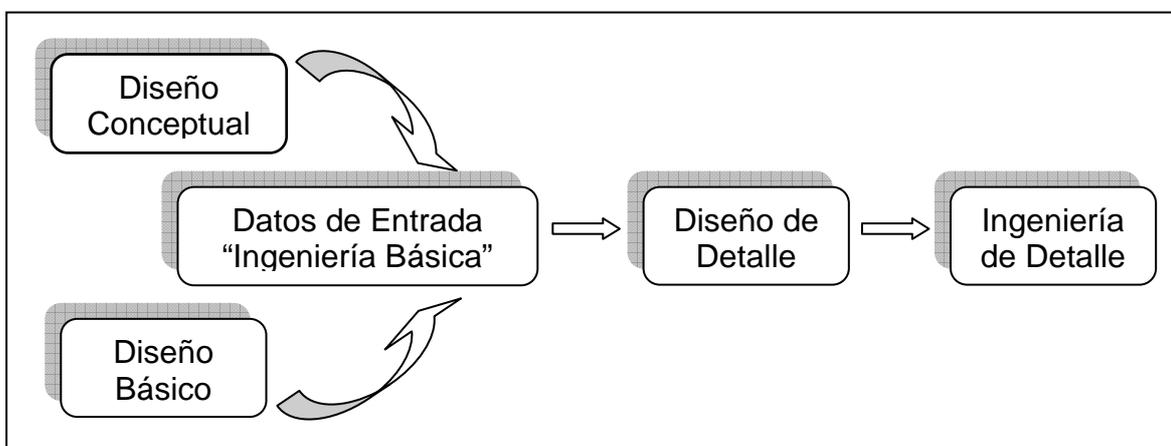
CAPITULO II

DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS DE INGENIERIA DE DETALLE PARA EL ARMADO DE UN BLOQUE.

2.1 Descripción Conceptual del Alcance del Trabajo de Diseño.

El concepto de diseño de procedimientos de ingeniería de detalle para el armado de un bloque, está referida a la información técnica necesaria para el armado de un bloque. Esta información se centra en un proceso que considera un esquema denominado Proceso del Diseño para el Armado de un Bloque, esquema 2.1.

El proceso del diseño para el armado de un bloque, contiene los datos de entrada que corresponde a un diseño básico que es complementada con un diseño conceptual definido por la especificación técnica requerida por el cliente. Estos datos de entrada constituyen la ingeniería básica. Una vez definido los datos iniciales se inicia la etapa de diseño de detalle la cual modela y complementa el diseño básico con el diseño conceptual obteniendo la información técnica correspondiente a la ingeniería de detalle.



Esquema 2.1. Proceso del Diseño para el Armado de un Bloque.

Durante la etapa de evaluación del Proyecto respecto a el diseño básico, se consideran varios oferentes para la adjudicación del Diseño, como son Damen Shipyards Group, Fassmer GmbH & Co. KG., etc. Estas instituciones nos proporcionan la ingeniería básica adquirida en forma externa, debido que solo nos centraremos en el desarrollo de la ingeniería de detalle necesaria para

la construcción soldada de un bloque desarrollada por el astillero en un departamento de diseño interno.

La ingeniería básica externa adquirida, como datos iniciales de entrada está regida por las últimas revisiones de normas y reglamentaciones aplicables para la construcción de un buque. Estas normas y reglamentaciones que se hace referencia son las siguientes:

- Lloyd´s Register (LR)
- Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante Nacional (D.G.T.M y M.M.)
- Oil Pollution Convention, 1954, including International Maritime Organization (IMO) Amendment.
- Convention on International Regulations for the Prevention of Collisions at Sea 1972, including IMO amendment, unless any specific exemption is requested.
- International Convention on Prevention of Pollution from ships 1993, including IMO amendments.
- SOLAS.
- MARPOL.
- Revised Montreal Protocol, June 1993 on Ozone Depleting substances.
- IMO Rules where specified.
- International Telecommunication Radio Regulations Geneva 1974 & 1978.
- International Electro Technical Commission (IEC) Rules.
- Insulation material according to Classification Rules.
- ISO.
- IACS- Shipbuilding and repair quality standard for welding, steel preparation, steel works.

Una vez establecido el diseño básico, el diseño conceptual es otro parámetro de información complementaria establecida, la cual considera los aspectos de factibilidad técnica de una empresa para ejecutar la construcción, la cual a su vez es complementada con las necesidades y requerimientos del cliente. Para la construcción de un buque, el diseño básico y el diseño conceptual pasa hacer los datos de entrada que se denomina “la ingeniería básica”. Este es el punto de partida para nuestra construcción soldada.

Con la ingeniería básica identificada, se da inicio al diseño de detalle con la verificación y revisión de los planos y documentos técnicos de Ingeniería Básica remitida de acuerdo a un programa de entrega contractual, que considera los archivos electrónicos de planos y documentos técnicos. Esto es complementado con la lectura de la Especificación técnica del Cliente, para la confección de los Planes de Actividades de Diseños de Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalles a objeto satisfacer los requerimientos del Armador establecidos en la Especificación técnica, y cuyo resultado este orientado a satisfacer las necesidades de construcción internos del Astillero. Esto permite planificar y programar la ejecución de cada actividad mencionada en los Planes de Actividad mencionados.

Para el suministro de equipos y materiales una vez analizado la ingeniería básica se desarrolla Listados Mayores para Abastecimiento, por Especialidad y por sistema.

De acuerdo a lo previsto, antes de liberar datos de salida correspondiente a la ingeniería de detalle, estos deben estar aprobados por el cliente y/o autoridad pertinente. Como norma general, toda la ingeniería básica será aprobada por el cliente; así también, en el caso de la ingeniería de detalle, lo serán los planos de arreglos y layouts de compartimentos.

Los datos de salida del diseño son expresados en documentos técnicos, tales como planos y croquis, especificaciones técnicas e informes técnicos. Con el propósito de entregar instrucciones claras para la materialización del diseño, incluyen criterios de fabricación expresados en forma de tolerancias, terminaciones superficiales, instrucciones de trabajo, criterios de aceptación para las inspecciones y pruebas y características críticas del diseño, así como también los parámetros para la validación del diseño.

Toda vez que los antecedentes técnicos disponibles (información técnica de equipos, antecedentes tomados en terreno, características de operación de sistemas, entre otros) sean insuficientes para completar determinados aspectos de un diseño, deben agregarse notas con letra destacada en los documentos de salida que resalten el carácter "Pendiente" o "Preliminar" de éstos.

2.2 Descripción del Diseño.

Para nuestra construcción consideraremos un diseño Básico Fassmer GmbH & Co. cuyas dimensiones son:

Eslora Total	80,60 m aprox.
Eslora entre Perpendiculares	74,40 m aprox.
Manga Moldeada	13,00 m
Puntal Moldeado a la Cub. Ppal.	6,50 m aprox.
Potencia Continua aprox.	2 x 4080 KW a 1000

r.p.m.

Calado de Diseño	3,8 m
Clasificación	LRS ✕ 100 A1 ✕ LMC UMS
Combustible	298 m3 aprox.
Combustible Helicóptero	20 m3 aprox.
Agua Dulce	48 m3 aprox.
Capacidad de Agua Lastre	270 m3 aprox.
Habitabilidad	60 personas.

Clasificación del Buque Lloyd's Register of Shipping ✕ 100 A1 ✕ LMC UMS.

LR	DESCRIPCIÓN
✕	Marca asignada a las nuevas naves construidas bajo la inspección especial del LR, conforme a las reglas y a la satisfacción del Lloyd's Register.
100	Esta figura del carácter se asigna a todas las naves consideradas apropiadas para el servicio en el mar para casco de clase naval.
A	Esta letra del carácter se asigna a todas las naves que se han construidos o se han aceptado dentro de clase de acuerdo con reglas y regulaciones Lloyd's Register.
1	Este número distintivo será asignado a naves que tengan a bordo, en buena y eficiente condiciones, equipo de anclaje y/o amarre de acuerdo con las normas.

✕LMC	Esta notación se asigna cuando el propulsor y la maquinaria auxiliar esencial sea construido, instalado y se ha probado bajo la inspección especial del LR y de acuerdo con las reglas y regulaciones Lloyd's Register.
UMS	Esta anotación puede asignarse cuando los arreglos son tales que la nave puede operar con los espacios de maquina desatendida. Denotar que el control de maquina se ha arreglado, instalado y se ha probado de acuerdo con las reglas Lloyd's Register o equivalente.

Estando establecida los datos de entrada de aceros, se inicia todo el desarrollo del diseño de detalle, en donde queda establecido contractualmente la velocidad máxima del barco será aproximadamente de 20,0 nudos, en condiciones de máxima carga, viento y mar no superior a grado 2 en la Escala de Beaufort, en aguas sobre 50 metros de profundidad, con el casco, hélice, timón y limpio, condiciones ambientales a máxima temperatura del aire 35° y máxima temperatura del agua mar 32°. La prueba de velocidad se debe realizar dentro de las 2 semanas posterior a la salida de dique con un período de garantía es de doce meses después de su entrega y su alcance se encuentra estipulado en la especificación técnica. Todas las garantías de los equipos obtenidos por el astillero serán traspasadas al armador.

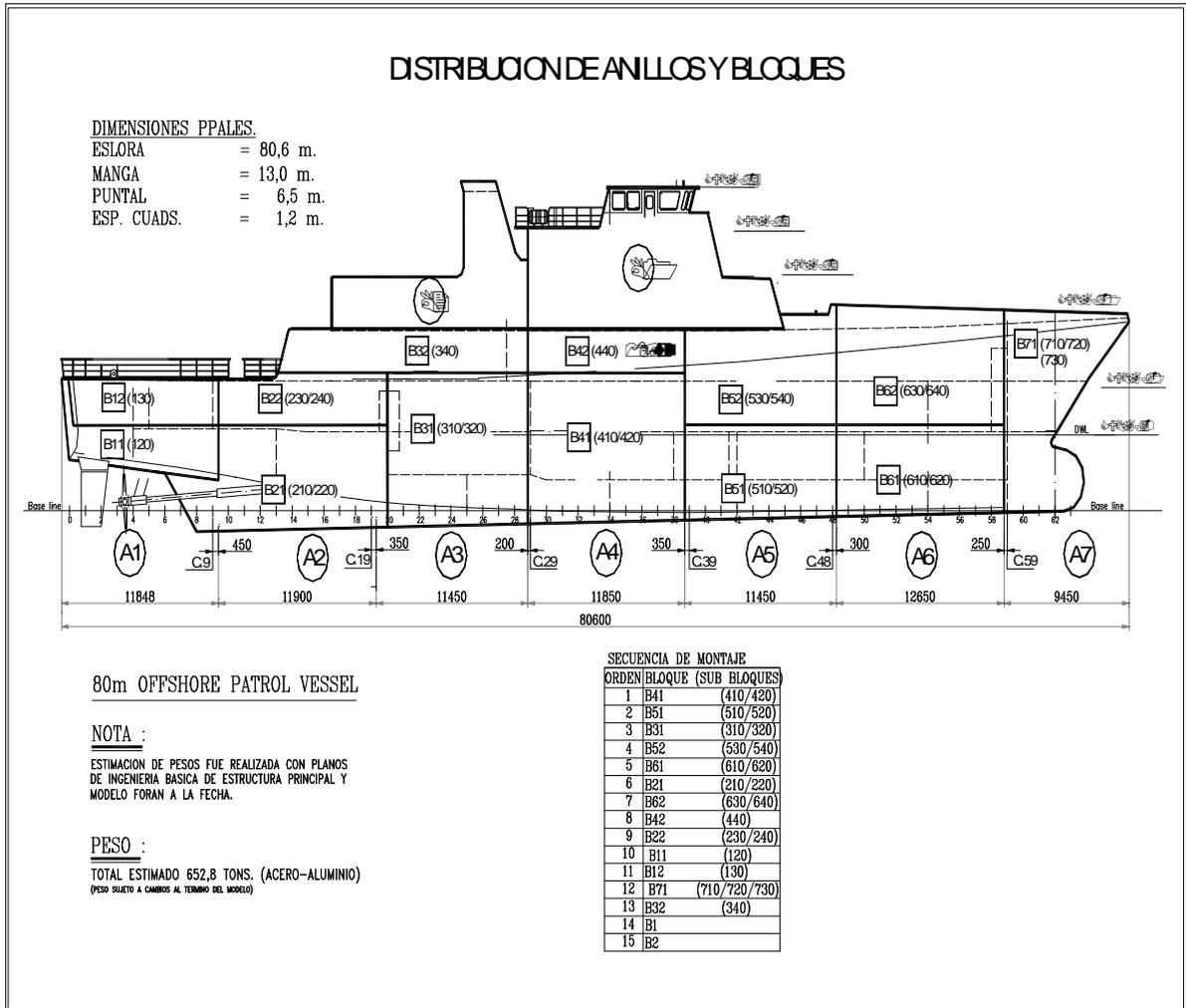
El diseño de detalle de aceros considera el desarrollo de estructura de un buque mediante Foran en donde se establece un modelamiento de la ingeniería básica del buque para la realización de la ingeniería de detalle, obteniendo un resultado detallado del buque, inicialmente en un bloqueo del buque para la construcción, estableciendo una estrategia constructiva dependiendo de las capacidades de maquinas del astillero seguido por una planificación de la secuencia de montaje de bloque dentro de los plazos establecidos contractualmente con el armador.

El buque en la etapa de modelación se subdivide su longitud en anillos con un orden de popa a proa con una longitud que permita el armado de bloques referido a las capacidades de la maestranza de armado de bloques. Una vez acotado la subdivisión longitudinal se inicia la subdivisión vertical la cual considera generar bloques entre cubiertas con la finalidad que nos permita el armado del bloque en posición invertida o posición normal, y cuyo volumen está limitado por las capacidades de levante que tenga las grúas portales de la grada de lanzamiento. Otro aspecto que se deriva de la modelación es la secuencia de armado del buque con una secuencia de montaje de bloques, aspecto de importancia para la planificación y generación de la estrategia constructiva del buque, pero aun mas importante es el aspecto estructural, es decir, se genera una secuencia de montaje de bloques que nos permita el alivio de tensiones producida en una construcción soldada, que con el tiempo y el desarrollo del mercado, los buques son cada vez con espesores de planchas más bajas de una construcción transversal, longitudinal o mixta, ver esquema 2.2.1 Distribución de Anillos y Bloques.

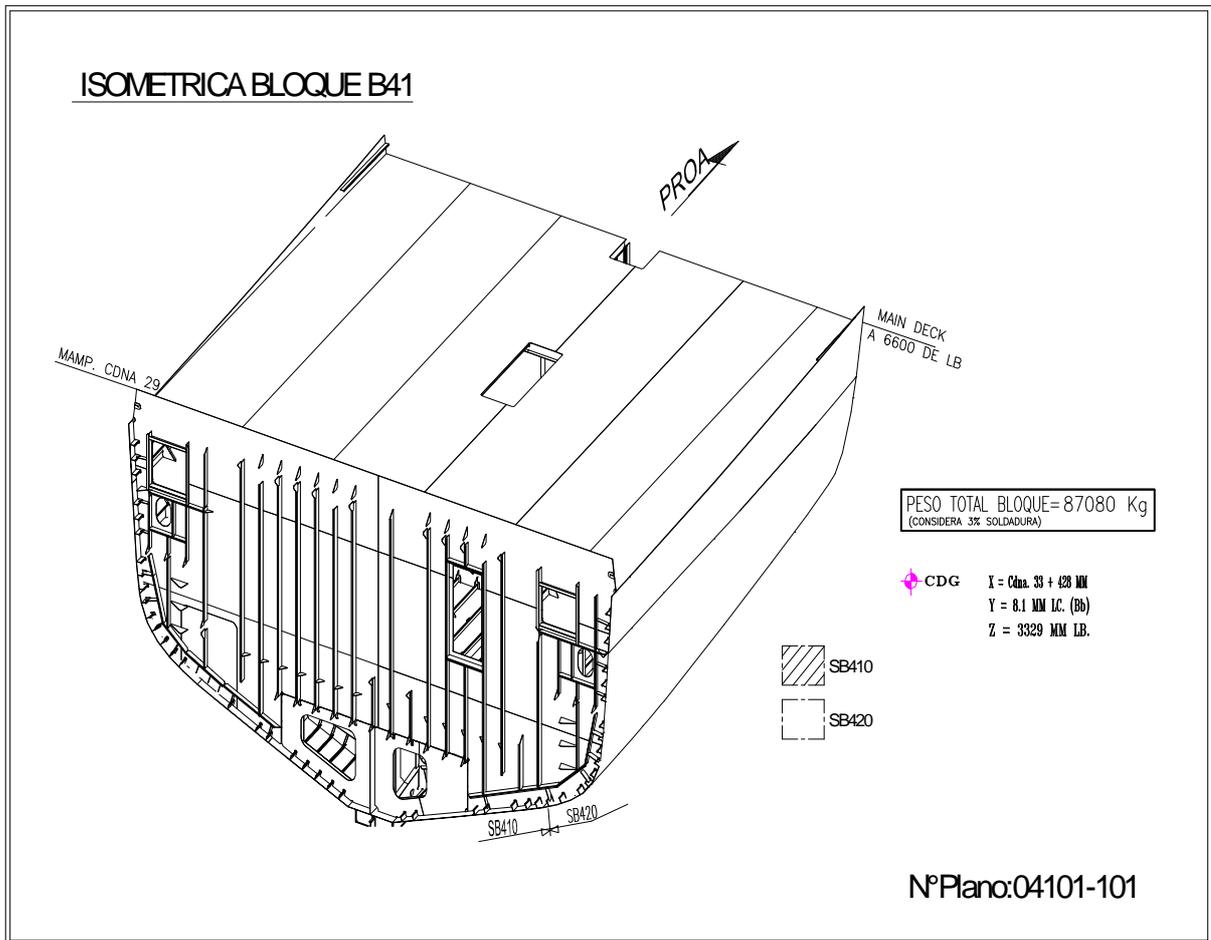
La ingeniería de detalle genera datos de salida con la generación de planos de bloques, además se establecen los listados menores de materiales a ser utilizados para la construcción del bloque, la cual proviene de un listado de materiales, identificado con un libreto de piezas que constituyen el total del bloque. Los datos de salida genera un información técnica para la producción de un bloque como planos y croquis, especificaciones técnicas respecto al armado, memorias de cálculo lo cual está todo aprobado por la casa clasificadora Lloyd's Register y el Cliente.

En resumen, el diseño de detalle proporciona un subbloqueo de un buque, a su vez proporciona un listado de materiales especificado en listados menores de los bloque para la adquisición del acero necesario para la construcción del bloque y posteriormente el buque. También en el diseño de detalle se genera la ingeniería de detalle, mediante la especificación técnica correspondiente a la ingeniería de producción necesaria para el proceso de armado del bloque previo a la aprobación de la casa clasificadora y el cliente.

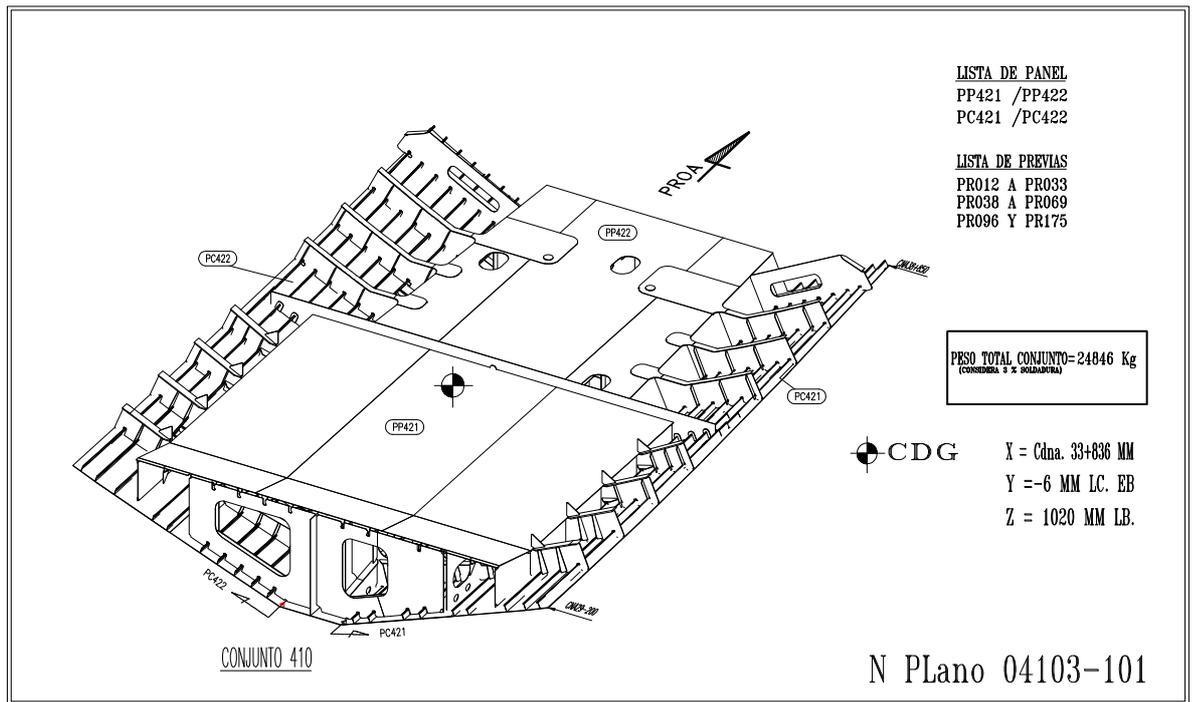
Esquema 2.2.1 Distribución de Anillos y Bloques.



Esquema 2.3.1 Bloque 41.



Esquema 2.3.2 Bloque 41, CJ410.



2.3 Ingeniería de Detalle para el Armado de un Bloque.

La elaboración de la ingeniería de detalle para el armado de un bloque, comprende inicialmente en la determinación del bloque a ser armado. Este bloque previamente modelado genera un listado de materiales para el armado de la construcción soldada referida al bloque. A su vez se genera la información técnica denominada ingeniería de producción de un bloque en donde se realiza la recepción, distribución y envío de la documentación técnica a los distintos centros de especialidad. También se elaboran las órdenes de trabajo y se realiza el seguimiento de los materiales necesarios en los distintos procesos productivos.

La ingeniería de producción es liberada para ser utilizada en diversos procesos que se complementan entre sí para dar origen a la construcción del bloque desde el punto de vista de producción.

Toda la información considera los procedimientos para el armado y soldadura del bloque regido por la casa clasificadora.

El bloque a construir en nuestra tesis esquema 2.3.1, es una construcción soldada de 87 Ton., pero nos centraremos en el doble fondo con la finalidad de explicar de mejor forma la generación de la información liberada, proveniente de una ingeniería de detalle.

El doble fondo está clasificado como CJ410 con una clara de cuaderna de 1200mm y se ubica entre la C/29 a C/39 correspondiente a una construcción con reforzamiento longitudinal con plancha de casco de 9mm de espesor, ver esquema 2.3.2 Bloque 41, CJ410.

