

**METODOLOGÍA PARA EL ARMADO DE EQUIPOS DE PRUEBAS DE  
PRODUCCIÓN EN CAMPOS EN DESARROLLO.**

**JOHN ALEXANDER VALENCIA CASTAÑO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA**

**2020**

**METODOLOGÍA PARA EL ARMADO DE EQUIPOS DE PRUEBAS DE  
PRODUCCIÓN EN CAMPOS EN DESARROLLO**

**JOHN ALEXANDER VALENCIA CASTAÑO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE:  
ESPECIALISTA EN PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS**

**DIRECTOR**

**M.Sc. JOHN ALEXANDER LEON PABON**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA**

**2020**

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	16
1. GENERALIDADES DE LAS PRUEBAS INICIALES Y PRUEBAS EXTENSAS DE PRODUCCIÓN. ....	18
1.1 PRUEBAS INICIALES DE PRODUCCIÓN. ....	19
1.2 PRUEBAS EXTENSAS DE PRODUCCIÓN. ....	21
2. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE SUPERFICIE USADOS EN LAS PRUEBAS DE PRODUCCIÓN. ....	23
2.1 EQUIPOS PARA PRUEBAS INICIALES DE PRODUCCIÓN. ....	23
2.1.1 Equipos de control de flujo y presión .....	23
2.1.1.1 Cabezal de prueba:.....	23
2.1.1.2 Estrangulador (choke manifold): .....	24
2.1.2 Equipos de separación.....	25
2.1.2.1 Separador gas-liquido: .....	25
2.1.2.2 Tea o quemador de gas: .....	26
2.1.2.3 Tanques de almacenamiento:.....	26
2.1.2.4 Gauge tank: .....	27
2.1.3 Equipos para transferencia de fluidos:.....	28
2.1.3.1 Líneas de flujo:.....	28
2.1.3.2 Bombas de transferencia de fluidos:.....	29
2.1.4 Equipos auxiliares:.....	30
2.1.4.1 Generador de energía eléctrica/Transformador de voltaje/tablero de distribución eléctrica: .....	30
2.1.4.2 Compresor de aire: .....	31
2.1.4.3 Caseta oficina: .....	32

2.1.4.4 Caseta laboratorio:.....	33
2.2 EQUIPOS PARA PRUEBAS EXTENSAS DE PRODUCCIÓN. ....	33
2.2.1 Equipos para la separación líquido - líquido (crudo y agua) .....	34
2.2.1.1 Gun Barrel.....	34
2.2.1.2 Skim tank: .....	35
2.2.2 Equipos para el tratamiento térmico del crudo .....	35
2.2.2.1 Caldera .....	36
2.2.2.2 Intercambiadores de calor:.....	36
2.2.3 Equipos para la transferencia de fluidos .....	37
2.2.3.1 Líneas de flujo:.....	37
2.2.3.2 Cargadero de fluidos líquidos (Crudo/agua): .....	38
3. DESCRIPCIÓN DEL RECURSO HUMANO Y MATERIALES REQUERIDOS PARA EL ARMADO DE PRUEBAS DE PRODUCCIÓN.....	40
3.1 RECURSO HUMANO. ....	40
3.1.1 Personal para la ubicación y conexionado mecánico de los equipos .....	40
3.1.2 Personal para el conexionado de equipos eléctrico: .....	41
3.1.3 Personal para izaje de cargas pesadas: .....	42
3.2 RECURSOS MATERIALES. ....	42
3.2.1 Herramientas manuales: .....	43
3.2.1.1 Llaves de tubo:.....	43
3.2.1.2 Martillo: .....	44
3.2.1.3 Llaves de boca fija, boca ajustable, llaves para copas: .....	44
3.2.1.4 Barras de hierro: .....	45
3.2.1.5 otras herramientas: .....	45