Los procesos de construcción del Bloque 41, CJ410 se establecen en los siguientes procesos:

- Proceso de corte y conformado (Fotografía 2.3.1)
- Armado de Previas y Paneles (Fotografía 2.3.2)
- Armado de Bloques (Fotografía 2.3.3)

La información técnica para el proceso de corte y conformado liberada consta, de un libreto de pieza que se establece todos los elementos que son parte del bloque que complementen los archivos de corte de planchas que se denominan nesting para los distintos espesores de coladas de planchas derivadas de los listados menores obtenidos de la modelación y cálculo del bloque, con una información técnica para el conformado de planchas y perfiles.



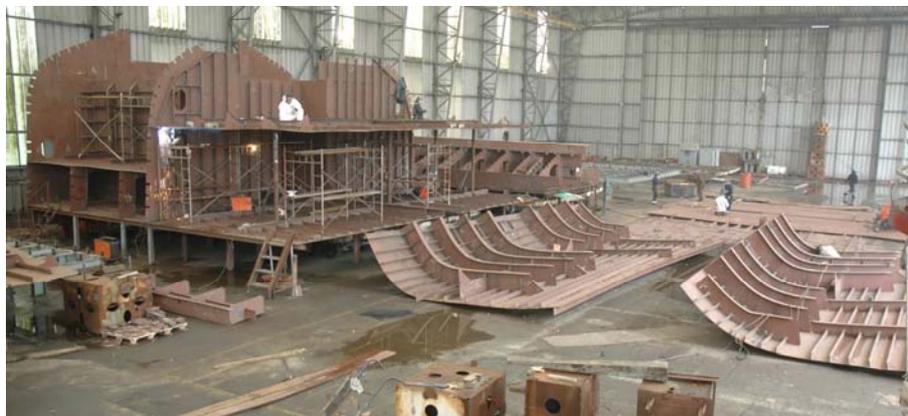
Fotografía 2.3.1 Corte y Conformado.

La información técnica para el proceso de Armado de previas y paneles considera un libreto de previas, al igual que planos técnicos necesarios para el armado de paneles planos y paneles curvos, con su respectivo libreto de piezas.



Fotografía 2.3.2 Armado de Previas y Paneles.

La información técnica para el proceso de Armado de bloques corresponde a la información técnica de planos de producción, complementado con un libreto de previas.



Fotografía 2.3.3 Armado de Bloque.

2.3.1 Ingeniería de Producción.

La ingeniería de producción corresponde a la información técnica de detalle necesaria para el armado. Esta información está definida por los planos de libretos de previas.

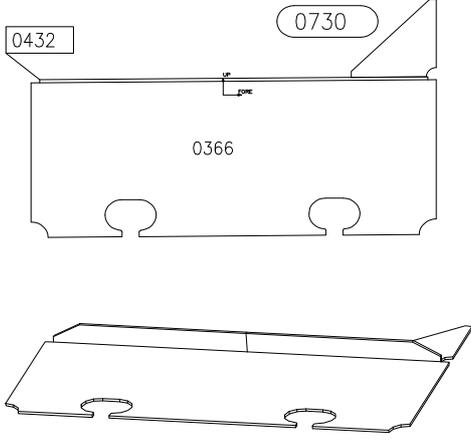
Las previas son los elementos principales que forman parte de los paneles que conforman el bloque.

El bloque, en este caso el CJ410 está constituido por paneles los cuales son paneles planos y paneles curvos. El termino CJ410 significa que está en el anillo 4, el 1 significa que se encuentra en la primera sección longitudinal y el 0 que es transversalmente simétrico y va de banda a banda.

El CJ410 considera 2 paneles curvos con números impares la banda de estribor PC421 y con números pares banda babor PC422. Además el cielo del doble fondo esta constituido por paneles planos con orden de popa a proa.

El CJ410 está transversalmente constituido por cuadernas las cuales están identificadas como previas según esquema 2.3.1.1 Previa PR040 del CJ410, las cuales son parte del bloque según esquema 2.3.1.2 Vista de planta de Previas y 2.3.1.3 CJ410 sin paneles de cielo Doble fondo.

2.3.1.1 Previa PR040 del CJ410.



0432

0730

0366

LISTA DE PIEZAS

MARCA	CAN	ESP	PESO	AREA/LON
0366	1	8 mm	35.38 Kg	0.56 m ²
0432	1	120x10	10.77 Kg	1143 mm
0730	1	8 mm	2.22 Kg	0.04 m ²

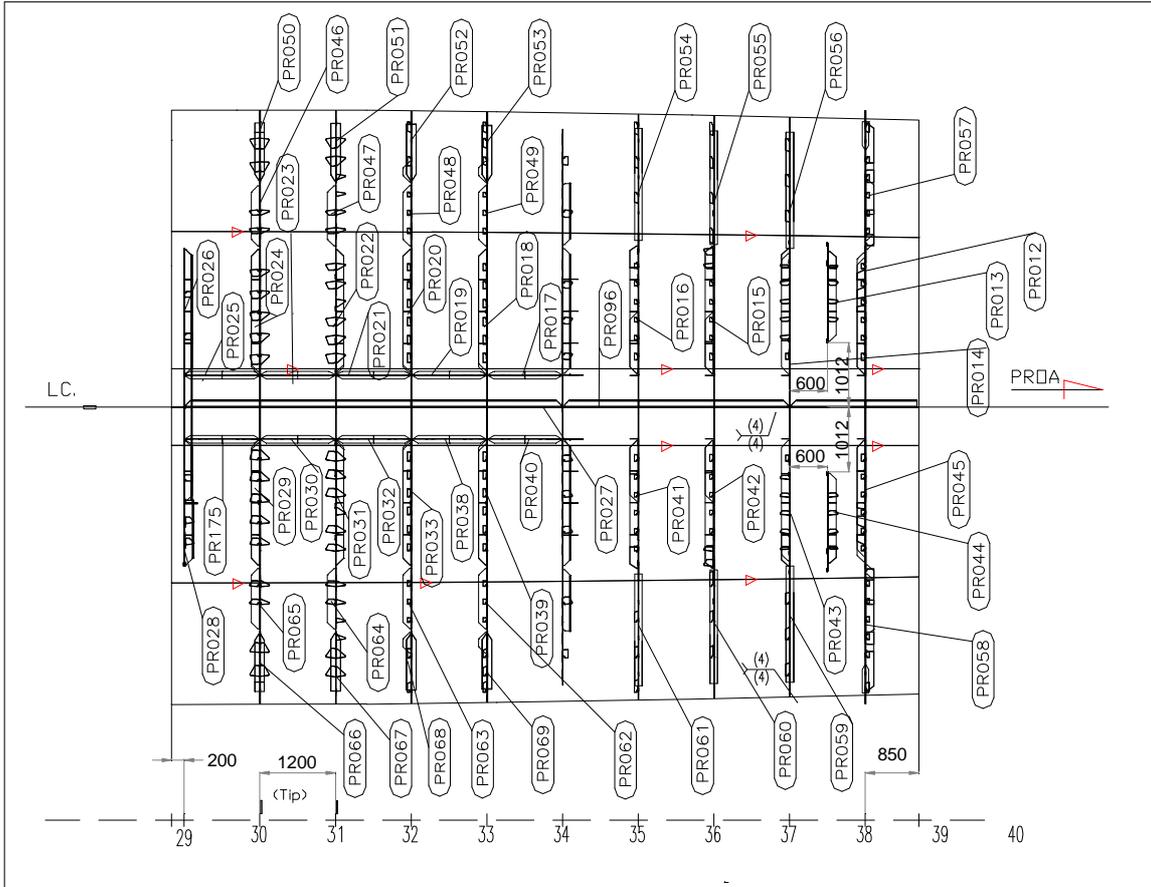
SOLDADURA FILETE 3,5 DOBLE CONTINUO

PESO TOTAL DE LA PREVIA: 48.37 Kg

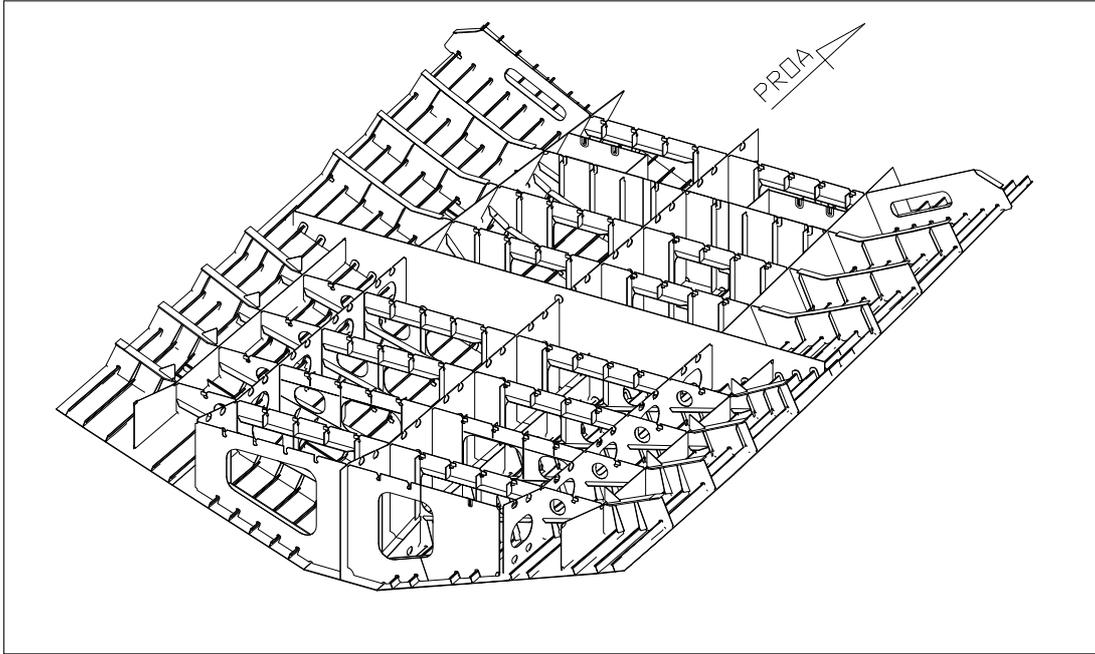
ESCUADRA SOLO PINCHAR

PREVIAS: PR040	B41	DESTINO: CJ410	REV.:	HOJA No.	41	SECCION DISEÑO
----------------	-----	----------------	-------	----------	----	----------------

2.3.1.2 Vista de planta de Previas.



2.3.1.3 CJ410 sin paneles de cielo Doble fondo.



La información liberada a producción, obtenida de foran genera información de modelamiento del bloque. El modelo del bloque genera información del listado de piezas de las previas y paneles con su respectiva marca, la cual es asociada a un nesting de corte para planchas de formato 2500*12000mm para los distintos espesores de plancha que comprenden el bloque, y cuya relación se explicara en el capítulo “Procedimientos y Subprocesos para el Armado estructural de un Bloque” y con una tabla de soldadura aplicable para el armado del bloque con clasificación y aprobación por Lloyd’s Register of Shipping según tabla 2.3.1.4 y tabla 2.3.1.5.

APLICACIONES GENERALES	espesores plancha	filete sold. doble continuo	t=3.0	t=3.25	t=3.5	t=4.0	t=4.5	t=5.0	t=5.5	NOTAS
Vagra Central Estanco al agua y/o aceite a: plancha quilla, fondo interior y estructuras transversales	$t \leq 9,0$	X	X							
	$9,0 < t \leq 10,5$	X		X						
	$10,5 < t \leq 13,5$	X			X					
Vagras y varengas en doble fondo.	$t \leq 10,0$	X			X					
	$10,0 < t \leq 12,5$	X				X				
Refuerzos locales de amarre	$8,0 < t \leq 12,5$	X			X					
Varengas, refuerzos, cuadernas, esloras en caja de cadena, estanques de lastre, estanque de aguas servidas, estanques de lodo y desechos, estanques de agua dulce, voids, etc.	$t \leq 8,0$	X	X							
	$8,0 < t \leq 10,0$	X		X						
	$10,0 < t \leq 14,0$	X				X				
	$14,0 < t \leq 20,0$	X					X	X		

Tabla 2.3.1.4 Tabla de Soldadura.

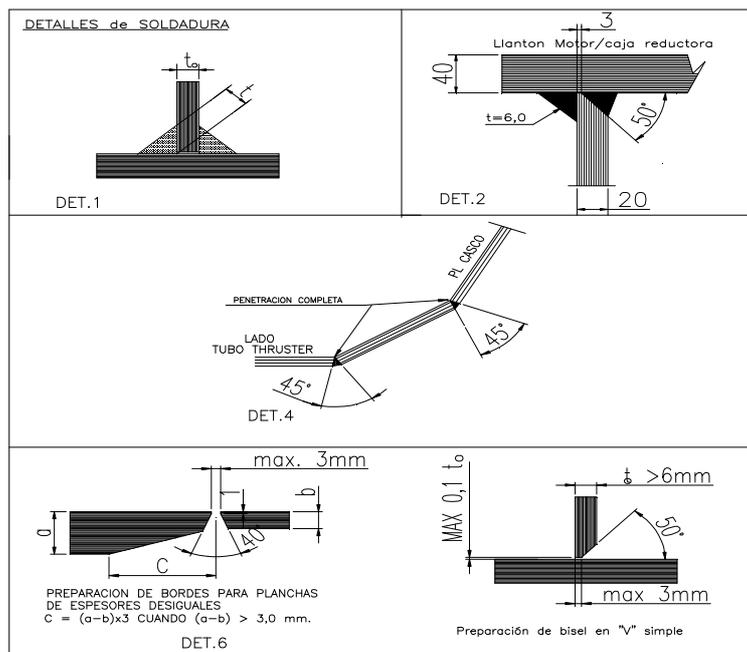


Tabla 2.3.1.5 Detalles de soldadura.

CAPITULO III

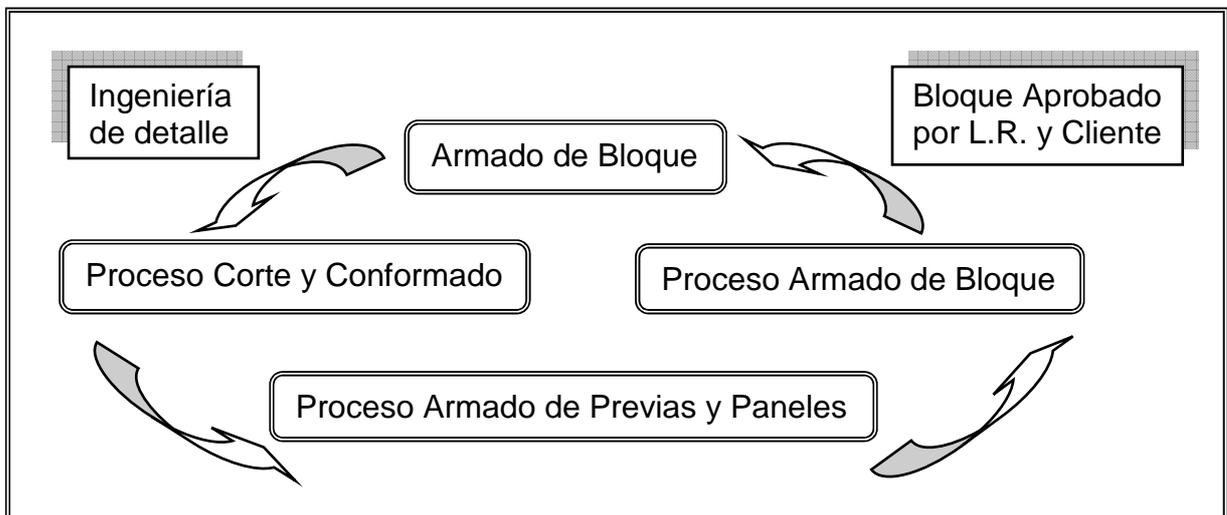
PROCESOS PARA EL ARMADO ESTRUCTURAL DE UN BLOQUE.

El armado de un bloque, como principal objetivo de este capítulo, se basa en información generada de una ingeniería de detalle proveniente de una ingeniería básica.

En este capítulo nos basaremos en aspectos de producción, los cuales considera los datos de entrada que son el resultado de los datos de salida del diseño de detalle.

El armado de un bloque basado en la ISO9001, se constituye en procesos, los cuales están basados en aspectos de calidad y satisfacción al cliente de un producto normado por Lloyd's Register of Shipping. Los resultados de datos de salida de cada proceso son los datos de entrada del proceso siguientes, hasta llegar a la obtención de un bloque con los márgenes de calidad establecidos para el Armado de un Bloque en condiciones para ser montado y completar la construcción de un buque.

El armado de un bloque se divide por procesos de armados, según esquema 3.1 Procesos de Armado de un Bloque.



Esquema 3.1 Procesos de Armado de un Bloque.

El armado de un bloque según el esquema 3.1 procesos de armado de un bloque consta de 3 procesos, lo cuales los datos de entrada es la información técnica proveniente de la ingeniería de detalle. Los datos finales de

cada proceso deben estar aprobados por el cliente y la casa clasificadora. Los datos de salida de cada proceso previamente aprobados son los datos de entrada del siguiente proceso los cuales se van complementando para obtener un producto final aprobado que es el Bloque.

El bloque a considerar es el Bloque 41, analizado en el capítulo “Diseño de procedimientos de ingeniería de detalle para el armado de un bloque”.

3.1 Proceso de Corte y Conformado.

El proceso de corte y conformado es el inicio del proceso constructivo del área de aceros del bloque 41. El corte y conformado es para los elementos que constituyen el bloque, ya sea planchas y perfiles. Las planchas y perfiles pueden ser rectos o curvos según la información técnica emitida para la ejecución del proceso por la ingeniería de detalle que conforman los datos de entradas del proceso.

Para el proceso de corte y conformado los datos de entrada son los siguientes:

- Identificación del Proyecto.
- Identificación del Bloque.
- Plazo contractual, fecha de inicio y fecha de término.
- Recursos, Horas Hombre (HH) y Asignación de personal capacitado.
- Especificaciones e Información técnica, nesting, libretto de perfiles rectos, curvatura de planchas y perfiles.
- Materiales, planchas y perfiles.
- Insumos, gases, oxígeno, acetileno, aire, nitrógeno, consumibles de máquinas.

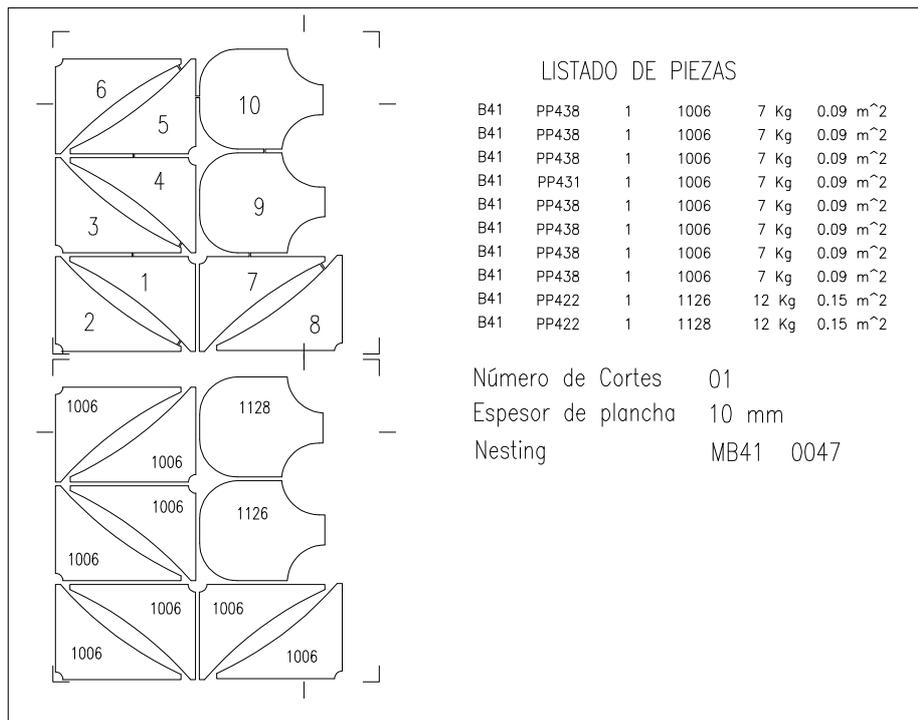
El inicio de este proceso, está establecido por los materiales, planchas y perfiles, los cuales son obtenidos del modelado del bloque. La adquisición del material es generado por un listado menor de materiales obtenido de foran.

Una vez definido el material el proceso de corte y conformado, se inicia con el corte de planchas y perfiles con la información técnica para el bloque 41. La información técnica establece el corte de nesting para planchas para los distintos espesores de plancha que conforman el bloque. Los nesting de corte consideran las piezas que conforman el corte de plancha con el respectivo

marcaje e identificación de las piezas que constituyen cada plancha con su respectivo aprovechamiento de material. Los nesting vienen con la información del formato de corte para la máquina de corte por control numérico, con una información en papel para el marcado de piezas.

Para los perfiles se genera un libreto de corte de perfiles, con su respectivo dimensionamiento y con información para el curvado de perfiles curvos con su respectivo marcaje de pieza.

La información adicional, pero no menor, es la información técnica del conformado de planchas para el conformado en la maquina plegadora y/o prensa, ya sea en frio o por calentamiento comprobadas por plantillas o formeros obtenidos por la información de conformado emitida en la ingeniería de detalle del bloque. Esta plancha vienes identificadas con sus respectivas marcas del nesting de corte. Las planchas a su vez viene una información de biselado según requerimiento según planos del armado del panel.



Esquema 3.1.1 Nesting de Corte.

El nesting de corte tiene un número de identificación para el espesor de plancha, según se indica en el esquema 3.1.1 nesting de corte.

En el nesting de corte se identifica la cantidad de piezas cortadas, las cuales son identificadas con una marca. En el nesting de corte se ubica la

marca y se puede localizar en que previa, panel plano y/o panel curvo va instalado, además del peso de la pieza.

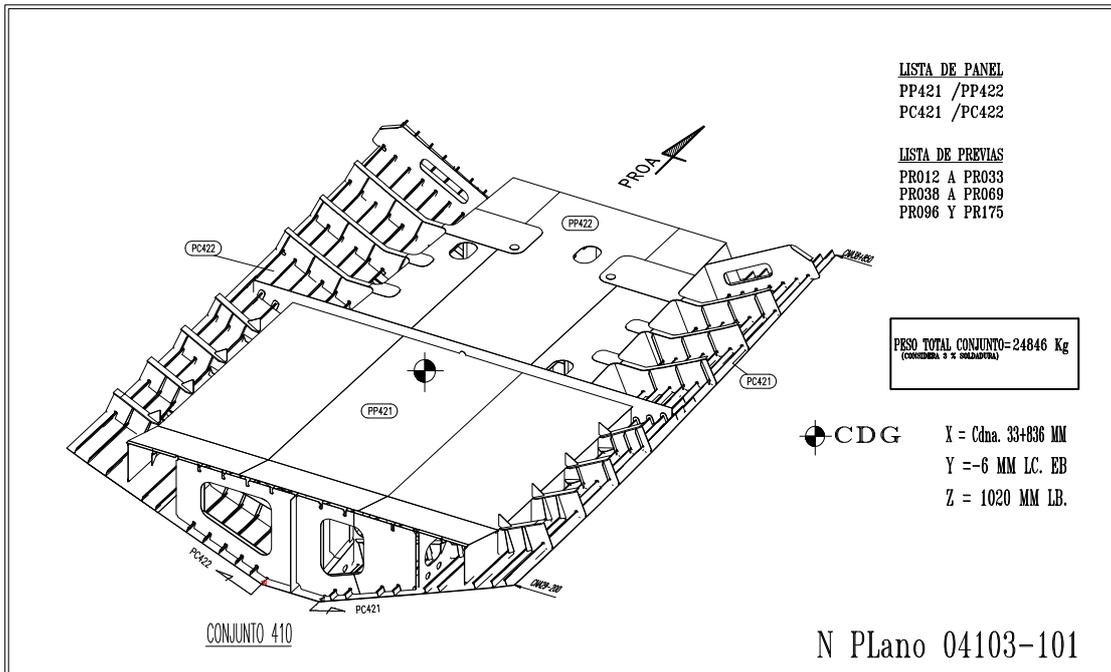
3.2 Proceso de Armado de Previas y Paneles.

El proceso de Armado de previas y paneles es otra de las etapas de construcción de una estructura soldada. En este proceso se conjuga el armado de piezas unidas entre sí por los distintos procesos de soldadura eléctrica aplicables al proceso constructivo de una estructura soldada con los siguientes datos de entradas:

- Identificación del Proyecto.
- Identificación del Bloque.
- Plazo contractual, fecha de inicio y fecha de término.
- Recursos, Horas Hombre (HH) y Asignación de personal capacitado.
- Especificaciones e Información técnica, Planos para el armado de paneles planos (PP) y paneles curvos (PC).
- Libreto de Armado de Previas (PR).
- Libreto de puntaletes para el Armado de paneles curvos.
- Materiales, planchas y perfiles del proceso de corte y conformado.

Insumos, gases, oxígeno, propano, aire, consumibles de máquinas

Esquema 3.2.1 Bloque 41, CJ410.



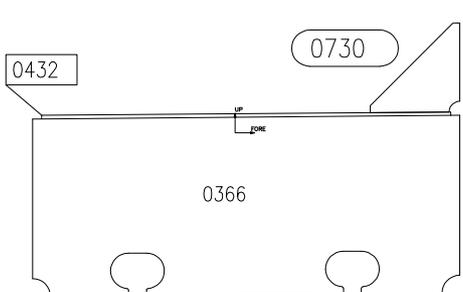
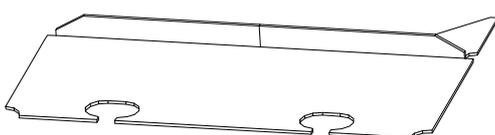
En este proceso se considera el armado de previas y paneles del bloque 41, en particular el CJ410.

El inicio de este proceso es establecer los datos de entrada. Los datos de entrada provenientes del proceso de corte y conformado corresponden al material, planchas y perfiles, complementado con toda la información técnica de la ingeniería de detalle de producción necesaria para el armado de previas, paneles planos y paneles curvos.

Las piezas tienen una identificación o marca que provienen de los nesting de corte de plancha o el dimensionamientos de perfiles son recopiladas y armadas según la previa y/o panel identificado según la información técnica del armado, ver esquema 3.2.2 Armado de Previa PR040.

El armado de paneles curvos, dentro de la información técnica, es realizado y apoyado por una cama de puntaletes, la cual nos permite generar la forma del panel curvo y apoyar la unión de planchas y perfiles que conforman el panel.

El CJ410, B41 está constituido por paneles planos (PP) y Paneles curvos (PC) según esquemas 3.2.3 y 3.2.4. Estos paneles están formados por planchas de casco, perfiles y elementos de amarre como escuadras y sellos.

LISTA DE PIEZAS

MARCA	CAN	ESP	PESO	AREA/LON
0366	1	8 mm	35.38 Kg	0.56 m ²
0432	1	120x10	10.77 Kg	1143 mm
0730	1	8 mm	2.22 Kg	0.04 m ²

SOLDADURA FILETE 3,5 DOBLE CONTINUO

PESO TOTAL DE LA PREVIA: 48.37 Kg

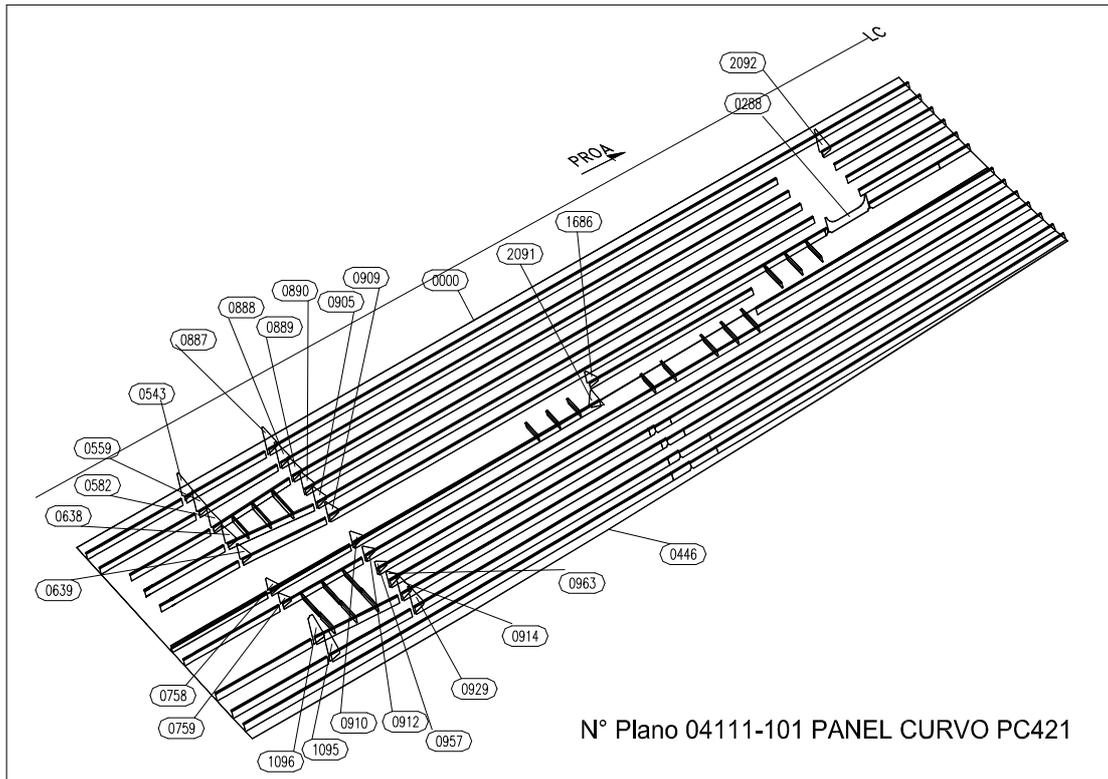
ESCUADRA SOLO PINCHAR

PREVIAS: PR040	B41	DESTINO: CJ410	REV.:	HOJA No.	41	SECCION DISEÑO
----------------	-----	----------------	-------	----------	----	----------------

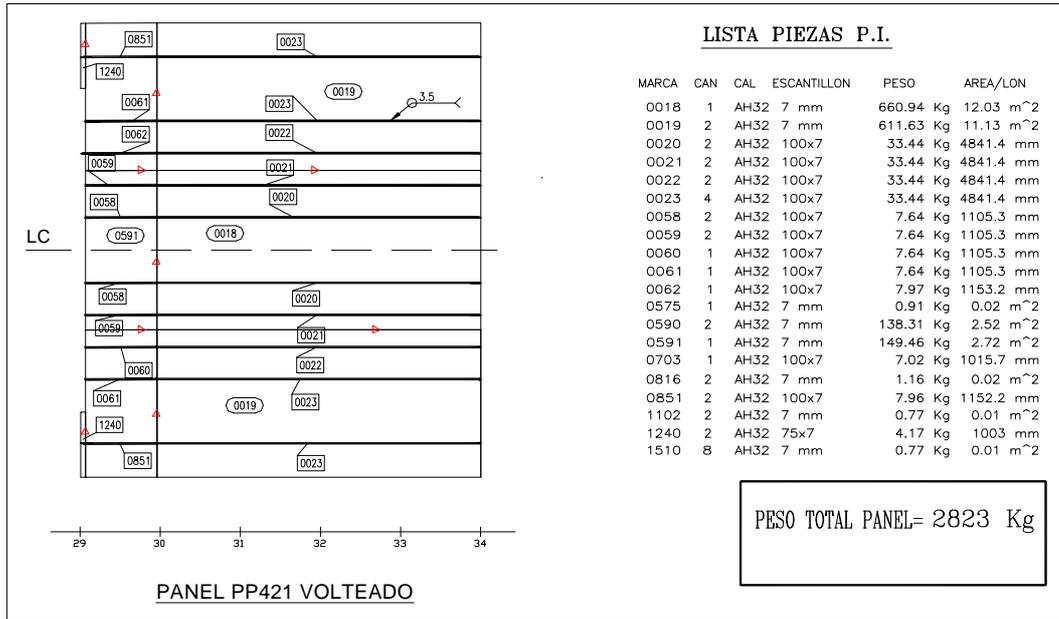
Esquema 3.2.2 Armado de Previa PR040.

Hemos hablado del armado de piezas, pero la unión de piezas es realizada por el soldeo eléctrico. El soldeo eléctrico está establecido por la AWS por procesos de soldadura.

Esquema 3.2.3 Panel Curvo PC421



Esquema 3.2.3 Panel Plano PP421



El proceso de soldadura para tener aprobación por el ente clasificador del buque Lloyd's Register of Shipping se debe homologar el proceso de soldeo para los distintos procesos aplicables en la construcción del bloque. A su vez se debe homologar los soldadores para los distintos procesos de soldadura.

Las distintas uniones soldadas se establecen en la tabla de soldadura del buque cuyas notas se indican en los planos como notas de fabricación de los paneles, la cual está aprobada por el ente clasificador, y a su vez está homologado los procesos para los distintos espesores de uniones de plancha y clasificaciones del acero.

El proceso de soldadura aplicable en armado de previa y paneles es semiautomático GMAW y FCAW con protección gaseosa AGAMIX 20 con alambre Tubular AWS E71T1 y alambre solido AWS ER 70S-6. Para la calderería del armado de previas y paneles, se aplica el proceso SMAW con electrodo AWS E-7018 y AWS E-6010.

En resumen el proceso de armado de previas y paneles considera los datos de salida del proceso de corte y conformado, en donde se incorpora los distintos procesos de soldadura para armar los componentes del bloque correspondiente a las previas y paneles con la información técnica de la ingeniería de detalle de producción necesaria para el armado.

El proceso es terminado con la aprobación del cliente y la casa clasificadora con sus respectivas cuadraturas e inspección contraplano de los entes clasificadores y cliente.

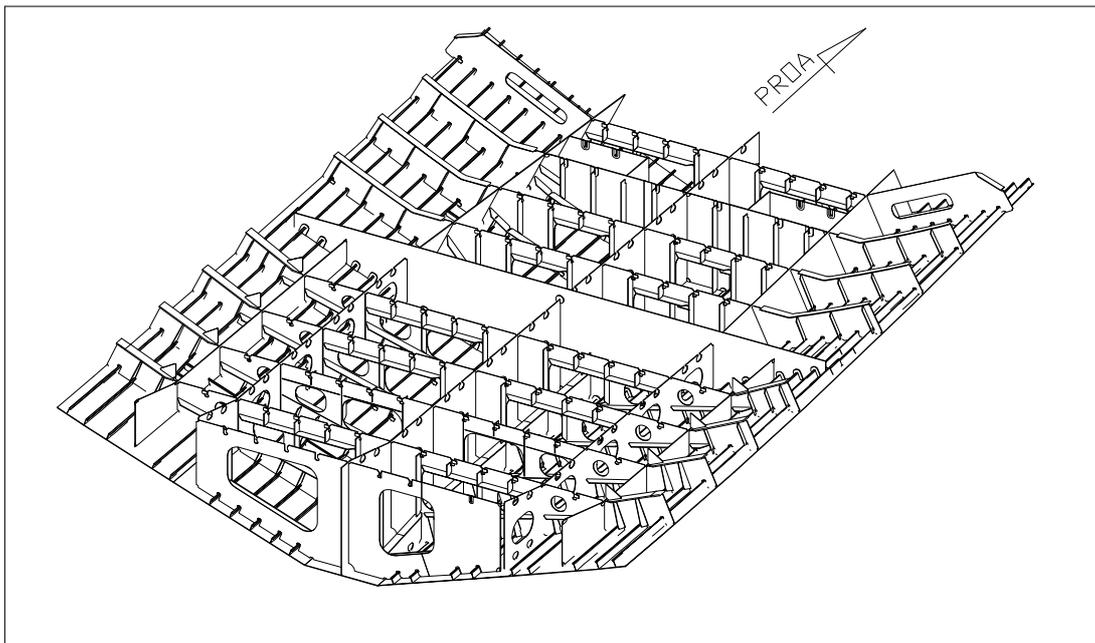
3.3 Proceso de Armado de Bloques.

Este proceso consiste en la confección final del bloque, en donde los productos del proceso de armado de previa y paneles son unidos con sus respectivos elementos de amarre unidos entre sí por los distintos procesos de soldadura eléctrica. Los datos de entrada de este proceso constructivo son:

- Identificación del Proyecto.
- Identificación del Bloque.
- Plazo contractual, fecha de inicio y fecha de termino.
- Recursos, Horas Hombre (HH) y Asignación de personal capacitado.
- Plano de Arreglo General.

- Especificaciones e Información técnica, Planos para el armado del Bloque
- Libreto de Armado de Pervas (PR).
- Libreto de puntaletes para el Armado de paneles curvos.
- Materiales, provenientes del Proceso de Armado de Previa y Paneles.
- Insumos, gases, oxígeno, propano, aire, consumibles de máquinas.

Esquema 3.3.1 CJ410, B-41



El proceso de armado del bloque, Esquema 3.3.1, se debe determinar primeramente que posición de armado conviene más, es decir, en posición normal o posición invertida.

El bloque 41, CJ410 su armado de bloque es invertida lo que nos permite mayor facilidad en el armado y disminución del costo de mano de obra HH.

Lo primero que se debe hacer para armar el CJ410, es tener una cama correctamente nivelada que soporte el peso del bloque. Luego se instala los paneles del cielo del doble fondo. Una vez instalada el panel del cielo del doble fondo, se inicia la instalación de pervias con la información técnica de producción. Dichas pervias la primera en instalar es la vagra central, continuando luego las varengas sin ajustar la vertical de cada varenga hasta

tener nivelado el bloque. Una vez nivelado el bloque, es decir, la cubierta, las vagras y varengas se inicia el amarre de las verticales. Una vez terminado el amarre de las verticales de la varengas y verificado la cuadratura y nivelación del bloque, se inicia el remate con soldadura eléctrica aplicando los procesos GMAW y FCAW. Una vez culminado el soldeo por los distintos procesos de soldadura se inicia la instalación de paneles curvos que corresponden al casco con sus respectivos elementos de amarre y se remata los amarres al casco controlando con equipo de nivelación y con las secuencias de soldadura.

El proceso del armado del bloque es terminado con la entrega y aprobación por el cliente y casa clasificadora con su respectiva cuadratura del bloque.

CAPITULO IV

SISTEMAS DE SOLDADURAS APLICABLES PARA UN ARMADO DE UN BLOQUE.

En este capítulo, nos dedicaremos a detallar los sistemas de soldadura eléctrica aplicables a nuestra construcción de bloque soldada, poniendo mayor insistencia en los aspectos prácticos, para que cualquiera que desee incursionar o perfeccionarse en este tema, pueda realizarlo sin mayores tropiezos.

Para iniciar a introducirnos en el tema de soldadura es necesario conocer ciertos aspectos de gran relevancia para ir familiarizando términos utilizables en el ámbito de soldadura eléctrica por arco. El arco eléctrico corresponde a una descarga continuada entre dos conductores separados ligeramente, por donde circula la corriente, al hacerse conductor el aire o gas comprendido entre los mismos, manifestándose por un gran desprendimiento de luz y a calor, el cual es utilizable en los procesos de soldeo por dos razones principales:

- Proporciona altas intensidades de calor.
- Es fácilmente controlable por medios eléctricos.

4.1 Generación del Arco Eléctrico.

El arco eléctrico consiste en una descarga de corriente relativamente alta sostenida a través de una columna gaseosa. Estos gases en condiciones normales, son prácticamente aislantes, por lo que para conseguir generar el arco es indispensable que el gas sea conductor, y aquí es donde se requiere generar el proceso denominado como ionización. La ionización es conseguida por el choque de los electrones que salen de uno de los electrodos con el gas, en donde el gas ionizado o parcialmente ionizado es el que se denomina plasma.

Los electrodos pueden ser de igual o distinta naturaleza, como en el caso por ejemplo de una varilla metálica (electrodo) y una pieza metálica (parte a soldar o metal base) siendo estos del mismo u otro metal. Pero para producir la ionización se debe sacar los electrones del electrodo, los cuales como sabemos que un átomo contiene una misma cantidad de electrones como

protones, para poder generar la ionización es indispensables arrancar electrones para ionizar el gas, el cual es concebible comunicando una suficiente energía.

El procedimiento más simple de aportación de energía necesaria es calentar el electrodo a una temperatura elevada, por lo cual es método para iniciar un arco es establecer un cortocircuito entre pieza y electrodo.

El arco de soldeo está dividido en tres regiones características, cátodo, columna de plasma y ánodo.

El cátodo corresponde al terminal negativo, el cual produce la emisión de electrones que ionizan el gas convirtiéndose en plasma. Los iones que se producen de la columna de plasma bombardean el cátodo, calentándolo permitiendo así la emisión de electrones y a su vez generar la autolimpieza, la cual se produce por la acción mecánica del bombardeo de iones.

El ánodo corresponde al terminal positivo, es el sector de atracción de electrones atraída por la carga positiva del ánodo.

Para la generación del arco eléctrico es necesario considerar la influencia del tipo de corriente, en donde se puede emplear corriente continua o corriente alterna para emplear un arco eléctrico entre un electrodo y la pieza a soldar o material base. Si se utiliza una corriente continua esta se puede diferenciar si conectamos el terminal del electrodo en el negativo y la pieza al positivo o bien conectar el electrodo en el terminal positivo y la pieza en el negativo, de esta manera aparece el concepto de POLARIDAD que solo existe en el caso de corriente continua.

Polaridad directa se refiere cuando el electrodo se conecta en el terminal negativo y la pieza o material base en el positivo, en la cual se suelda con corriente continua electrodo negativo.

Polaridad inversa se refiere cuando el electrodo se conecta en el terminal positivo y la pieza en el negativo, en la cual se suelda con corriente continua electrodo positivo.

La elección de polaridad dependerá, entre otros factores, del tipo de proceso de soldeo, del tipo electrodo y material base.

En los polos del arco, el voltaje varía según la longitud de este. Al rozar el electrodo con la pieza, el voltaje es cero y va aumentando a medida que el

arco se hace mayor, hasta que al alejar demasiado el electrodo el arco se interrumpe volviendo la maquina a su voltaje en vacío, que es siempre más elevado que el voltaje de trabajo.

El término soldadura lo podemos definir como la unión mecánicamente resistente de dos o más piezas metálicas diferentes.

Lo primero que hay que comprender de la ciencia de la soldadura es que una soldadura es ante todo un proceso de fundición del metal análogamente a lo que se efectúan en las fundiciones, pero a una escala más reducida.

Las uniones logradas a través de una soldadura de cualquier tipo, se ejecutan mediante el empleo de una fuente de calor (una llama, un sistema de inducción, un arco eléctrico, etc.).

Para rellenar las uniones entre las piezas o partes a soldar, se utilizan varillas de relleno, denominadas material de aporte o electrodos, realizadas con diferentes aleaciones, en función de los metales a unir. En la soldadura, las dos o más piezas metálicas son calentadas junto con el material de aporte a una temperatura correcta, entonces fluyen y se funden conjuntamente. Cuando se enfrían, forman una unión permanente. La soldadura así obtenida, resulta tan o más fuerte que el material original de las piezas, siempre y cuando la misma esté realizada correctamente.

Las aplicaciones de la soldadura, en general, son ilimitadas. No basta con conocer sólo las normas para aplicarlas, sino que resulta necesario ahondar en los principios que rigen los distintos fenómenos que se producen en la estructura.

En una soldadura el metal adyacente al cordón depositado no sufre fusión pero se ve sometido a un calentamiento a altas temperaturas, lo que produce que dicha zona sea afectada térmicamente. En resumen: una soldadura supone un proceso de fundición en el material de aportación y un tratamiento térmico en los alrededores.

La soldadura en general intimida a mucha gente, aunque no debería ser así. Resulta bastante simple su ejecución, siempre que se sepa sacar ventaja del efecto que la temperatura produce sobre cada metal en particular. El principal secreto radica en ser metódico respecto a los procedimientos a seguir. La habilidad del operario para realizar algún tipo de soldadura luego de una

extensa práctica y prueba, dependerá de la coordinación que el mismo tenga entre su mano y la vista. Si la coordinación es buena, no se tendrán mayores problemas para poder aprender y ejecutar buenos trabajos en esta área.

4.2 Procesos de Soldadura al Arco.

En la etapa constructiva de un bloque la aplicabilidad de los procesos de soldadura es esencial para cada subproceso de fabricación. Los aceros navales aplicables en la construcción de un buque designados por las Normas A.S.T.M. (American Standard Testing Material, Estándar Americano para Ensayos de Materiales) como ASTM A 131/A 131M-08 (Standard Specification for Structural Steel for Ships, Especificación Estándar para Acero Estructural para Buques), la cual considera en su especificación el termino de soldabilidad del acero naval en el anexo A 6/A 6M (Especificaciones estándar para requerimientos generales para barras de acero, planchas y perfiles). Es por este motivo que en la construcción naval todo esta normado y la soldadura como sus procesos están regidos por A.W.S. (American Welding Society, Sociedad Americana de Soldadura) por su código aplicable al acero AWS D1.1/D1.1M:2002.

En la construcción naval y en particular en el armado de un bloque de un proyecto de construcción clasificado por la casa clasificadora Lloyd's Register of Shipping, se establece que todas las etapas de la construcción del bloque debe estar aprobado y normado bajo Lloyd's Register, es decir, los procesos, procedimientos de la soldadura y así como el personal deben estar calificados por el ente clasificador.

Para el armado de un bloque los principales procesos de soldadura eléctrica de arco aplicables a cada una de las etapas de la construcción que se considera como los distintos subprocesos de la prefabricación de un bloque se aplicaran los siguientes procesos de soldadura:

- A. Soldadura de arco con electrodo revestido (SMAW).
- B. Soldadura de arco con electrodo consumible y protección de gas (GMAW).

- C. Soldadura de arco con electrodo tubular (FCAW).
- D. Soldadura por arco sumergido (SAW).

4.2.1 Soldadura al Arco con electrodo revestido (Shielded Metal Arc Welding, SMAW).

El proceso de soldadura SMAW, es definido por la AWS A3.0 como un proceso de soldadura al arco, que emplea un electrodo de metal de aporte con revestimiento.

4.2.1.1 Principios de Funcionamiento.

La soldadura por arco de metal protegido, es un sistema de soldadura por arco eléctrico y es por muchos el más ampliamente utilizado. el sistema de funcionamiento está constituido por un circuito cerrado el cual considera un diferencial de potencial establecida por la fuente de potencia, en el que se logra la adhesión o unión de metales por medio del calor de un arco eléctrico. En la figura 4.2.1.1.1 se observa el circuito eléctrico básico del proceso. Este circuito comienza con una fuente de poder eléctrica, además incluye los cables de conexión de soldadura, un portaelectrodo, la conexión con la pieza de trabajo, la pieza a soldar y un electrodo de soldadura por arco.

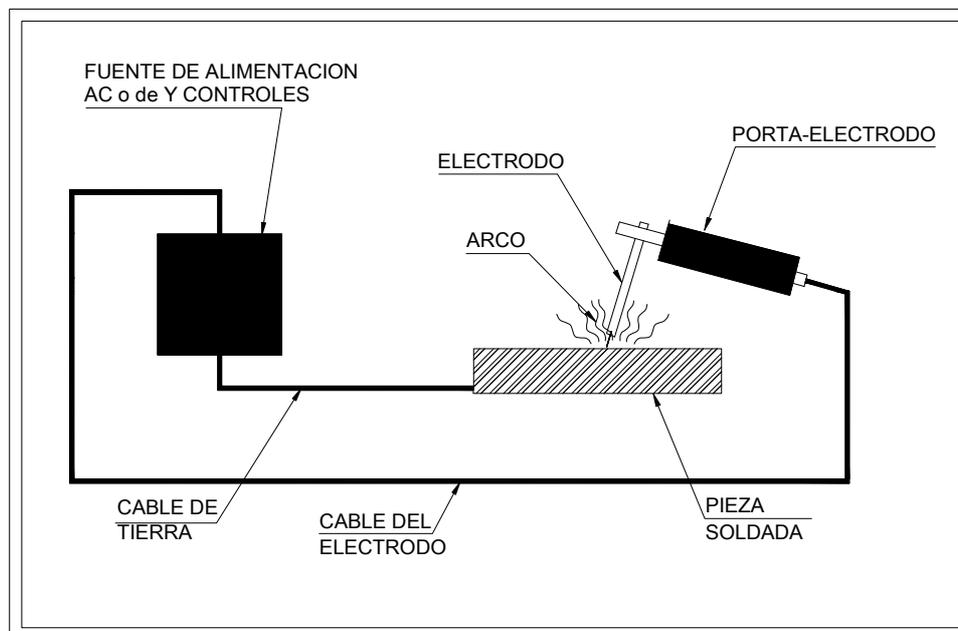


Figura 4.2.1.1.1 Circuito Eléctrico del proceso de soldadura al arco con electrodo revestido.

En la soldadura, la relación entre la tensión o voltaje aplicado y la corriente circulante es de suma importancia. Se tienen dos tensiones Una es la tensión en vacío (sin soldar), la que normalmente está entre 70 a 80 Volt. La otra es la tensión bajo carga (soldando), poseer valores entre 15 a 40 Volt. Los valores de tensión y de corriente variarán en función de la longitud del arco. A mayor distancia, menor corriente y mayor tensión, y a menor distancia, mayor corriente con tensión más reducida.

El arco eléctrico se produce cuando la corriente eléctrica da inicio a un arco que se genera entre la punta del electrodo y la pieza. El intenso calor derrite la punta del electrodo y la superficie de la pieza. En la punta del electrodo se genera con rapidez pequeños glóbulos de metal fundido, los cuales se transfieren a través del arco con una velocidad de desplazamiento apropiado, y circula a través de una columna de gas ionizado llamado "plasma". Esta circulación de corriente se produce cumpliendo el mismo principio que en los semiconductores, produciéndose una corriente de electrones del electrodo (cargas negativas) y una contracorriente por el aumento de temperatura del material base (cargas positivas) con el gas, en donde es gas ionizado o parcialmente ionizado es el que se denomina "plasma". En la columna central del "plasma", los electrones, iones y átomos se encuentran en un movimiento acelerado, chocando entre sí en forma constante. La parte central de la columna de "plasma" es la más caliente, ya que el movimiento es muy intenso. La parte externa es mas fría, y está conformada por la recombinación de moléculas de gas que fueron disociadas en la parte central de la columna.

4.2.1.2 Protección del Arco Eléctrico.

El intenso calor necesario para fundir los metales es producido por un arco eléctrico, que se establece al entrar en contacto momentáneamente la punta de un electrodo revestido con la superficie de trabajo (metal base), sin la aplicación de presión, mediante el cual es posible la fusión del metal del electrodo y el material generándose un medio gaseoso por la combustión del revestimiento del electrodo quien protege el metal fundido de la atmosfera. Además de servir como estabilizador del arco, movido manualmente o

mecánicamente a lo largo de la unión. En la figura 4.2.1.2.1 se muestra la acción protectora del arco en la soldadura por arco de metal protegido.

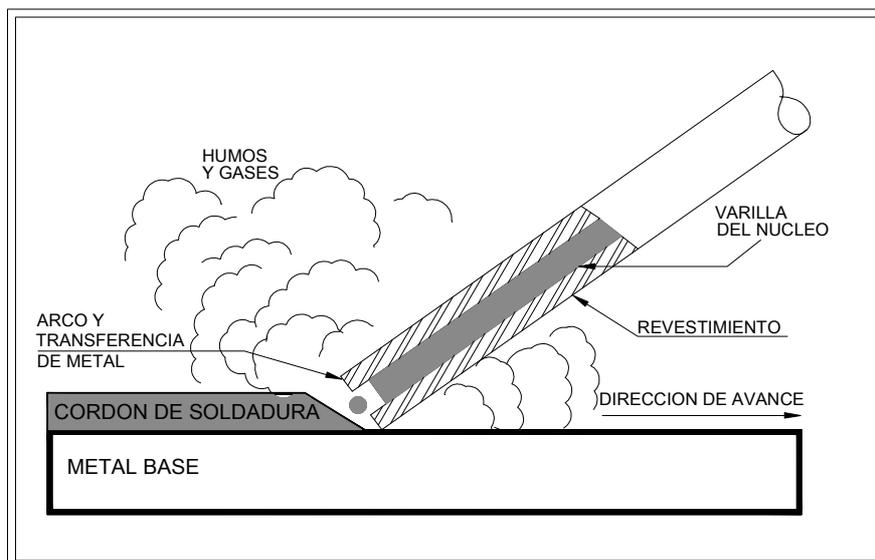


Figura 4.2.1.2.1 Acción protectora del Arco.

El propósito del SMAW es trasladar la corriente en forma puntual a la zona de soldadura manteniendo el arco eléctrico entre su punta y la pieza. El electrodo utilizado, según su tipo de naturaleza, puede ser consumible, fundiéndose y aportando metal de aporte a la unión. El gas protege las gotas de metal de aporte del ambiente, y la escoria estabiliza el metal fundido. La escoria tiene la función de regular la velocidad de enfriamiento del metal fundido y la uniformidad dimensional del cordón.

4.2.1.3 Variables del Proceso de Soldadura SMAW.

4.2.1.3.1 Diámetro del Electrodo.

El diámetro correcto del electrodo es aquel que se usa con el amperaje y velocidad de soldadura apropiada, produce un depósito de soldadura del tamaño requerido en la menor cantidad de tiempo.

La elección del diámetro del electrodo depende principalmente del espesor del metal a ser soldado, la posición de soldadura empleada, y el tipo de junta a ser soldada. En general, los mayores diámetros son seleccionados para aplicaciones que involucran materiales de espesores grandes o para soldaduras en posición plana en orden a su mayor tasa de depósito.

Para soldaduras en posición horizontal, vertical y sobrecabeza, el metal de soldadura fundido tiende a fluir fuera de la poza de soldadura debido a fuerzas gravitacionales y se controla usando pequeños electrodos para reducir el tamaño de la poza de soldadura. La manipulación del electrodo y el incremento de la velocidad de soldadura a lo largo de junta también ayudan en el control del tamaño de deposición.

4.2.1.3.2 Corriente de Soldadura.

El proceso de soldadura SMAW puede ser acompañado con corriente alterna o corriente continua, cuando se emplea el electrodo adecuado. El tipo de corriente de soldadura, la polaridad y los constituyentes del revestimiento del electrodo influyen en la razón de fusión de todos los electrodos revestidos.

4.2.1.3.2.1 Corriente Alterna.

Para el proceso SMAW, la CA ofrece dos ventajas sobre la CC. Una es la ausencia de soplo del arco y la otra es el costo de la fuente de poder. Al no existir soplo magnético, pueden emplearse electrodos de mayores diámetros e intensidades de corrientes más altas. Ciertos electrodos, específicamente aquellos con polvo de hierro en su revestimiento, son diseñados para operaciones con altos amperajes con CA. La fijación de materiales, diseño y ubicación de la conexión en la pieza de trabajo puede no ser tan crítica con CA.

4.2.1.3.2.2 Soldadura de Arco con Corriente Continua (CC).

Cuando se realizan las soldaduras con corriente alterna (CA), no se tiene polaridad definida de ninguno de los dos electrodos. En cambio, al realizarla con corriente continua (CC), existe un único sentido de circulación de corriente y los efectos de la polaridad sobre la soldadura son muy evidentes. Por lo general, la polaridad que se adopta en CC es la *inversa*, la cual polariza al electrodo positivamente (+) respecto a la pieza. Con esta polaridad, el electrodo toma más temperatura que la pieza, el arco comienza más prontamente, y permite utilizar menor amperaje y un arco más corto. Con la polarización inversa se tiene menor penetración que con la polarización directa. La polarización directa polariza negativamente el electrodo respecto a la pieza. Se utiliza sólo

para algunos procesos particulares. Existen algunos electrodos que pueden ser utilizados en CC con polarización directa o inversa indistintamente (llamados CA/CC), mientras que otros son aptos solo para corriente continua directa. En la figura 4.2.1.3.2.2.1 se observan esquemáticamente las dos polaridades posibles en la soldadura por arco en corriente continua.

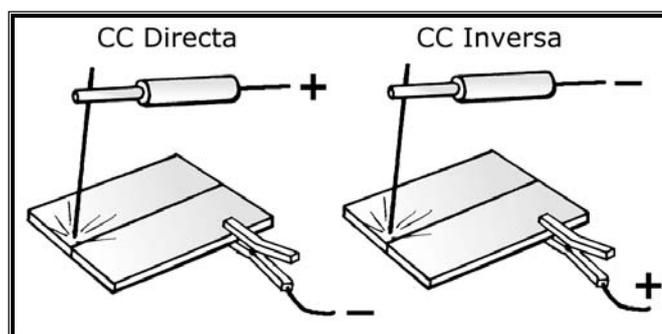


Figura 4.2.1.3.2.2.1 Polaridades en la soldadura por arco con CC.

En aceros ASTM A 131/A 131M-08 (Standard Specification for Structural Steel for Ships, Especificación Estándar para Acero Estructural para Buques) la polaridad aplicable en la soldadura es la directa, la que nos permite:

- a) Mantener un arco corto (poca distancia entre la punta del electrodo y la pieza). Esto permite lograr el calor necesario para fundir el material de aporte con el de base sin excesos.
- b) Realizar puntos de soldadura para evitar quemar o perforar el material. Esto ayudará, además, a evitar deformaciones u ondulaciones por exceso de temperatura.
- c) Usar pinzas de anclaje, sargentos o elementos de fijación de gran superficie, permitiendo esta característica aumentar la disipación de temperatura de todo el conjunto y evitando así un “shock” térmico que pueda producir mayores deformaciones sobre el material a soldar.

En la siguiente tabla 4.2.1.3.1 se presenta parámetros presentes en el proceso SMAW, realizando una comparación entre corriente continua y corriente alterna.

Parámetros	Corriente Continua	Corriente Alterna
Soldeo a gran distancia de la fuente de energía		Preferible
Soldeo con electrodos de pequeño diámetro que requiere baja intensidad de soldeo	La operación resulta mas fácil	Presenta dificultad en la generación del arco provocando deterioros en material
Cebado del Arco	Resulta mas fácil	Mas difícil, en especial en la empleacion de electrodos de poco diámetro
Mantenimiento del Arco	Mas fácil por la mayor estabilidad	Mas difícil, excepto con electrodos de gran rendimiento
Soplo Magnético	Puede presentar problemas en el soldeo de materiales ferromagnéticos	No se presenta problema
Posiciones de Soldeo	aplicable en cualquier posición con intensidad bajas	Se aplica en cualquier posición, si se utiliza el electrodo adecuado
Tipo de Electrodo	Emplea todo tipo electrodo	No es aplicable con todos los electrodos, debido que el revestimiento debe poseer sustancias que reestablezcan el arco
Espesor de Pieza	Se prefiere para espesores delgados	Se prefiere espesores gruesos de material por los rendimientos que se puede conseguir
Salpicadura	Poco Frecuente	Mas Frecuente
Polaridad	Posibilidad de elección dependiendo del tipo de material como tipo de electrodo a emplear	No hay polaridad

Tabla 4.2.1.3.1 Parámetros presentes en el proceso SMAW.

4.2.1.3.3 Amperaje.

Los electrodos revestidos de un tamaño y clasificación específicos operarán satisfactoriamente con distintos amperajes en algún cierto rango. Este rango variará con el diámetro y formulación del revestimiento. La tasa de depósito (**deposition rates**) incrementa con el amperaje.

Para un diámetro dado de electrodo, los rangos de amperaje y la tasa de depósito resultante variarán desde una clasificación de electrodo a otra. Con un tipo y tamaño específico de electrodo, el amperaje óptimo depende de distintos factores tal como la posición de soldadura y el tipo de junta. El amperaje debe ser suficiente para lograr una buena fusión y penetración aun permitiendo un apropiado control de la poza de soldadura. Para soldaduras verticales y sobrecabeza, el amperaje óptimo podría ser el menor del rango permisible.

4.2.1.3.4 Longitud de Arco.

La longitud de arco es la distancia desde la punta fundida del núcleo del electrodo a la superficie de la poza de soldadura. Una correcta longitud de arco varía de acuerdo a la clasificación, diámetro y composición del electrodo; también varía con el amperaje y la posición de soldadura. El control de la longitud de arco depende principalmente de la destreza del soldador, involucrando los conocimientos, experiencia, percepción visual y destreza manual del soldador.

4.2.1.3.5 Velocidad de Soldadura.

Es la velocidad con que el electrodo se mueve a lo largo de la línea de soldadura. La velocidad de soldadura apropiada es aquella que produce un cordón de soldadura de contorno y apariencia apropiados. La velocidad de soldadura es influenciada por los siguientes factores:

- Tipo de corriente de soldadura, amperaje y polaridad.
- Posición de soldadura.
- Razón de fusión del electrodo.
- Condiciones superficiales del metal base.
- Manipulación del electrodo.
- Patrón del cordón de soldadura.

4.2.1.3.6 Orientación del Electrodo.

Esta variable es importante con respecto a la calidad de una soldadura, orientaciones inadecuadas pueden resultar en atrapamiento de escoria, porosidad y socavación. Una adecuada orientación depende en el tipo y diámetro del electrodo, posición y geometría de la unión. La orientación del electrodo queda definido por el ángulo de avance y ángulo de trabajo.

- ✓ Angulo de avance es el ángulo menor de 90° entre el eje del electrodo y una línea perpendicular al eje de soldadura en un plano determinado por el eje del electrodo y el eje de la soldadura.
- ✓ Angulo de trabajo es el ángulo menor que 90° entre una línea perpendicular a la superficie principal de la pieza de trabajo y un plano determinado por el eje del electrodo y el eje de la soldadura.
- ✓ Cuando el electrodo apunta en la dirección de soldadura, la técnica toma el nombre de empuje, en este caso el ángulo de avance se llama ángulo de empuje.
- ✓ Cuando el electrodo apunta en sentido contrario al avance, la técnica toma el nombre de arrastre, en este caso el ángulo de avance se llama ángulo de arrastre.

4.2.1.4 Electrodo para Soldadura por Arco Metal Protegido.

El electrodo además de establecer el arco y proporcionar metal de aporte para el depósito de soldadura, el electrodo introduce otros materiales en el arco o sus inmediaciones, o en ambos lugares. La mayor parte de los electrodos para SMAW tienen un núcleo de metal sólido. Algunos se elaboran con un núcleo fabricado o compuesto formado por metal en polvo encerrado en una funda metálica; en este caso, el propósito de algunos de los polvos metálicos, o incluso de todos, es producir un depósito de soldadura de aleación.

Dependiendo del tipo de electrodo que se use, la cobertura desempeña una o más de las siguientes funciones:

1. Provee un gas para proteger el arco y evitar una contaminación excesiva del metal de aporte derretido por parte de la atmósfera.

2. Suministra limpiadores, desoxidantes y agentes fundentes para purificar la soldadura y evitar un crecimiento excesivo de granos en el metal de soldadura.
3. Establece las características eléctricas del electrodo.
4. Proporciona un manto de escoria que protege el metal de soldadura caliente del aire y mejora las propiedades mecánicas del metal de soldadura.
5. Constituye un medio para añadir elementos de aleación que modifiquen las propiedades mecánicas del metal de soldadura.

La cobertura de los electrodos para SMAW se aplica por el método de extrusión o bien por el de inmersión. La extrusión se usa con mucha más frecuencia; el proceso de inmersión se usa principalmente para los núcleos de varilla colados y algunos de los fabricados. En todos los casos, la cobertura contiene la mayor parte de los materiales de protección, limpieza y desoxidación.

La elección del electrodo para el proceso SMAW varía dependiendo del material por lo cual es importante considerar los siguientes factores:

- Hay que tener cuidado al seleccionar los electrodos, pues es muy importante que su composición sea adecuada de acuerdo con la naturaleza del metal que se desea soldar.
- Si el electrodo y el metal depositado no son compatibles, es muy probable que la soldadura obtenida no sea buena.
- No es posible esperar que una soldadura soporte la carga para la que se diseñó si no se realiza con el electrodo correcto.
- Un electrodo inadecuado da origen a porosidad, poca resistencia a la corrosión, soldaduras débiles y otros defectos.
- Algunos electrodos se pueden usar ya sea con corriente alterna o con corriente continua dependiendo del espesor y composición del metal base a soldar.

- Se han desarrollado ciertos revestimientos con el propósito de incrementar la cantidad de metal de aporte que se deposita por unidad de tiempo.

4.2.1.4.1 Clasificación de los Electrodo Cubiertos.

Los electrodos cubiertos se clasifican de acuerdo con los requisitos de especificaciones emitidas por la American Welding Society (AWS).

Ciertas agencias del departamento de la defensa de Estados Unidos también emiten especificaciones para los electrodos cubiertos. Los números de especificaciones de la AWS y las clasificaciones de los electrodos correspondientes se dan en la tabla 4.2.1.4.1.1. Electrodo especificado por AWS según el metal base.

TABLA 4.2.1.4.1.1 Metales base y sus Respectivas especificaciones AWS.	
Metal base	Especificación AWS para el tipo de electrodo
Aceros al carbono	A5.1
Aceros de baja aleación	A5.5
Aceros resistentes a la corrosión	A5.4
Hierro colado	A5.15
Aluminio y aleaciones de aluminio	A5.3
Cobre y aleaciones de cobre	A5.6
Níquel y aleaciones de níquel	A5.11
Recubrimiento	A5.13 y A5.21

Tabla 4.2.1.4.1.1 Electrodo especificado por AWS según el metal base.

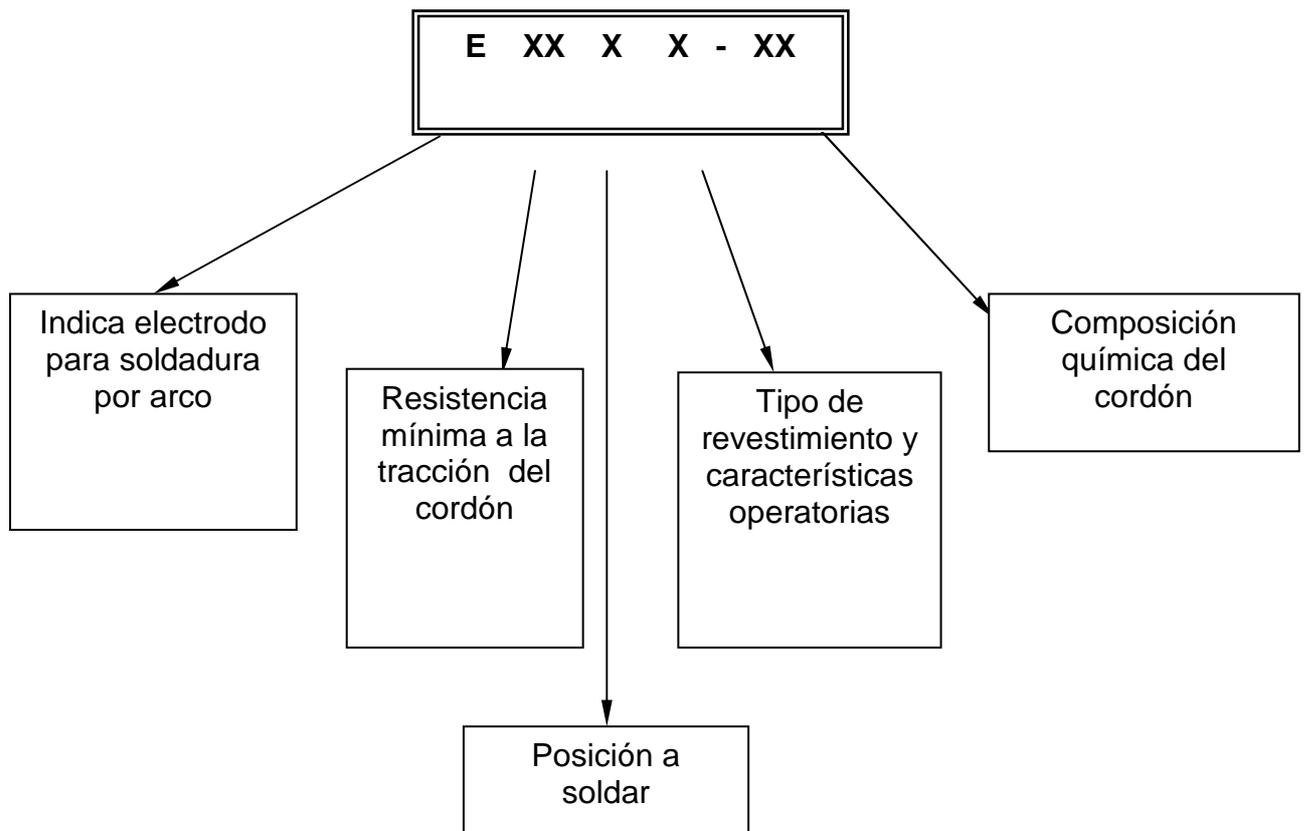
4.2.1.4.1.1 Electrodo cubiertos especificados por AWS para metal base de aceros al carbono.

En la construcción de un bloque de un buque naval el acero aplicable es ASTM A 131/A 131M-08 (Standard Specification for Structural Steel for Ships, Especificación Estándar para Acero Estructural para Buques) acero al carbono, por lo cual solo nos centraremos en metales bases con especificaciones AWS para el electrodo A5.1 para aceros al carbono.

La forma de especificar los electrodos se realiza mediante un sistema de numeración normalizado por la Sociedad Americana de Soldadura (A.W.S A5.1.). En la especificación para aceros al carbono de electrodos revestidos.

El sistema de clasificación se basa en la resistencia a la fracción del depósito.

La identificación de clasificación, está compuesta de la letra E y cuatro dígitos que se muestra a continuación:



Especificación:

1. El prefijo "E" indica electrodo para soldadura por arco eléctrico.
2. Los siguientes dos o tres dígitos indican la resistencia mínima a la tracción en miles de Psi.
 - E-60XX → 60.000 libras por pulgadas cuadradas.
 - E-70XX → 70.000 libras por pulgada cuadrada.
 - E-110XX → 110.000 libras por pulgada cuadrada.
3. El tercer o cuarto dígito indica la posición a soldar.
 - E-XX1X → todas las posiciones.
 - E-XX2X → plano horizontal y plano vertical (sentido horizontal).
 - E-XX3X → plano horizontal solamente.
 - E-XX4X → plano horizontal, plano vertical (sentido horizontal), plano vertical descendente y plano sobre cabeza.
4. El último dígito o combinación de los dos últimos indican las características operatorias del electrodo (tipo de revestimiento, corriente y polaridad).

5. El sufijo (por ejemplo E-XXXX-A1) indica la composición química para electrodos aleados. La tabla 4.2.1.4.1.1.1 muestra mayor información.

TABLA 4.2.1.4.1.1 Principales elementos aleantes presentes en el revestimiento del electrodo.	
Sufijo	Elemento aleante del revestimiento
A1	0,5% Mo
B1	0,5% Cr, 0,5% Mo
B2	1,25% Cr, 0,5% Mo
B3	2,25% Cr, 1% Mo
B4	2% Cr, 0,5% Mo
B5	0,5% Cr, 1% Mo
C1	2,25% Ni
C2	3,25% Ni
C3	1% Ni, 0,35% Mo, 0,15% Cr
D1 y D2	0,25 – 0,45% Mo, 1,75% Cr
G	0,5% Ni, 0,3% Cr, 0,2% Mo, 0,1% V, 1% Mn

La siguiente tabla **4.2.1.4.1.1.2** Electrodo relacionados con la aplicación del soldeo al arco manual, muestra los tipos de electrodos con la corriente, polaridad y posición, aplicables para el soldeo manual:

Clasificación AWS	Tipo de Revestimiento	Corriente y Polaridad	Posición a Soldar
E-6010	Celulósico Sódico	CC.EP.	P.V.SC.H.
E-6011	Celulósico Potásico	CA.CC.EP.	P.V.SC.H.
E-6012	Rutílico Sódico	CA.CC.EN.	P.V.SC.H.
E-6013	Rutílico Potásico	CA.CC.AP.	P.V.SC.H.
E-7014	Rutílico H.P.	CA.CC.AP.	P.V.SC.H.
E-7015	Rutílico Sódico B.H.	CC.EP.	P.V.SC.H.
E-7016	Rutílico Potásico B.H.	CA.CC.EP.	P.V.SC.H.
E-7018	Rutílico Potásico B.H.-H.P.	CA.CC.EP.	P.V.SC.H.
E-6020	Oxido de Hierro	CA.CC.AP.	P.H. Filete
E-7024	Rutílico H.P.	CA.CC.AP.	P.H. Filete
E-7027	Oxido de Hierro H.P.	CA.CC.AP.	P.H. Filete
Nomenclatura CC: Corriente Continua EP: Electrodo Positivo P: Plana HP: Hierro en Polvo CA: Corriente Alterna EN: Electrodo Negativo V: Vertical BH: Bajo Hidrógeno AP: Ambas Polaridades SC: Sobrecabeza H: Horizontal			

Tabla 4.2.1.4.1.1.2 Electrodo relacionados con la aplicación del soldeo al arco manual.

4.2.1.4.1.2 Tipos de Revestimientos de Aceros al Carbono.

Los revestimientos se clasifican en función de su composición que determina sus cualidades y aplicaciones. En nuestro bloque e en construcción solo esta centrados en aceros al carbono por lo cual solo no centraremos en revestimientos de aceros al carbono. A continuación se indicara la composición, característica y aplicación de cada tipo de revestimiento de electrodos de acero al carbono.

A. Electrodo Oxidante.

- **Composición del revestimiento:** Oxido de Hierro.
- **Características de la escoria:** es gruesa, compacta y se desprende con gran facilidad.
- **Ventajas:** presenta un cebado muy fácil, con su baño de fusión muy fluido.
- **Limitaciones:** Presenta una escasa penetración, con un metal de soldadura de escasa resistencia y resiliencia (baja resistencia al choque).
- **Aplicaciones:** Sirve para armar en cada de los procesos de prefabricación de calderería ligera.

B. Electrodo Ácido.

- **Composición del revestimiento:** Oxido de Hierro y Manganeso.
- **Características de la escoria:** Bastante fluida, de aspecto poroso y abundante.
- **Ventajas:** La velocidad de fusión es bastante elevada, así como la penetración, utilizada con intensidades elevadas.
- **Limitaciones:** Solo se puede utilizar en metal base con buena soldabilidad, con contenidos muy bajos de azufre, fósforo y carbono, producto que de lo contrario puede presentar fisuras en caliente, producto de que los componentes no son capaces de extraer el azufre y fósforos.

C. Electrodo Ácido de Rutilo.

- **Composición de revestimiento:** Oxido de hierro o de manganeso y rutilo (oxido de titanio).

- Sus propiedades son similares a los electrodos de tipo ácido, siendo más manejables por la presencia de óxido de titanio que permite mantener mejor el arco como su penetración.

D. Electrodo Celulósicos.

- **Composición de revestimiento:** Sustancias orgánicas que generan gran cantidad de gases por el calor.
- **Características de la escoria:** La escoria que se produce es escasa y se retira con gran facilidad.
- **Ventajas:** Los gases generan una gran envoltura gaseosa en torno al arco e imprimen las gotas con gran velocidad de fusión.
- **Aplicaciones:** Se emplea principalmente para el soldeo de tuberías, por su buena penetración y velocidad de fusión.
- **Tipo de corriente:** Corriente continua con polaridad directa en todas las posiciones.

4.2.1.5 Capacidades y Limitaciones del Proceso.

La soldadura con arco protegido (SMAW) es un tipo de soldadura de uso muy común, en donde el proceso aplicable para la construcción de un bloque está homologado por la casa clasificadora Lloyd's Register of Shipping.

4.2.1.5.1 Capacidades.

Si bien no resulta difícil de ejecutar, requiere de mucha paciencia y práctica para poder adquirir la expertis necesaria. En una gran parte, los resultados de calidad obtenidos dependerán de la habilidad del soldador homologado por la casa clasificadora para controlar y llevar a cabo el proceso de soldadura. La calidad de una soldadura, además, dependerá de los conocimientos que este posea. La pericia solo se obtiene con la práctica.

Hay seis factores importantes a tener en cuenta. Los dos primeros están relacionados con la posición y la protección del operario, y los cuatro restantes con el proceso de soldadura en sí. Los mismos están detallados a continuación, a saber:

- a) Posición correcta para ejecutar la soldadura.**
- b) Protección facial (se debe usar máscara o casco).**

- c) Longitud del arco eléctrico.** Es la distancia entre la punta del electrodo y la pieza de metal a soldar. Se deberá mantener una distancia correcta y lo mas constante posible.
- d) Angulo del electrodo respecto a la pieza.** El electrodo se deberá mantener en un ángulo determinado respecto al plano de la soldadura. Este ángulo quedará definido según el tipo de costura a realizar, por las características del electrodo y por el tipo de material a soldar.
- e) Velocidad de avance.** Para obtener una costura pareja, se deberá procurar una velocidad de avance constante y correcto. Si la velocidad es excesiva, la costura quedará muy débil, y si es muy lenta, se cargará demasiado material de aporte.
- f) Corriente eléctrica.** Este es un indicador directo de la temperatura que se producirá en el arco eléctrico. A mayor corriente, mayor temperatura. Si no es aplicada la corriente apropiada, se trabajará fuera de temperatura. Si no se alcanza la temperatura ideal (por debajo), el aspecto de la costura puede ser bueno pero con falta de penetración. En cambio, si se trabaja con una corriente demasiado elevada, provocará una temperatura superior a la óptima de trabajo, produciendo una costura deficiente con porosidad, grietas y salpicaduras de metal fundido.

Una vez teniendo en cuenta los factores antes mencionados el proceso SMAW nos aporta trabajos de excelente calidad y cuyas ventajas se pueden establecer en los siguientes puntos que permite una versatilidad para su aplicación en la etapa del armado de un bloque en situaciones complejas que requieren una penetración completa con un cordón uniforme y sin defectos.

4.2.1.5.2 Ventaja.

Las ventajas del proceso se indican en los siguientes puntos:

1. La soldadura de arco con electrodo revestido es un proceso usado ampliamente, particularmente en soldaduras pequeñas de producción, mantenimiento, reparación o construcción.
2. El equipo es simple, económico y portátil.
3. Debido a que el material protector del arco están en el revestimiento, no se requiere emplear otros materiales.
4. La posición de la soldadura no está limitada por este proceso, sino solo por el tipo y tamaño del electrodo.
5. El proceso puede usarse para soldar la mayoría de los materiales usados comúnmente.
6. Los metales de bajo punto de fusión como el plomo, estaño, zinc, etc. no se sueldan por este proceso, porque el calor que se produce suele ser muy alto.
7. El proceso de soldadura de arco con electrodo revestido su aplicación sirve para cualquier espesor de material dentro de consideraciones prácticas y económicas.
8. No hay límite superior de espesor, pero por razones de competitividad, la mayoría de las aplicaciones se presentan en espesores superiores a 4mm.
9. La versatilidad respecto a la localización y el ambiente. La soldadura se puede llevar a cabo a puerta cerrada, a cielo abierto, en un barco, puente, edificio, etc.
10. Permite una buena penetración sobre el material base con un cordón uniforme.
11. Una gran gama de electrodos se fabrican y garantizan para ser usados con este proceso.

4.2.1.5.3 Limitaciones.

El proceso SMAW aplicable en el armado de un bloque esta afectado bajo una serie de limitaciones que son:

1. Sección del cable de electrodo demasiado pequeña, ocasionando sobrecalentamiento del mismo.
2. Fallas en el conductor (roturas, envejecimiento, etc.).
3. Defectos en la conexión del cable del equipo al portaelectrodo.
4. Falso contacto entre el portaelectrodo y el electrodo.
5. Sobrecalentamiento del electrodo.
6. Longitud incorrecta del arco.
7. Falso contacto entre las partes o piezas a soldar.
8. Conexión defectuosa entre la pinza de tierra y la pieza a soldar.
9. Sección del cable de tierra demasiado pequeña.
10. Mala conexión del cable de tierra con el equipo.
11. Debido a que el electrodo se consume en muy poco tiempo, el soldador tiene que interrumpir el trabajo a intervalos regulares para cambiarlo y debe limpiar el punto de inicio antes de empezar a usar electrodo nuevo.
12. Los electrodos usados deben ser mantenidos en recipientes cerrados, por cuanto estos aunque se depositan muy rápido el soldador pierde tiempo entre cambiar el cabo y colocar otro en la pinza portaelectrodo.
13. Si el arco es largo, las fuerzas de penetración disminuyen.

4.2.2 Soldadura de arco con electrodo consumible y protección de gas (*Gas Metal Arc Welding, GMAW*).

El proceso de soldadura GMAW (MIG/MAG), es definido por la AWS A3.0 como un proceso de soldadura al arco, que emplea un arco entre un electrodo de metal de aporte y el charco de soldadura. El proceso se realiza bajo un escudo de gas suministrado externamente y sin aplicación de presión.

Si se emplea un gas inerte como protección el proceso se denomina MIG (metal inerte gas según la AWS A3.0), soldeo por arco con gas inerte.

Si se emplea un gas activo como protección el proceso se denomina MAG (metal active gas según la AWS A3.0), soldeo por arco con gas activo.

Una variación del proceso GMAW emplea un electrodo tubular dentro del cual hay un núcleo constituido principalmente por polvos metálicos (electrodo con núcleo de metal). Estos electrodos requieren un escudo de gas para proteger el charco de soldadura de contaminación por parte de la atmósfera.

La American Welding Society AWS, considera los electrodos con núcleo de metal como un segmento de GMAW. Algunas asociaciones del ramo en otros países agrupan los electrodos con núcleo de metal junto con los electrodos con núcleo de fundente. GMAW puede operar en modalidades semiautomática o automática. Todos los metales como el acero al carbono, el acero de baja aleación de alta resistencia mecánica, el acero inoxidable, el aluminio, el cobre, el titanio y las aleaciones de níquel se pueden soldar en cualquier posición con este proceso escogiendo el gas protector, electrodo y variables de soldadura apropiados.

En la construcción naval es importante en la etapa de fabricación implementar mejoras que permitan aminorar los plazos, costos y mejoras de la calidad. Es por este motivo que se debe considerar este proceso de soldadura, primero homologado por la casa clasificadora Lloyd's Register of Shipping al igual que la homologación de los soldadores como primer dato de entrada para

la aplicación de este proceso de soldadura en el armado de un bloque de un buque.

4.2.2.1 Principios de Funcionamiento.

El proceso GMAW se centra en la alimentación automática de un electrodo continuo consumible que se protege mediante un gas de procedencia externa. Una vez que el operador ha hecho los ajustes iniciales, el equipo puede regular automáticamente las características eléctricas del arco. Por lo mencionado los únicos controles manuales que el soldador requiere para la operación semiautomática son el posicionamiento de la pistola, la velocidad y dirección del desplazamiento.

Una vez, con equipo y ajustes apropiados, la longitud del arco y la corriente (es decir, la velocidad de alimentación del alambre) se mantienen automáticamente.

El equipo necesario para GMAW se representa en la figura 4.2.2.1.1 Componentes básicos del equipo para proceso GMAW.

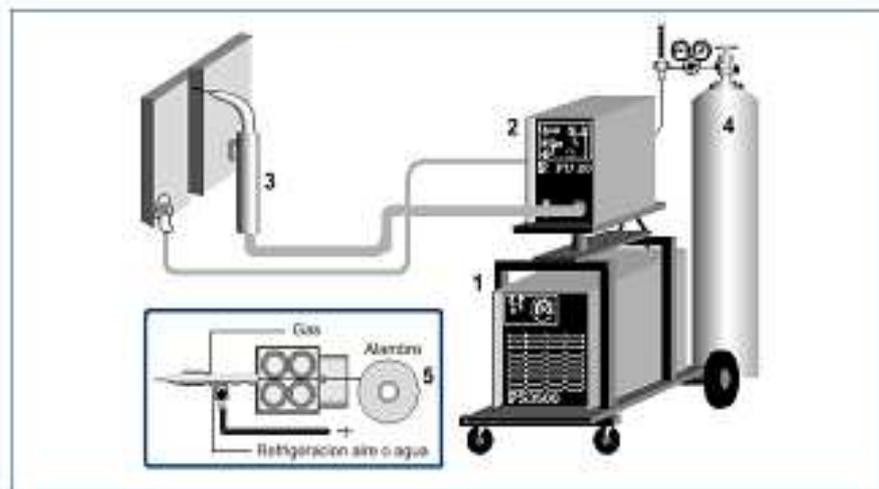


Figura 4.2.2.1.1 Componentes básicos del equipo para proceso GMAW.

Los componentes básicos del equipo son la unidad de pistola soldadora (3) y cables, la unidad de alimentación del electrodo (2), la fuente de potencia (1), la fuente de gas protector (4) y un carrete de alambre de tipo y diámetro específico (5).

La pistola guía el electrodo consumible, conduce la corriente eléctrica y el gas protector a la pieza, de modo que proporciona la energía para establecer

y mantener el arco y fundir el electrodo, además de la protección necesaria contra la atmósfera del entorno. Se emplean dos combinaciones de unidad de alimentación de electrodo y fuente de potencia para lograr la autorregulación de la unidad del arco que se desea. Generalmente, esta regulación se efectúa con una fuente de potencia de voltaje constante (que por lo general tiene una curva volt-ampere prácticamente plana) en conjunción con una unidad de alimentación de electrodo de velocidad constante. Como alternativa, una fuente de potencia de corriente constante proporciona una curva volt-ampere de caída, y la unidad de alimentación del electrodo se controla por medio del voltaje del arco.

Con la combinación de potencial constante/alimentación del alambre constante, los cambios en la posición del soplete originan un cambio en la corriente de soldadura que coincide exactamente con el cambio en la extensión del electrodo, de modo que la longitud del arco no se modifica.

En el sistema alternativo, la autorregulación se efectúa cuando las fluctuaciones del voltaje de arco reajustan los circuitos de control del alimentador, los cuales modifican de manera apropiada la velocidad de alimentación del alambre. En algunos casos (como cuando se suelda aluminio), puede ser preferible apartarse de estas combinaciones estándar y acoplar una fuente de potencia de corriente constante con una unidad de alimentación del electrodo de velocidad constante. Esta combinación no tiene mucha capacidad de autorregulación, y por tanto requiere operadores más hábiles en operaciones de soldadura automática.

4.2.2.2 Transferencias del Metal.

En la zona del arco eléctrico que se muestra en la figura 4.2.2.2.1, la transferencia del metal sobre la pieza a través de un arco eléctrico en un proceso GMAW es mediante tres formas las cuales son por inmersión o corto circuito, la globular y spray.

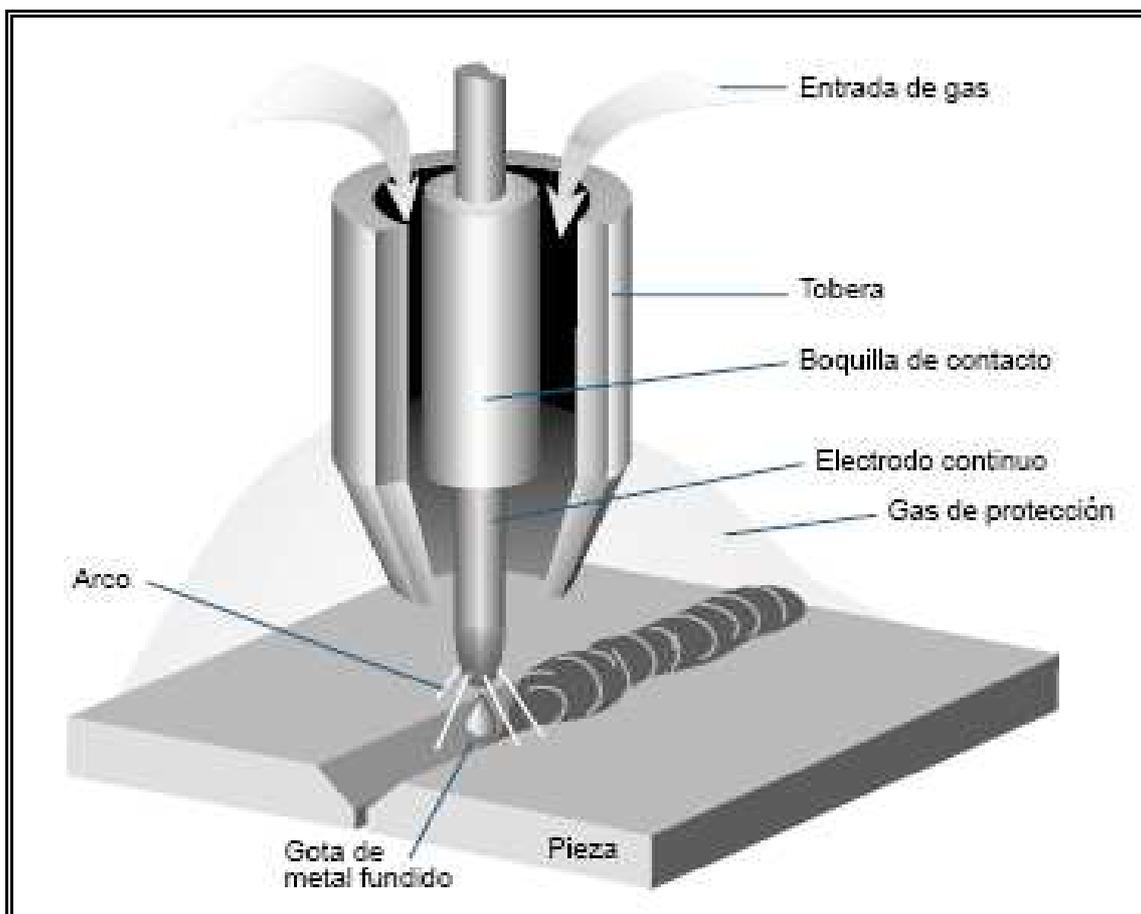


Figura 4.2.2.2.1 Transferencia de Metal sobre la pieza.

4.2.2.2.1 Transferencia por Inmersión o Cortocircuito.

La transferencia por inmersión o cortocircuito es producida, cuando sin haberse producido arco, al tocar el electrodo con la pieza, se queda pegado produciéndose un cortocircuito, en donde la corriente se incrementará lo suficiente para fundir el electrodo, quedando una pequeña porción del mismo en el material a soldar. Utilizado en forma satisfactoria en metales de poco espesor o con separación de raíz excesivas. Los parámetros típicos que considera, es intensidades de 50 a 150A con voltajes de 16 a 22V.

4.2.2.2.2 Transferencia Globular.

La transferencia globular consiste en transferir las gotas de metal fundido a través del arco por efecto de su propio peso, las cuales exceden la tensión superficial sujetas en la punta del electrodo y deposita sus gotas sobre la zona de soldadura. Este tipo de transferencia presenta dificultad en el control de aplicación del metal de aportación en espesores elevados, la cual provoca falta de penetración y sobreespesores elevados. Los parámetros típicos que considera, es de intensidad de 70 a 225 Amperes con voltajes de 20 a 35V.

4.2.2.2.3 Transferencia Spray.

La transferencia por spray consiste en transferir el metal de aporte a alta velocidad en partículas muy finas que se transportan a través del arco eléctrico, las cuales se obtienen a altas intensidades y altos voltajes favorecidos por los gases inertes, aproximadamente con intensidades de 150 a 500A y voltajes de 24 a 40V.

4.2.2.3 Gases Protectores.

Los gases de protección se dividen en dos grupos, los cuales son gases inertes y gases activos los cuales se indican en la figura 4.2.2.3.1 gases protectores para procesos de soldadura con protección gaseosa.

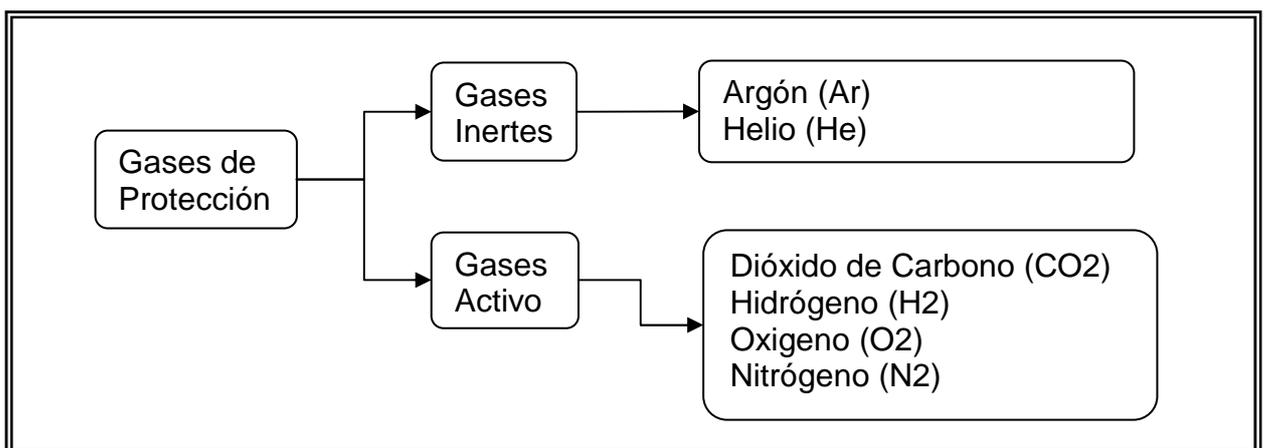


Figura 4.2.2.3.1 gases protectores para proceso soldadura al arco.

El proceso de soldadura GMAW considera el soldeo con electrodo con protección gaseosa. Pero para comprender su utilización es importante saber las propiedades o características de los gases, en la cual es importante tener en cuenta la energía de ionización, densidad y conductividad.

La energía de ionización es producida por el mismo arco durante la operación del soldeo. Cuando el gas ionizado entra en contacto con la pieza a soldar se enfría y el plasma se convierte en gas, generando que los iones y átomos se una formando el gas en el mismo estado de antes de soldar. Por este motivo cuando mayor es la energía de ionización de un gas más difícil será el establecimiento del arco, provocando dificultad de cebado y menor estabilidad del arco.

La densidad es otro aspecto a considerar, producto de que a mayor densidad de un gas, se requiere menor caudal para obtener la misma protección, debido a que cubrirá más fácilmente la zona de soldeo.

La conductividad térmica es la facilidad de transmisión de calor, es decir, cuando mayor sea la conductividad térmica, la distribución de temperatura en el arco es más homogénea, ayudando así a cordones más anchos con penetración mas uniforme.

4.2.2.3.1 Características de Gases.

Los gases inertes usados en sistema MIG son: Argón, Helio y mezclas de Argón-Helio. Sin embargo, en la soldadura de metales ferrosos (MAG) se puede emplear gases inertes o activos. Gases activos como: Dióxido de Carbono, Mezclas de Dióxido de Carbono, o gases protectores que contienen algún porcentaje de Oxígeno. Estos gases no son químicamente inertes y pueden formar compuestos con los metales

4.2.2.3.1.1 Argón.

Las características de este gas son:

- **Buena estabilidad del Arco.** El argón posee una baja energía de ionización, facilitando el cebado originando arcos estables, siendo esta cualidad importante para soldadura con corriente alterna.
- **Eficiente protección debido a su alta densidad.** El argón es más pesado que el aire, lo que permite cubrir bien el área de soldadura en contraposición del helio que es más ligero que el aire.
- **Idóneo para pequeños espesores.** Debido que posee una energía de ionización reducida, necesita tensiones reducidas produciendo arcos poco enérgicos, con aporte de calor reducido.
- **Forma de cordón y penetración.** El argón posee una conductividad mas baja que el helio, por lo que el calor se concentra en la parte central del arco produciendo buena penetración y cordón uniforme.

4.2.2.3.1.2 Helio.

Las características de este gas son:

- **Potencia de ionización elevada.**
- **Alta conductividad por lo que la columna de plasma es ancha.**
- **Baja densidad.**
- **Aporte térmico elevado.** Obteniendo cordones anchos y de gran penetración con una gran velocidad de soldeo.
- **Aplicaciones para materiales de gran conductividad, reduciendo la necesidad de precalentamiento y con grandes espesores.**
- **Limitaciones.** Poca estabilidad del arco comparado con el argón, y por su baja densidad requiere un alto caudal para una correcta protección, generando un aumento del económico.

4.2.2.3.1.3 Dióxido de Carbono, CO₂.

Es el único gas activo que puede utilizarse como protección, aunque únicamente se utiliza, tanto puro como mezclado, en el soldeo MAG o en el soldeo FCAW (Soldadura de arco con electrodo tubular).

- Las ventajas más importantes del CO₂ son su bajo costo, gran penetración y alta velocidad de soldeo.

- Las limitaciones es que produce gran cantidad de salpicaduras y no permite conseguir transferencia spray.

La adición de determinados gases al gas protector en pequeñas cantidades permite mejoras en el soldeo. El adicionar oxígeno en pequeñas cantidades, para no producir oxidación del material fundido, como aditivos del argón en el soldeo MAG y FCAW ayuda a estabilizar el arco, a su vez permite conseguir transferencias en spray con intensidades más bajas, mejorando el aspecto del cordón de soldadura.

Si se adiciona hidrogeno en pequeñas cantidades como aditivo del argón para el soldeo TIG o plasma, proporciona ventajas aumentando el aporte térmico, permitiendo aumentar la velocidad de desplazamiento, a su vez aumenta la penetración del cordón de soldadura aumentando el ancho del cordón.

4.2.2.3.1.4 AGAMIX 20 (80% AR + 20% CO₂).

En el proceso de soldadura GMAW aplicable al proceso constructivo de un bloque es indispensable, aparte de asegura la correcta ejecución del proceso, verificar los aspectos de costos y calidad, es por este motivo que es necesario establecer parámetros considerando que está establecido el tipo de material base que es acero al carbono y baja aleación, ASTM A 131/A 131M-08. Es importante establecer el gas protector. Es por este motivo que se utilizara en el armado de un bloque como es sus etapas de prefabricación gas protector AGAMIX-20, el cual se explicara a continuación su elección.

Producto al aumento de utilización de insumos electrodos continuos, quienes utilizan distintas mezclas de gases que modifican las características del metal depositado, es importante buscar una media que permita aplicar a la gran variedad de insumos de electrodos. Los gases más usados en soldadura con alambre continuo son dióxido de carbono y gases ricos en argón (Ar+CO₂ y/o Ar+O₂). Este tipo de protección permite una buena terminación superficial, poca salpicadura (perlilla) y mayor estabilidad del arco.

AGA MIX 20 es una de las mezclas de gases más populares de AGA. Este es un gas de protección en balance argón al que se adicionó un determinado porcentaje de CO₂,

Esta mezcla de gas protector es aplicable para el proceso de soldadura GMAW. Las ventajas que ofrece comparado en terreno con otras variedades de gases protectores como el AGAMIX 15 (95% Ar + 5% O₂) y AGAMIX 28 (98% Ar + 2% CO₂) son:

- Produce un arco estable en un amplio rango de parámetros de intensidad y voltaje.
- Cordón de excelente aspecto y poca salpicadura.
- Se obtiene una mayor velocidad de soldadura y mayor tasa de deposición.
- Permite soldar todos los espesores existentes mayores que 0,6 mm.
- Su aplicación de gas protector permite adaptarse a procesos semiautomáticos como automatizados.
- Mantiene el arco estable a mayores velocidades de alimentación de alambre.
- Penetración más concentrada en el centro del cordón.
- Los costos totales muestran que el uso de MIX-20 con insumo alambre sólido representa el valor más bajo en comparación a las mezclas usadas en los ensayos, seguido por la combinación MIX- 15 insumo alambre sólido.
- Considerando lo anterior, el gas MIX-20 y el alambre continuo tubular representan los insumos más óptimos que muestran mejor comportamiento esto, considerando los costos finales, y considerando el cómo afecta a la necesidad de una limpieza una vez terminado de soldar.

4.2.2.4 Electrodo para Soldadura por Arco con Alambre Sólido Autoprotegido.

El electrodo debe satisfacer ciertas demandas del proceso en cuanto a estabilidad del arco, compartimiento de transferencia de metal y características de solidificación. También debe producir un depósito de soldadura compatible con una o más de las características del metal base como la tenacidad, ductilidad, resistencia mecánica y compatibilizar con la composición química del material base.

La tabla 4.2.2.4.1 ofrece una guía básica para seleccionar los tipos de metal de aporte apropiados para los metales base que se listan, junto con todas las especificaciones AWS de metal de aporte aplicables.

Tipo	Clasificación	Clasificación del electrodo	Especificación de electrodo de la AWS
Aleaciones de magnesio	AZ10A AZ31B, AZ61A AZ80A ZE10A ZK21A AZ63A, AZ81A AZ91C AZ92A, AM100A HK31A, HM21A HM31A LA141A.	ERAZ61A, ERAZ92A ERAZ61A, ERAZ92A ERAZ61A, ERAZ92A ERAZ92A EREZ33A EREZ33A EREZ33A EREZ33A	A5.19
Níquel y aleaciones de níquel	Comercialmente puro Aleaciones Ni-Cu Aleaciones Ni-Cr-Fe	ERNi ERNiCu-7 ERNiCrFe-5	A5.14
Titanio y aleaciones de titanio	Comercialmente puro Ti-6Al-4V Ti-0.15Pd Ti-5Al-25Sn Ti-13V-11Cr-3Al	ERTi_1, _2, _3, _4 ERTI-6Al-4V ERTi-0.2Pd ERTi-5Al-2.5Sn ERTi-13V-11Cr-3Al	A5.16
Aceros inoxidables auténticos	Tipo 201 Tipos 301,302 304 y 308 Tipo 304L Tipo 310 Tipo 316 Tipo 321 Tipo 347	ER308 ER308 ER308L ER310 ER316 ER321 ER347	A5.9
Aceros al carbono	Aceros al carbono	E70S-3, o E70S-1 E70S-2, E70S-4 E70S-5, E70S-6	A5.18
Aluminio y aleaciones de aluminio	1100 3003, 3004 5052,5454 5083, 5086 5456 6061,6063	ER4043 ER5356 ER5554, ER5556 o ER5183 ER5556 o ER5356 ER4043 o ER5356	A5.10

Tabla 4.2.2.4.1 Electrodo recomendados para GMAW.

4.2.2.4.1 Electrodo Sólido para Acero al Carbono con Protección por Gas.

Considerando que el material base de nuestro bloque es un ASTM A131 la empleación del material de aportación es un alambre sólido AWS ER-70S-6 con especificación del electrodo por la AWS A5.18, ver figura 4.2.2.4.1.1. Este tipo de alambre sólido cumple las características metalúrgicas del metal base para la construcción de nuestro bloque.

<p>Clasificación AWS para los materiales de aporte de la especificación A5.18</p> <p>Electrodos de acero al carbono para soldadura de arco protegido por gas</p> <p>ER – XX S – X (1) (2) (3) (4)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Las primeras dos letras lo identifican como alambre o varilla desnuda. 2) Resistencia a la tracción mínima de 70000 Lb/pulg². 3) La letra intermedia indica su estado físico sólido. 4) Este sufijo indica la química del material depositado, tipo de gas y factor de sensibilidad.

Figura 4.2.2.4.1.1 Clasificación de alambres especificados por AWS A5.18.

4.2.2.4.2 Selección de Electrodo Sólido para Acero al Carbono con Protección por gas a utilizar en el Armado de Bloque.

Considerando que en el proceso de soldadura GMAW el gas protector a considerar es el AGAMIX 20 debido que nos permite ampliar el rango de aplicación y resultados favorables en la aplicación de soldadura, aparte de cualesquier otras modificaciones que se hagan a la composición de los electrodos, casi siempre se agregan desoxidantes u otros elementos limpiadores. Esto se hace para minimizar la porosidad de la soldadura o para asegurar que el metal de soldadura tenga propiedades mecánicas satisfactorias. La adición de desoxidantes apropiados en las cantidades correctas es indispensable para producir soldaduras íntegras.

El alambre sólido seleccionado para nuestra construcción soldada es un AWS ER 70S-6 según especificación AWS A5.18 con protección de gas AGAMIX 20. El alambre sólido AWS ER 70S-6 corresponde a un alambre de acero dulce al carbono. Permite soldar en todas las posiciones con una corriente continua electrodo positivo, cuyo revestimiento es cobrizado. Este alambre sólido ofrece una excelente soldabilidad con una alta cantidad de elementos desoxidantes, por su contenido de silicio y manganeso, para soldadura donde no puede seguirse una estricta limpieza en la zona de soldeo con una soldadura con escoria mínima y sin porosidad.

La utilización del electrodo sólido con protección AGAMIX 20 se resume en la tabla 4.2.2.4.2.1. Dicha tabla demostrativa considera tanto los parámetros de funcionamiento y propiedades mecánicas. Estos parámetros de funcionamiento son relativos al proceso GMAW.

Gas Protector		80%Ar + 20%CO₂
Parámetros de Funcionamiento	Diámetro (mm)	1,6
	Amperaje (A)	310
	Voltaje (V)	28
	Velocidad de alimentación de alambre (cm/min)	508
	Velocidad de deposición (kg/hr)	4,6
Propiedades Mecánicas	Resistencia a la tracción (N/mm²)	590
	Límite elástico (N/mm²)	495
	Elongación (l=5d)	25%
Análisis Químico depositado	Carbono (C)	0,09%
	Silicio (Si)	0,95%
	Manganeso (Mn)	1,55%

Tabla 4.2.2.4.2.1 Soldadura Semiautomática con alambre sólido ER 70S-6 con protección AGAMIX 20.

Este proceso de soldadura semiautomático con protección con gas AGAMIX20 es muy utilizado, siempre buscando la disminución de los plazos de ejecución de un trabajo con soldadura, la cual debe permitirnos como punto prioritario la calidad del producto para satisfacción de los parámetros de inspección de la casa clasificadora con el cliente, pero sin perder de vista que toda estructura soldada debe cumplir con las propiedades mecánicas del material soldado, y en base a ello se regulan los parámetros de funcionamiento que permita evitar imperfecciones que pudiese presentar el bloque en sus etapas de prefabricación.

Este método nos permite rendir con una soldadura de excelente calidad, con un ritmo de producción y una eficiencia superiores a la alcanzada con las técnicas SMAW tradicionales. Es utilizable en condiciones variadas de trabajo como en posiciones de soldeo. El electrodo son un poco mas caro que los materiales SMAW, pero en muchas ocasiones el aumento de la calidad y productividad compensa el gasto y sin perder de vista el desarrollo continuo, y mejoras, de los procesos que nos permita competir con las demandas de la construcción naval en el mundo.

4.2.2.5 Ventajas del Proceso GMAW con Protección con Gas.

- 1.- Es el único proceso de electrodo consumible que puede servir para soldar todos los metales y aleaciones comerciales.
- 2.- GMAW no tiene la restricción de tamaño de electrodo limitado que se presenta con la soldadura por arco de metal protegido.
- 3.- Puede soldarse en todas las posiciones, algo que no es posible con la soldadura por arco sumergido.
- 4.- Se logran tasas de deposición bastante más altas que con la soldadura por arco de metal protegido.
- 5.- Las velocidades de soldadura son más altas que con soldadura por arco de metal protegido gracias a la alimentación continua del electrodo y a las mayores tasas de deposición del metal de aporte.
- 6.- Como la alimentación de alambre es continua, es posible depositar soldaduras largas sin parar y volver a comenzar.

7.- Cuando se usa transferencia por aspersión, es posible lograr mayor penetración que con la soldadura por arco de metal protegido, lo que puede permitir el uso de soldaduras de filete más pequeñas para obtener una resistencia mecánica equivalente.

8.- Casi no se requiere limpieza después de la soldadura porque no se produce mucha escoria.

4.2.2.6 Limitaciones del Proceso GMAW con Protección con Gas.

Como en cualquier proceso de soldadura, hay ciertas limitaciones que restringen el uso de la soldadura por arco de metal y gas. Entre ellas están las siguientes:

1.- El equipo de soldadura es más complejo, más costoso y menos transportable que el de SMAW.

2.- GMAW es más difícil de usar en lugares de difícil acceso porque la pistola soldadora es más grande que un portaelectrodos de arco de metal protegido, y la pistola debe estar cerca de la unión para asegurar que el metal de soldadura esté bien protegido.

3.- El arco de soldadura debe protegerse contra corrientes de aire que puedan dispersar el gas protector. Esto limita las aplicaciones en exteriores a menos que se coloquen barreras protectoras alrededor del área de soldadura.

4.- Los niveles relativamente altos de calor radiado y la intensidad del arco pueden hacer que los operadores se resistan a utilizar el proceso.

4.2.3 Soldadura por Arco con Núcleo Fundente (Flux cored arc welding, FCAW).

El FCAW es un proceso de soldadura por arco eléctrico que aprovecha un arco entre un electrodo continuo de metal de aporte y el charco de soldadura. Este proceso se emplea con protección de un fundente contenido dentro del electrodo tubular, con o sin un escudo adicional de gas protector de procedencia externa, y sin aplicación de presión.

El electrodo con núcleo fundente, es un electrodo tubular de metal de aporte compuesto por una funda metálica y un núcleo con diversos materiales pulverizados, la cual durante el soldeo se produce un manto de escoria abundante sobre el cordón de soldadura, ver figura 4.2.3.1.

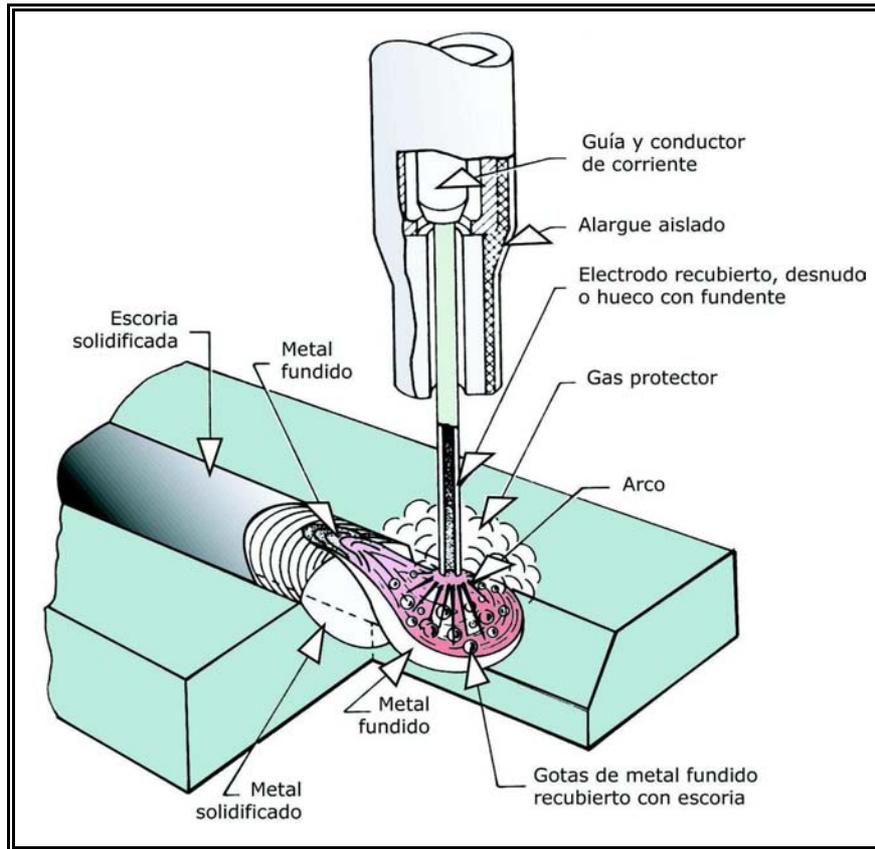


Figura 4.2.3.1 Soldadura por arco con núcleo de fundente protegida con gas.

El aspecto que distingue al proceso FCAW de otros procesos de soldadura por arco es la inclusión de ingredientes fundentes dentro de un electrodo de alimentación continua. El proceso FCAW tiene dos variaciones principales que difieren en su método de protección del arco y del charco de soldadura contra la contaminación por gases atmosféricos (oxígeno y nitrógeno). Una de ellas, con autoprotección, protege el metal fundido mediante la descomposición y vaporización del núcleo de fundente en el calor del arco. El otro tipo, con escudo de gas, utiliza un flujo de gas protector además de la acción del núcleo de fundente. En ambos métodos, el material del núcleo del electrodo proporciona una cubierta de escoria sustancial que protege el metal de soldadura durante su solidificación.

Normalmente, la soldadura por arco con núcleo de fundente es un proceso semiautomático, aunque también se emplea para soldadura automática y mecanizada.

La elección del tipo de proceso (autoprotegido o protegido por gas) va en relación de las propiedades mecánicas deseadas, del tipo de unión y del tipo de alambre a aplicar.

4.2.3.1 Características Principales.

Los beneficios del FCAW se obtienen al combinarse tres características generales:

- 1.- La productividad de la soldadura de alambre continuo.
- 2.- Las cualidades metalúrgicas que pueden derivarse de un fundente.
- 3.- Una escoria que sustenta y moldea la franja de soldadura.

El proceso FCAW combina características de la soldadura por arco de metal protegido (SMAW), la soldadura por arco de metal y gas (GMAW) y la soldadura por arco sumergido (SAW).

El proceso FCAW, así como las características principales que distinguen las dos variaciones principales, la versión con escudo de gas y con autoprotección. En ambas figuras se destaca la fusión y deposición de metal de aporte y fundente, junto con la formación de una cubierta de escoria sobre el metal de soldadura.

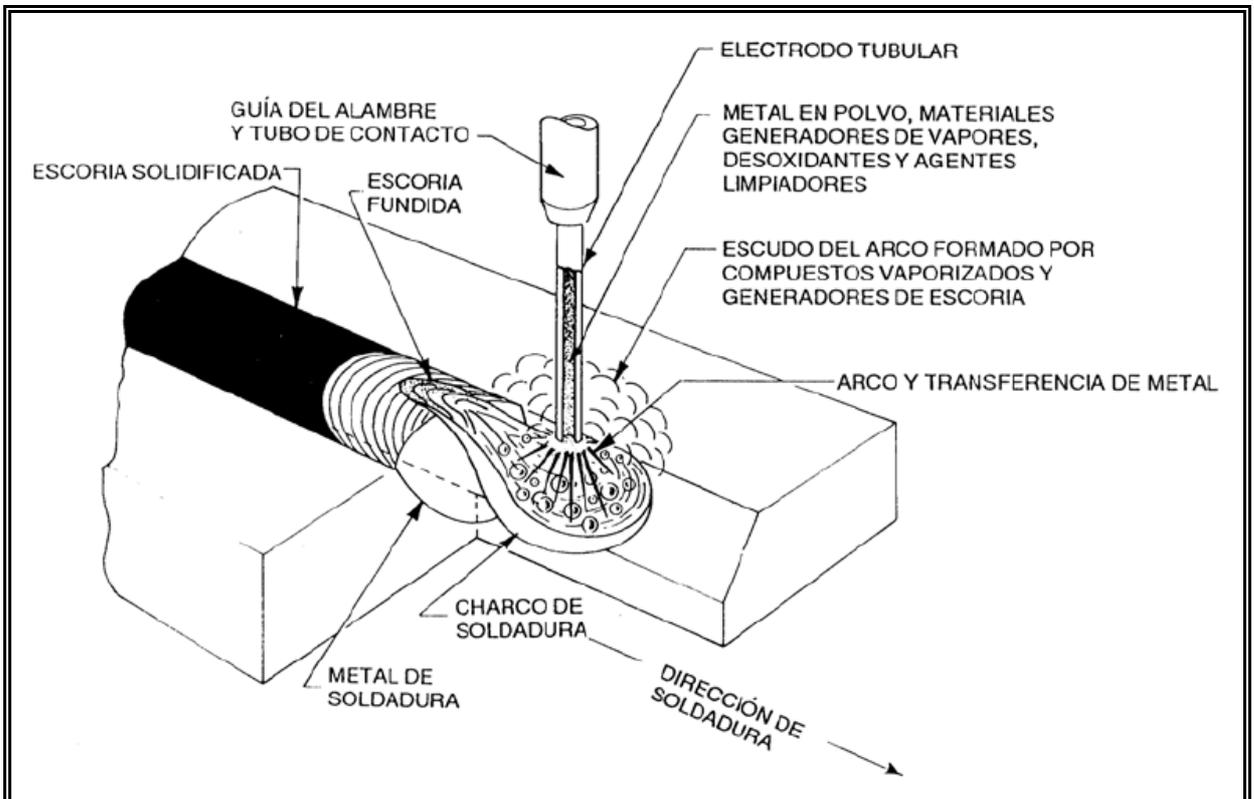


Figura 4.2.3.1.1 Soldadura por arco con núcleo de fundente y autoprotección.

Los alambres utilizados en este proceso de soldadura genera por si mismos el gas protector. Dicho gas se produce dentro del arco por lo que le afecta en menor medida las corrientes del aire, haciendo este proceso idóneo para utilizar en lugares donde las condiciones climatológicas sean adversas. Generalmente se utiliza el autoprotegido, mientras que el protegido por gas es utilizado en aquellas aplicaciones en las que se selecciona el proceso MIG/MAG.

Este proceso de soldeo en su funcionamiento es sumamente similar al proceso GMAW, por lo que solo se destacaran los aspectos diferenciadores.

4.2.3.2 Modos de Transferencia.

Para el proceso GMAW se indico que la transferencia del metal de aportación al metal base puede ser mediante cortocircuito, globular y spray. Para el proceso FCAW es una combinación de la transferencia GMAW y SMAW por se un proceso con alambre tubular con fundente en su interior. Sin embargo la transferencia de metal en el soldeo con alambre tubular se puede realizar de forma globular, spray y corto circuito dependiendo del tipo de fundente del tubular, la intensidad y tensión de soldeo.

4.2.3.3 Gases de Protección.

Los gases de protección utilizados en el soldeo con alambre tubular protegido por gas de cualquier material base, por lo cual aplicable para una acero ASTM A131 son:

- CO₂.
- Mezcla CO₂ + Argón.
- Argón + 2% Oxígeno.

En la empleación de gas CO₂ cuando se suelda suele producirse transferencia globular, aunque existen algunos fundentes que consiguen transferencia spray incluso con CO₂.

El efecto del argón en el gas de protección, en comparación con el CO₂, se traduce en:

- Menor oxidación.
- Mayor estabilidad del Arco.
- Mejora el aspecto del cordón.
- Penetración más estrecha.

4.2.3.4 Selección de los Electrodoes para Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente.

Los electrodos empleados en la soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW) de acuerdo a la clasificación AWS A5.20, por considerar que es de gran interés y que constituye una acertada guía para la elección y denominación de los diversos tipos de electrodos.

4.2.3.4.1 Electrodoes de Acero Dulce.

La mayor parte de los electrodos de acero dulce para FCAW está clasificado en la especificación AWS A5.20, Especificación para electrodos de acero al carbono destinados a soldadura por arco con núcleo de fundente, que se describe a continuación en figura 4.2.3.4.1.1, Clasificación de Alambres de acero al carbono especificado por AWS A5.20.

<p>Clasificación AWS para los materiales de aporte de la especificación A5.20</p> <p>Electrodos de acero al carbono para soldadura de arco protegido por gas.</p> <p style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; letter-spacing: 0.5em;">E X X T - X</p> <p style="font-size: 1.2em;">(1) (2) (3) (4) (5)</p> <p>1) Designación electrodo.</p> <p>2) Indica la mínima resistencia a la tracción x 10.000 Lb/pulg².</p> <p>3) Indica la posición a soldar: 0.- Posición plana y horizontal 1.- Todas las posiciones.</p> <p>4) La letra intermedia indica su estado físico tubular.</p> <p>5) Este sufijo indica la química del material depositado, tipo de gas y factor de sensibilidad.</p>

Figura 4.2.3.4.1.1 Clasificación de alambres especificados por AWS A5.20.

El sistema de identificación sigue el patrón general de clasificación de electrodos.

Los electrodos de acero dulce para FCAW se clasifican teniendo en cuenta si proveen autoprotección o requieren de dióxido de carbono o mezcla, como gas protector aparte.

Los electrodos se diseñan de modo que produzcan metales de soldadura con ciertas composiciones químicas y propiedades mecánicas cuando la soldadura y las pruebas se realizan de acuerdo con los requisitos de la especificación.

En la especificación AWS A5.20 se designan 12 diferentes clasificaciones de electrodos de acero dulce para FCAW. A continuación resumiremos sus descripciones de acuerdo a los requerimientos de protección y polaridad para electrodos de FCAW de acero dulce ver tabla 4.2.3.4.1.1.

Clasificación de la AWS	Medio protector externo	Corriente y polaridad
EXXT-1 (múltiples pasadas)	CO ₂	C.C., electrodo positivo
EXXT-2 (pasada única)	CO ₂	C.C., electrodo positivo
EXXT-3 (pasada única)	Ninguno	C.C., electrodo positivo
EXXT-4 (múltiples pasadas)	Ninguno	C.C., electrodo positivo
EXXT-5 (múltiples pasadas)	CO ₂	C.C., electrodo positivo
EXXT-6 (múltiples pasadas)	Ninguno	C.C., electrodo positivo
EXXT-7 (múltiples pasadas)	Ninguno	C.C., electrodo positivo
EXXT-8 (múltiples pasadas)	Ninguno	C.C., electrodo positivo
EXXT-10 (pasada única)	Ninguno	C.C., electrodo positivo
EXXT-11 (múltiples pasadas)	Ninguno	C.C., electrodo positivo
EXXT-G (múltiples pasadas)	Ninguno	C.C., electrodo positivo
EXXT-GS (pasada única)	Ninguno	C.C., electrodo positivo

Tabla 4.2.3.4.1.1 Requerimientos de protección y polaridad para electrodos de proceso FCAW de acero dulce.

Considerando que en el proceso de soldadura GMAW el gas protector a considerar es el AGAMIX 20 debido que nos permite ampliar el rango de aplicación y resultados favorables en la aplicación de soldadura, es importante homogenizar la aplicación de dicho gas protector al proceso de soldadura FCAW, se utilizara en los etapas de fabricación del bloque electrodos tubulares clasificados como EXXT-1, la cual nos permite ser empleado con una corriente

continua con electrodo positivo y la utilización del gas protector AGAMIX 20 lo que nos permite aumentar el contenido de manganeso y silicio en el depósito del charco de soldadura permitiendo una pasada suave del cordón de soldadura, con baja pérdida por salpicadura con un volumen de escoria moderado que cubre por completo la franja de soldadura.

4.2.3.4.2 Alambre Clasificación AWS E71T-1, Especificado por AWS A5.20.

Es una alambres tubulares (fundente en el interior), aplicable para todas las posiciones de soldeo, nos brinda óptimas propiedades mecánicas al trabajar con mezcla Argón/CO₂ como el caso de AGAMIX 20 como gas protector. Este alambre tubular con protección por gas MIX 20 proporciona una disminución en un 20% de humo, 50% menos de salpicadura que un alambre tubular equivalente. En comparación con un alambre tubular autoprotegido, nos brinda buenas propiedades frente al impacto a bajas temperaturas y con apariencia del cordón insuperable. La utilización del alambre tubular AWS E 71T-1 se resume en la tabla 4.2.3.4.2.1.

Gas Protector		CO ₂ 100%	80%Ar + 20%CO ₂
Parámetros de Funcionamiento	Diámetro (mm)	1.6	
	Amperaje (A)	240	300
	Voltaje (V)	26	28
	Velocidad de alimentación de alambre (cm/min)	348	541
	Velocidad de deposición (kg/hr)	3,5	4,2
Propiedades Mecánicas	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	580	670
	Límite elástico (N/mm ²)	530	610
	Elongación (l=5d)	26%	25%
Análisis Químico depositado	Carbono (C)	0,05%	0,06%
	Silicio (Si)	0,60%	0,65%
	Manganeso (Mn)	1,20%	1,30%

Tabla 4.2.3.4.2.1 Utilización de alambre tubular AWS E 71T-1 con gas protector.

La transferencia de metal de aporte es suave con una remoción fácil de la escoria, lo cual facilita su aplicación vertical de cordones de soldadura ascendentes.

Se emplea con corriente continua con electrodo en polo positivo, con voltaje constante de preferencia o amperaje constante con alimentador de alambre.

Aprovechando la experiencia personal en terreno en la empleación de electrodo tubular AWS E 71T-1 en las distintas posiciones, condiciones de trabajo y funcionamiento en las distintos subprocesos de fabricación de un bloque, ya sea en el armado de previa y paneles como en el armado de un bloque, y siempre buscando la disminución plazos, costo y una calidad de aprobación, por el ente clasificador Lloyd's Register of Shipping y cliente, se controlan parámetros de óptimos de funcionamiento reales estableciendo promedio respecto a las distintas posición de soldeo, cuyo resultado se resume en la tabla 4.2.3.4.2.1. En esta tabla se establecen parámetros de funcionamiento promedio aplicando y comparando la utilización de CO₂ y mezcla de gas AGAMIX 20 que nos permita en forma real el porqué de la utilización e implementación del AGAMIX 20 como gas protector tanto para el proceso de soldadura GMAW y FCAW con protección por gas. Pero para que estos parámetros de funcionamiento se cumpla debe ir asociados con una correcta calderería, es decir, una correcta preparación de de bordes con sus respectivos biseles y chaflanes para que se realice de forma satisfactoria el soldeo por el proceso FCAW con gas protector del arco.

4.2.3.5 Ventajas del Proceso FCAW con Protección con Gas.

1. Las ventajas de este proceso de soldeo son:
2. Deposito de metal de soldadura de alta calidad.
3. Excelente aspecto de la soldadura: lisa y uniforme.
4. Excelente perfil de las soldaduras de filete horizontales.
5. Es posible soldar muchos aceros dentro de un intervalo de espesores amplio.
6. Eficiencia de depósito del electrodo relativamente alta.
7. Diseños de unión económicos en cuanto a su ingeniería.
8. Produce menor distorsión que SMAW.
9. Tasa de deposición hasta 4 veces mayor que con SMAW.
10. El empleo de electrodos con autoprotección hace innecesario el equipo para manipular fundente o gas, y tolera mejor las condiciones de movimiento brusco del aire que prevalecen en la construcción en exteriores.
11. Mayor tolerancia de contaminantes que podrían causar agrietamiento de la soldadura.

4.1.3.6 Limitaciones del Proceso FCAW con Protección con Gas.

1. El proceso FCAW actual está limitado a la soldadura de metales ferrosos y aleaciones con base de níquel.
2. El proceso produce una cubierta de escoria que es preciso eliminar.
3. El alambre de electrodo para FCAW cuesta más por unidad de peso que el alambre de electrodo sólido, excepto en el caso de algunos aceros de alta aleación.
4. El equipo es más costoso y complejo que el que se requiere para SMAW; no obstante, el aumento en la productividad casi siempre compensa esto.
5. El alimentador de alambre y la fuente de potencia deben estar relativamente cerca del punto de soldadura.
6. El equipo es más complejo que el de SMAW, por lo que requiere mayor mantenimiento.

7. Se genera mayor cantidad de humos y vapores en tubulares autoprottegidos (en comparación con GMAW o SAW).

4.2.4 Soldadura por Arco Sumergido (Submerged arc welding, SAW).

El proceso de soldeo por arco sumergido SAW, consiste en la fusión entre un electrodo continuo de metal desnudo protegido por la escoria generado en un manto de fundente, granular o en polvo, suministrado a través de una manguera desde el depósito de fundente y depositado en la unión de material base, sin la aplica presión que se expresa en la figura 4.2.4.1.

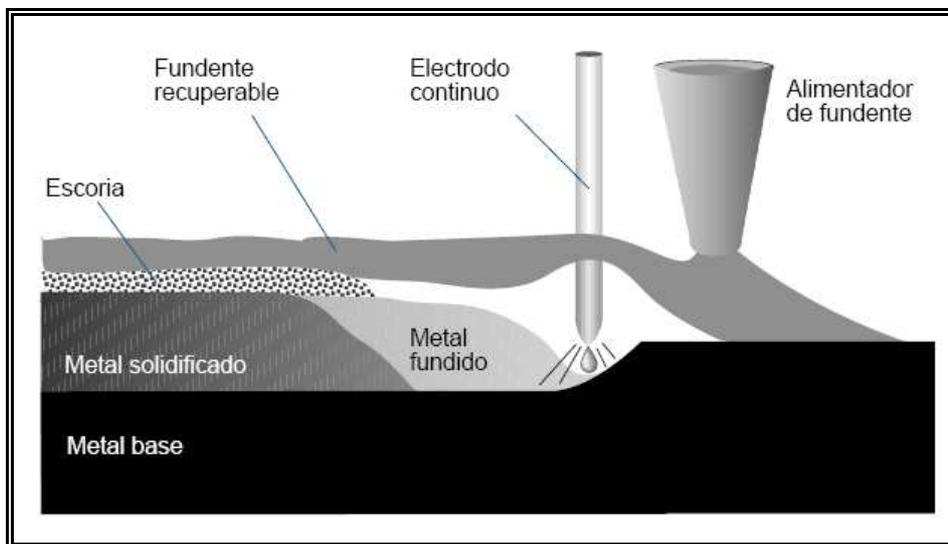


Figura 4.2.4.1 Descripción del proceso SAW.

La función del fundente es proteger el arco y el baño de fusión de la atmosfera circundante, permaneciendo tanto el arco como el soldeo invisible durante el proceso.

En soldadura por arco sumergido, parte del fundente se funde con una función similar a la del recubrimiento en los electrodos revestidos, el cual desempeña un papel preponderante en:

- Estabilidad y protección del arco,
- Genera una escoria de viscosidad y tensión superficial adecuada.
- Reutilización y reciclaje del fundente no fundido.

Como no existe pérdida de material de aportación por proyecciones, casi la totalidad del metal de aportación puesta en servicio en el proceso pasa a formar parte del proceso. Aplicando en el funcionamiento corrientes tanto continua como alterna por la gran intensidad utilizada en el proceso.

Este proceso de soldadura es aplicable a nuestro proceso de construcción de un bloque en la etapa de uniones de planchas necesaria para el armado de paneles que constituyen el bloque. También este proceso es aplicable en el soldeo de costuras de paneles, ya sea paneles planos como curvos con sus cordones de raíz ya soldado, y rematados con el proceso SAW como cordón de presentación.

4.2.4.1 Principios de Funcionamiento.

En el proceso SAW, el extremo de un electrodo continuo de alambre desnudo se inserta en un montículo de fundente que cubre el área o la unión que se va a soldar. Al producirse el arco, un mecanismo alimentador de alambre comienza a introducir el electrodo en la unión a una velocidad controlada, y el alimentador se desplaza manual o automáticamente a lo largo de la soldadura. En todo momento, se alimenta fundente adicional adelante del electrodo y a su alrededor, y se distribuye continuamente sobre la unión.

El calor producido por el arco eléctrico derrite progresivamente parte del fundente junto con el extremo del alambre y los bordes adyacentes del metal base, creando un charco de metal fundido debajo de una capa de escoria líquida. El baño fundido cerca del arco presenta mucha turbulencia, y burbujas de gas ascienden rápidamente a la superficie del charco. El fundente flota sobre el metal derretido y protege por completo de la atmósfera la zona de soldadura.

El fundente líquido puede conducir algo de corriente eléctrica entre el alambre y el metal base, pero el arco eléctrico es la fuente de calor predominante. El manto de fundente que flota sobre el charco de soldadura evita que los gases atmosféricos contaminen el metal de soldadura y disuelve las impurezas del metal base y del electrodo, que entonces flotan sobre el charco. Además, el fundente puede agregar ciertos elementos de aleación al metal de soldadura, o extraerlos de él.

Al avanzar con la soldadura a lo largo de la unión, el metal de soldadura primero y luego el fundente líquido se enfrían y solidifican, formando una franja de soldadura con una capa protectora de escoria encima. Es importante eliminar por completo la escoria antes de efectuar otra pasada de soldadura.

La soldadura es formada de manera uniforme, con una alta deposición en donde se usan alambres de hasta 3/16 de diámetro y altas corrientes que son suministradas por una fuente de poder de voltaje constante de alta capacidad que puede ser AC o DC, según el proceso, y que una vez arreglado y establecido puede ejecutar soldaduras de alta calidad con altísima producción.

El soldeo por arco sumergido se utiliza en un gran rango de aplicaciones. Este proceso es muy utilizado en el soldeo de grandes conjuntos soldados por la alta tasa de deposición, la alta calidad de las soldaduras, la gran penetración obtenida y la capacidad para ser automatizado. Este proceso es muy utilizado en materiales de acero al carbono, aceros de baja aleación y aceros inoxidable.

Las limitaciones del proceso son la necesidad de un dispositivo de almacenamiento, alimentación y recogida del fundente, al igual que el fundente está sujeto a contaminaciones que pueden producir defectos en la soldadura y no aplicable para espesores menores.

4.2.4.2 Equipo de Soldeo.

El equipo de soldeo requerido para el proceso por arco sumergido considera:

➤ **Fuente de Alimentación.**

Es fundamental en este tipo de soldeo una fuente que sea capaz de suministrar altas intensidades con un trabajo prácticamente continuo.

➤ **Sistema y panel de control.**

El sistema de empleación puede ser de control digital que se emplea en combinación con las fuentes de tensión constante, con parámetros de control sobre la velocidad de alimentación del alambre, ajuste de la potencia suministrada.

➤ **Cabezal de Soldeo.**

Básicamente un cabezal de soldeo SAW consta de un sistema de alimentación de alambre, que se compone de un motor reductor, rodillo de arrastre y de presión, enderezador y guía del alambre. También considera una manguera de fundente, para suministrarle por delante del alambre y un sistema de recuperación de fundente.

4.2.4.3 Materiales para Arco Sumergido.

4.2.4.3.1 Alambre.

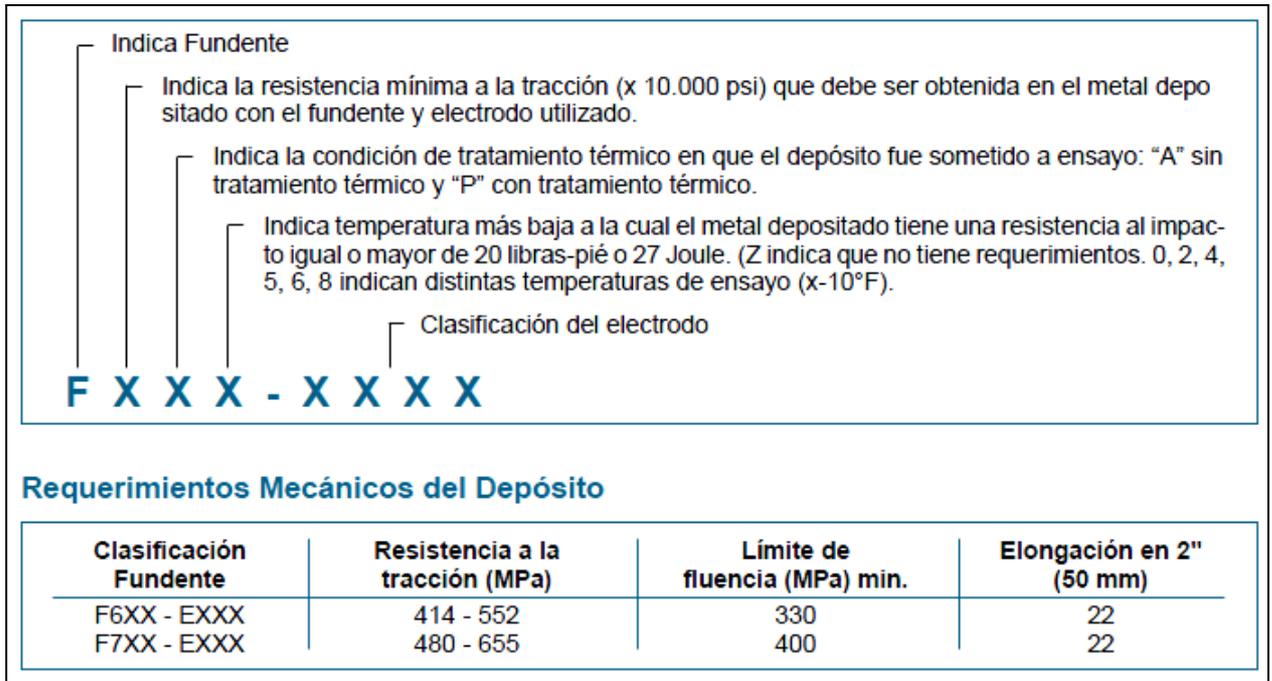
En el sistema de soldadura por arco sumergido, se emplea un alambre sólido recubierto por una fina capa cobriza para evitar el efecto de su oxidación y mejorar el contacto eléctrico, el cual contiene elementos desoxidantes que en conjunto con los que aporta el fundente, limpia las impurezas provenientes del metal base o de la atmósfera.

El electrodo a emplear en nuestro bloque corresponde a un alambre sólido EL 12 cuya descripción de clasificación es "E" electrodo, "L" con un contenido de bajo contenido de manganeso con un máximo de 0,60 % de Mn con un 12% de carbono.

4.2.4.3.2 Fundente.

La clasificación del fundente según la AWS es en base a las propiedades mecánicas del depósito, al emplear la combinación fundente y alambre.

La clasificación del fundente según AWS se describe en esquema 4.2.4.3.2.1, según referencia de “manual de soldadura indura”.



Esquema 4.2.4.3.2.1 Clasificación del fundente.

El fundente a utilizar en el proceso SAW para un alambre sólido EL 12 corresponde a un fundente F7A0, el cual según norma AWS A5.17 los datos con el metal de aporte EL 12 considera:

- **Resistencia Tracción 570 MPa.**
- **Límite de Fluencia 484 MPa.**

Se emplea en espesores, en el caso de uniones de planchas, espesores mayores a 7 mm con diámetro de electrodos 5/32 pulg. con una amperaje superior a 500 amperes con un voltaje de 35 volt con una velocidad de avance 1 m/min.

CAPITULO V

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD PARA CONSTRUCCION DE UN BLOQUE NORMADO POR LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING.

Considerando la gran exigencia que se exige en la construcción de un buque es importante asegurar la calidad. Entendiendo por calidad como el conjunto de propiedades y características que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades para el uso, seguridad, disponibilidad, confiabilidad, mantenimiento, aspectos económicos y de medio ambiente.

5.1 Aseguramiento de Calidad para Construcción de un Bloque.

El principal objetivo del aseguramiento de calidad es la entrega de trabajos, controlando la calidad durante el proceso de fabricación de un bloque para cada uno de los subprocesos de prefabricación verificando la aplicación correcta de los procedimientos y normas establecidas aplicando una estrategia basado en un sistema de gestión de calidad que rijas las diferentes necesidades, objetivos particulares, los productos suministrados, los procesos empleados y el tamaño como estructura de la organizacional en la ejecución de un trabajo de calidad que satisfaga la normativa de la casa clasificadora Lloyd's Register y cumpla a cabalidad la norma ISO 9001.

Si adoptamos la posición de un plan de calidad este está fundamentado en una organización de trabajo con recurso humano como principal fuente de regulación. Para que una organización funcione de manera eficaz, tiene que identificar y gestionar numerosas actividades relacionadas entre sí. Una actividad que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados, se puede considerar como un proceso. Frecuentemente el resultado de un proceso constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso, esto permite ventajas del enfoque basado en procesos, debido que proporciona vínculos individuales dentro de un sistema así como la combinación e interacción, generando un control continuo y eficiente de una malla productiva de trabajo.

Las normas internacionales que rigen la construcción de un bloque, es la normas A.S.T.M. (American Standard Testing Material, Estándar Americano para Ensayos de Materiales) aplicado el estándar ASTM A 131/A 131M-08 (Standard Specification for Structural Steel for Ships, Especificación Estándar para Acero Estructural para Buques), a su vez la soldadura como sus procesos de aplicación está fundamentado por la norma A.W.S. (American Welding Society, Sociedad Americana de Soldadura) por sus códigos aplicables, al acero AWS D1.1 y AWS D1.3 (para las uniones a soldar) y bajo especificaciones de los electrodos aplicadas en los procesos de soldadura, por ejemplo:

- AWS A5.1 (Electrodos de Acero al Carbón para SMAW).
- AWS A5.17 (Electrodos de Acero al Carbón y Fundentes para SAW).
- AWS A6.18 (Metales de Aporte de Acero al Carbón para GMAW).
- AWS PA5.20 (Electrodos de Acero al Carbón para FCAW).

En un sistema de gestión de calidad es importante establecer ciertos parámetros que inicia con un contrato que se establezca una especificación técnica entre el cliente y la empresa que ejecute el armado de un bloque. Este contrato pasa a ser un dato de entrada para la generación del proyecto de una construcción soldada. El proyecto pasa a ser un proceso único que consiste en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fecha de inicio y termino, realizada para la obtención de un objetivo conforme a requisitos especificados, incluyendo las restricciones del plazo, costo y recursos. Una vez generado el objetivo se generan los procedimientos documentados que consideran el propósito y alcance de la actividad de una construcción soldada. Para el desarrollo de nuestro objetivo el que es una construcción entra en juego un plan de calidad, siendo un documento interno que establezca las practicas de calidad especificas, con recursos y secuencia de actividades pertinentes al producto, proyecto o contrato particular, generando un sistema de calidad que considera, la estructura organizacional, los procedimientos, control de los procesos, inspección y ensayos, acciones correctivas y preventivas, técnicas estratégicas, capacitación, auditorias de calidad, control de productos no conformes y los recursos necesarios para implementar el sistema de gestión de calidad.

5.2 Importancia de la Inspección de la Construcción Soldada.

La calidad satisfactoria de una construcción soldada es lograda siguiendo el plan de calidad que proviene de nuestra gestión de calidad. Si ponemos en práctica nuestro plan de calidad es necesario adoptar una posición de dominio y control sobre las variables que generen desviaciones en la aprobación del producto. Es por este motivo que es necesario las inspecciones preventivas de nuestra construcción.

La Inspección de construcción soldada se define como el conjunto de actividades cuya finalidad es asegurar que se cumple para las condiciones para la cual fue diseñado. No quiere decirse que el Bloque inspeccionado en sus distintas etapas de fabricación este totalmente libre de defectos. Pueden, durante las distintas fases de inspección, detectarse imperfecciones o desviaciones sobre los requisitos establecidos, que no influyan esencialmente en el futuro comportamiento en servicio, y que a pesar de su existencia, se considere el bloque apto para la instalación y funcionamiento.

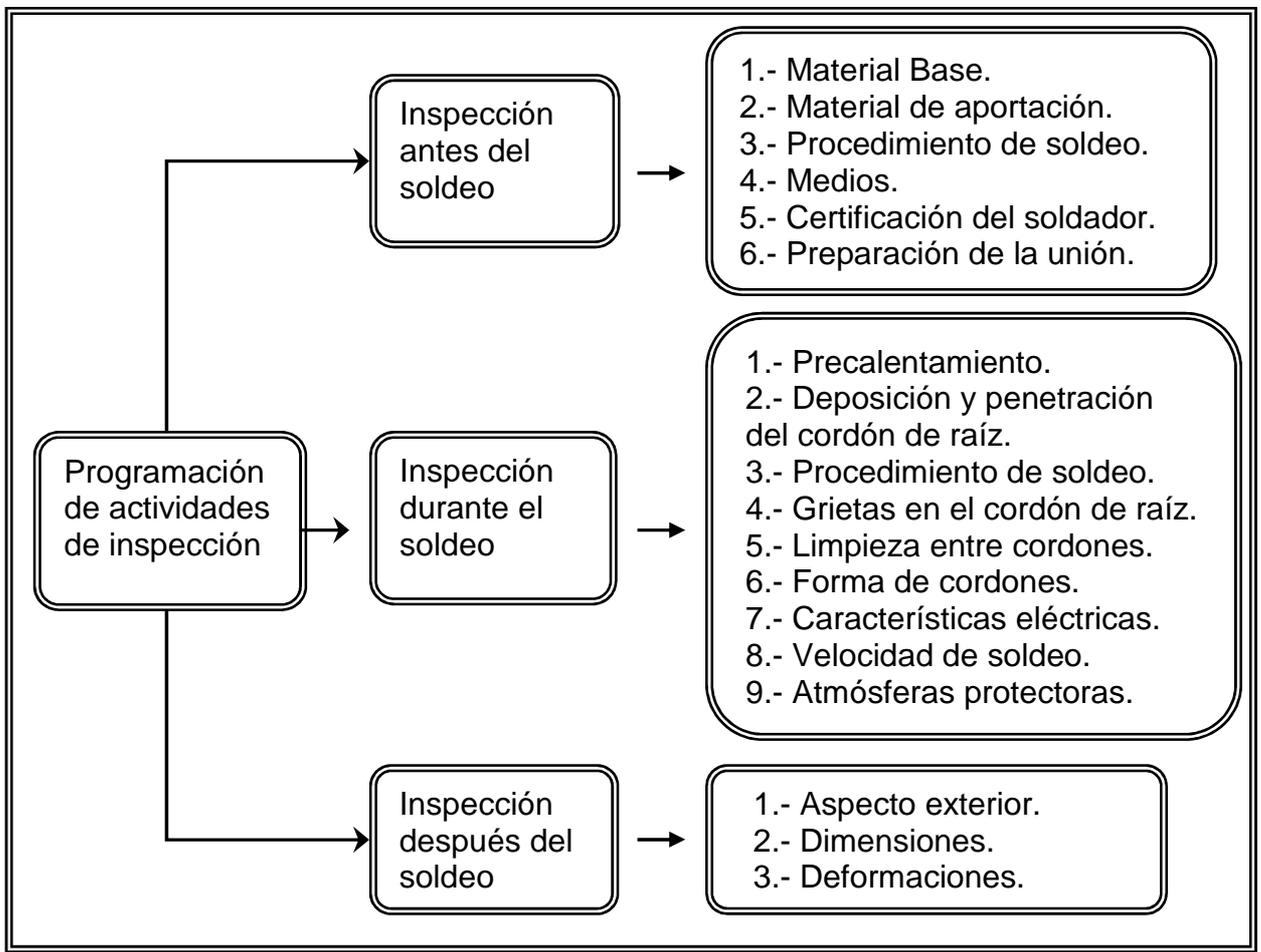
La inspección debe realizarse evaluando los resultados en relación con las exigencias establecidas por la norma aplicables al armado de un bloque por la casa clasificadora, las cuales permiten ciertas tolerancias al los distintos procesos aplicables en la etapa constructiva. La forma de llevar a cabo una inspección, el cómo y cuándo, debe quedar establecido en documentos escritos, como una especificación escrita al respecto. Los criterios de aceptación o rechazo deben quedar establecidos y acordados previamente al comienzo del trabajo, pues puede darse el caso de efectuar las inspecciones cuando posibles defectos no fuesen fácilmente localizados.

Con posterioridad a las inspecciones estructurales, la calidad de las uniones soldadas se verificará mediante ensayos no destructivos a través de toda la construcción, de acuerdo a los requerimientos de la sociedad clasificadora.

Quedan definidas las instancias de control de acuerdo a la fabricación de previas, armado de paneles y montaje de bloques.

Una vez definido el que el armado de un bloque va a ser sometido a una determinada inspección, para obtener el mayor aprovechamiento posible, el establecer una planificación y programación de las actividades de inspección generando una lista de chequeo cronológicamente de las inspecciones a efectuar para evidenciar que todas las inspecciones requeridas se han efectuado en su momento oportuno, y vayan dando cumplimiento la normativa vigente por la casa clasificadora Lloyd's Register of Shipping.

En términos generales, a continuación se enumeran una serie de actividades a considerar antes, durante y a la terminación del bloque soldado. Esto se refleja en el esquema 5.2.1 programación de actividades de inspección.



Esquema 5.2.1 Programa de actividades de inspección.

Todos los esfuerzos que se dediquen a preparar y controlar la unión correctamente, y la zona de trabajo, facilitaran su labor al soldador para consecución de soldadura libre de imperfecciones, con el consiguiente ahorro de reparaciones y rechazos.

Es frecuente que se asocie el control de calidad con lo que son actividades normales de inspección. Indudablemente todo programa de control de calidad precisa utilizar técnicas de inspección y estas suponen la mayoría de las acciones a tomar, pero siempre dentro del contexto más amplio que es control de calidad. Un programa integrado de control de calidad cuenta con fases de:

- Formación y capacitación del personal.
- Control de suministros.
- Control del equipo de mediciones, ensayos y pruebas.
- Control del proceso de fabricación.
- Control de desviaciones.
- Control de costos.

Todas las fases mencionadas son dirigidas a que durante la aplicación de un control de calidad fiable hay que contar con el personal capacitado y medios adecuados, lo cual supone un costo empresarial a tener en cuenta. En resumen, el control de calidad de una construcción soldada, representa una serie de acciones que deben ser consideradas como parte del proceso constructivo, que permita asegurar un determinado grado de fiabilidad lo más eficaz posible, descartando el pensamiento de que la función principal del control de calidad es detectar imperfecciones.

En las inspecciones de soldadura de una construcción soldada, es detectar y solucionar las imperfecciones que se pudiesen presentar en las distintas etapas de la construcción de un bloque soldado, entendiendo por imperfecciones que son irregularidades o anomalías que se presentan en las uniones soldadas. Una soldadura con imperfecciones puede o no cumplir la norma, es decir, puede ser aprobada o rechazada. Se aprobará si las dimensiones de sus defectos esta dentro de las tolerancias aceptables por la norma aplicables en función del nivel de calidad considerado.

Las causas que pueden dar origen estas imperfecciones, corresponde a una inadecuada ejecución de la soldadura, soldabilidad del metal base, elección de los consumibles (gas, metal de aporte, corriente eléctrica, etc.) y preparación de superficie de las piezas a unir. El originar una imperfección dan origen a los defectos que se presentan en el soldeo.

El controlar las posibles imperfecciones, es necesario cumplir con una correcto armado en las procesos de armado del bloque lo que implica una buena y correcta preparación de bordes del metal base lo que permita un correcto soldeo según el proceso de soldeo que se aplique, pero a su vez debe haber una correcta selección de metal de aportación, con sus correcto calibramiento de parámetros de funcionamiento apoyado con una correcta elección de insumos consumibles por el proceso de soldeo aplicable. Si una de las variables a considerar antes del soldeo no es satisfactorio da origen a imperfecciones que generan defectos en la soldadura como en la unión soldada.

En la tabla 5.2.1 se muestra una serie de defectos que se presenta en las uniones soldadas, y las cuales son variables a inspeccionar en una construcción soldada.

Defecto	Descripción	Causas
Grietas o Fisuras	Son el efecto de una rotura local incompleta paralela o perpendicular al cordón, la cuales no son admitidas por ninguna norma.	a.- Enfriamiento rápido de la soldadura. b.- Mala secuencia de soldeo, que tensiones la pieza. c.- Soldar con exceso de intensidad. d.- Inadecuado e insuficiente material de aportación. e.- Retiro brusco del electrodo. f.- Metal base de mala soldabilidad.
Sopladuras y Poros	Son cavidades por inclusiones gaseosas, siendo de forma esférica (poro) o vermiculares, es decir, con forma de gusano.	a.- Falta de limpieza en los bordes de la unión. b.- Revestimiento húmedo. c.- Utilización de electrodo con extremo desprovisto de recubrimiento. d.- Soldar con el arco demasiado largo o con ángulo de desplazamiento muy grande. e.- Gas protector inadecuado o insuficiente.
Inclusiones Sólidas	Son residuos del revestimiento del electrodo o fundente que se han fundido y solidificado en la soldadura.	a.- falta limpieza de escoria, en uniones de varias pasadas con soldadura. b.- Inclinación incorrecta del electrodo o inadecuado balanceo de éste. c.- Arco demasiado largo. d.- Soldeo con intensidad muy baja.
Falta de fusión	Es la falta de unión entre el metal base y el metal de aporte, o entre dos cordones consecutivos de metal depositado.	a.- Arco demasiado largo. b.- Intensidad baja. c.- Excesiva velocidad de desplazamiento. d.- Defectuosa preparación de bordes. e.- Soldar encima de un cordón con sobreespesor muy grande. f.- Realizar empalmes defectuosos.

Tabla 5.2.1 defectos en la soldadura.

Otro aspecto a considerar dentro de los defectos que pudiesen producirse por imperfecciones de un proceso constructivo, son los defectos por imperfecciones de forma, que son aquellas que afectan a la forma final del cordón de soldadura, ya sea en su superficie o en su sección transversal. Se debe dejar en claro que una soldadura no es mejor cuanto mayor sea, sino cuanto más se parezca a lo especificado, al igual que la transición entre las dos piezas a unir debe ser lo más suave posible. A continuación se describen las características de estas imperfecciones de forma en la tabla 5.2.2.

	Descripción	Causas
Socavación	Es la falta de material en forma de surco de longitud variable en cualquiera de los lados de un cordón de soldadura.	a.- Excesiva intensidad de soldeo. b.- Posición incorrecta del electrodo. c.- Electrodo demasiado grueso.
Exceso de penetración	Es un exceso de metal depositado en la raíz de una soldadura.	a.- Excesiva separación de los bordes. b.- Elevada intensidad al depositar cordón de raíz. c.- Baja velocidad de soldeo. d.- Incorrecta preparación del talón de la unión.
Falta de alineación de las piezas	Falta de alineación de las dos piezas soldadas, que no se encuentran sus caras en un mismo plano.	Mal ajuste de las piezas.

Tabla 5.2.2 Imperfecciones de forma.

Como toda construcción soldada ésta presente el calentamiento y posterior enfriamiento, la cual afecta las propiedades mecánicas y físicas del metal base, presenta desviaciones por la ejecución del proceso de soldadura en nuestra construcción soldada presentándose el fenómeno de deformaciones. Las deformaciones son un fenómeno a controlar por nuestro programa de control de calidad, lo que implica establecer controles en la aplicación de nuestro proceso de soldadura ya sea SMAW, GMAW, FCAW, SAW, la cual va asociado en la correcta selección del proceso de soldadura a adoptar, como la elección correcta del material de aporte a utilizar.

El control de deformaciones en uniones soldadas, en paneles y bloques son una herramienta que debe estar presente en la ejecución de los procesos de soldadura, lo que implica establecer secuencia de soldeo con el mínimo de pasadas de soldadura, con un cordón respecto a lo especificado en los requerimientos de soldadura normado por la Lloyd's Register of Shipping y apoyado con su respectivo alivio de tensiones de las uniones soldadas, ya sea por calor o martilleo pero sin afectar la raíz del cordón.

La calidad de un producto es logrado controlando el proceso de armado en todas sus etapas, las cuales se inicia con una inspección preventiva visual de la colada de planchas y perfiles para nuestro el armado de nuestro bloque. Luego poner en practica nuestro programa de actividades de inspección con un control en la ejecución de los proceso tanto de calderería como soldadura, con una correcta secuencia de soldeo, y generando controles de mediciones de

cuadraturas en las distintas etapas de fabricación de un bloque, ya sea en el armado de previa, armado de paneles planos como curvos y el armado de un bloque, apoyado de la inspecciones de soldadura para minimizar las imperfecciones que se pudiesen presentar en la soldadura de nuestro bloque y siguiendo con un control exhaustivo en el control de las deformaciones de un bloque.

Sin olvidar que todo nuestros todos nuestros procesos de soldeo como material de aporte esta normado por la AWS y aprobado por L.R., al igual que nuestros proceso de calderería y materiales bases están normados por ASTM y aprobado por L.R. y culminando que el armado de nuestro bloque está clasificado por Lloyd's Register of Shipping.

Conclusión.

Este tema de tesis nació como una necesidad de apoyar con información de producción en el área de la construcción de la estructura principal de un buque a compañeros de nuestra carrera que se desenvolverán en el área de la construcción. Cuando comencé a desenvolverme, como alumno egresado de Ingeniería Naval de la Universidad austral de Chile, en el ámbito laboral me encontré con lo hermoso y complejo que era la construcción naval y la responsabilidad que con ello conlleva, donde esta todo normado y reglamentado. Es por esto he querido aportar los conocimientos que he adquirido como ingeniero responsable de la construcción de la estructura de un buque.

Debido a la competencia del mundo globalizado, es necesario el desarrollo continuo y generación de estrategias para competir en el ámbito empresarial, por lo cual, es necesario utilizar márgenes de calidad satisfactorios de un producto. Por este motivo se emplea la ISO9001 orientado en el desarrollo de proceso constructivos con sus datos de entrada, desarrollo del proceso y generación de datos de salida que es la construcción de un bloque clasificado por Lloyd's Register of Shipping dentro del plazo, costo y calidad establecido contractualmente.

La construcción de un bloque soldado, el principal componente es el acero y como principal metal de aporte de unión de metales bases es la soldadura. El acero presente en el comercio es una gran variedad pero en el ámbito naval el acero tiene la clasificación según Norma A.S.T.M. (American Standard Testing Material, Estándar Americano para Ensayos de Materiales) y con designación ASTM A131 y se clasifican según su grado de resistencia. Los aceros dentro de sus propiedades, se presentan el grado de soldabilidad de los aceros, lo cual está establecido y regulado por A.W.S. (American Welding Society, Sociedad Americana de Soldadura).

La soldadura es aplicada con el sistema de soldadura de arco eléctrico, regulado por la AWS desde la clasificación y selección de tipo de electrodo o alambre, hasta el proceso de soldeo por arco eléctrico a utilizar. En nuestra construcción de bloque se aplica los procesos de soldadura SMAW, GMAW,

FCAW y SAW. Para los distintos procesos de soldadura se establece la selección del electrodo o alambre y los gases de protección del arco eléctrico, pero como nuestra construcción está clasificado por Lloyd's Register of Shipping, además debe estar homologado el proceso de soldadura como los soldadores para las distintas espesores de uniones de planchas y perfiles como la certificación de la colada de planchas del bloque.

El Armado de un bloque, presenta distintos procesos de construcción, desde la certificación de planchas, proceso corte y conformado de piezas del bloque, proceso de armado de previa y paneles, proceso de armado de bloque, lo cual es obtenido de una ingeniería externa básica hasta la ingeniería de detalle proveniente de la modelación de la ingeniería básica por el programa foran. Nuestro bloque está clasificado por Lloyd's Register of Shipping en su totalidad, es decir, debe estar aprobado desde la ingeniería básica hasta el término de la construcción de la estructura del bloque dentro de los márgenes de calidad establecidos en la IACS y en la especificación técnica con el cliente.

Bibliografía.

- American Bureau of Shipping, *Rules for Materials and Welding 2005*, part 2, págs. 378.
- ISO 9001:2000, *Sistemas de gestión de la calidad-Requisitos*, traducción certificada, págs. 24.
- Alto Hornos de México, *Manual de Especificaciones y Garantías AHMSA*, 2004, págs. 83.
- American Institute of Steel Construction, *Manual of Steel Construction*, 1994, págs. 1993.
- John E. Bringas, *Handbook of comparative world steel standards*, ASTM., 2004, págs. 669.
- Indura, *Manual de Soldadura Indura*, 2006, págs. 131.
- American Welding Society, *Structural Welding Code – Steel*, AWS D1.1/D1.1M, 2002, págs. 543.
- Instituto Chileno del Acero, *Manual de Diseño para Estructuras de Acero*, 2000, págs. 812.
- Instituto Nacional de Normalización, *Gestión de Calidad – Guías para los planes de calidad*, Norma Chilena Oficial, NCh. 10005.Of97, 2007, págs. 28.
- Houldcroft, *Tecnología de los procesos de soldadura*, Ceac., 1986, págs. 365.
- Rafael de Heredia Scasso, *Soldadura y construcción soldada*, Dossat, 1965, págs. 609.
- Helmut Koch, *Manual de soldadura*, Reverte, 1965, págs. 738.
- Sahling-Latzin, *La técnica de la soldadura en la ingeniería de la construcción*, Blume, 1970, págs. 293.