3.2.2 Herramientas mecánicas: .....	45
3.2.2.1 Grúa telescópica o pluma .....	45
3.2.2.2 Montacargas: .....	46
3.2.2.3 Brazo articulado: .....	47
4. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ARMADO DE FACILIDADES DE PRUEBAS DE PRODUCCIÓN. ....	47
4.1 UBICACIÓN E INSTALACIÓN DE DIQUES EN GEOMEMBRANA.....	48
4.1.1 Área de proceso y almacenamiento:.....	49
4.1.2 Ubicación geomembrana en el área de generación eléctrica: .....	52
4.2 IZAJE Y UBICACIÓN DE EQUIPOS PARA PRUEBAS DE PRODUCCIÓN....	53
4.2.1 Izaje y ubicación de equipos del área de proceso .....	53
4.2.1.1 Proceso de Izaje y ubicación de tanques de almacenamiento:.....	53
4.2.1.2 Proceso de Izaje y ubicación gun barrel: .....	56
4.2.1.3 Proceso de izaje y ubicación de tea o quemadero.....	61
4.2.1.4 Proceso izaje y ubicación del separador y choke manifold .....	62
4.2.2 Izaje y ubicación de estructuras para trabajo en alturas: .....	64
4.2.2.1 Proceso arme cargadero.....	65
4.2.2.2 Proceso instalación y arme de pasarelas tanques de almacenamiento.....	67
4.2.3 Izaje y ubicación de los equipos del área de generación: .....	69
4.2.3.1 Recursos requeridos para la instalación de equipos del área de generación .....	70
4.2.3.2 Proceso izaje y ubicación de los equipos área de generación.....	71
4.2.4 Resumen de los tiempos de izaje y ubicación equipos para pruebas iniciales de producción: .....	73

4.3 CONEXIONADO MECÁNICO DE LOS EQUIPOS. ....	73
4.3.1 Unión de dos accesorios con unión de golpe:.....	74
4.3.1.1 Consumo energético del desplazamiento desde el punto de acopio de la tubería hasta el punto de instalación. Desplazamiento con carga .....	77
4.3.1.2 Consumo energético al unir dos tubos o dos accesorios mediante el uso de fuerza corporal apretando el ala de la unión universal.....	78
4.3.1.3 Consumo energético al aplicar torque al ala de la unión universal mediante el golpe con marro o porra .....	79
4.3.1.4 Consumo energético del desplazamiento desde el punto de conexión de tubería hasta el punto de acopio. Desplazamiento sin carga.....	81
4.3.2 Estimación del tiempo para conectar mecánicamente los equipos de la facilidad para pruebas iniciales con uniones rápidas de golpe: .....	84
4.3.2.1 Guía para la ubicación y espaciamiento de equipos en plantas de petróleo y químicas:.....	84
4.3.2.2 Norma NFPA 30 Código de Líquidos Inflamables y Combustibles: .....	86
4.3.2.3 Distanciamiento entre el cabezal de pozo y equipos de la facilidad: .....	89
4.3.3 Estimación del tiempo para conectar mecánicamente los equipos de la facilidad para pruebas iniciales con uniones bridadas: .....	89
4.4 CONEXIONADO ELÉCTRICO.....	99
4.5 ACTIVIDADES EN SERIE Y EN PARALELO. ....	101
4.6 EVENTOS QUE AFECTAN LOS TIEMPOS PLANEADOS DE ARME DE FACILIDADES. ....	101
4.6.1 Condiciones climáticas:.....	102
4.6.3 Falla mecánica de equipos: .....	102
4.6.4 Bloqueos de comunidades vecinas a los proyectos:.....	103

4.7 CONSOLIDADO DE TIEMPOS PARA EL ARME DE FACILIDADES PARA PRUEBAS DE PRODUCCIÓN. ....	103
5. CONCLUSIONES. ....	105
6. RECOMENDACIONES. ....	107
BIBLIOGRAFÍA. ....	108
ANEXOS. ....	110

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Proceso facilidades temporales para pruebas iniciales de producción...16	
Figura 2. Proceso de arme de una facilidad de producción para pruebas de producción. ....48	
Figura 3. Proceso para definir la cantidad de geomembrana requerida a instalar en un dique. ....50	
Figura 4. Proceso para izar y ubicar un tanque de almacenamiento de 500 bbl. ..55	
Figura 5. Proceso para el izaje y ubicación de un GB de 500 bbl.....59	
Figura 6. Proceso izaje y ubicación de una tea.....62	
Figura 7. Proceso izaje y ubicación del separador y choke manifold.....64	
Figura 8. Proceso arme y ubicación de un cargadero de fluidos. ....66	
Figura 9. Proceso de instalación de pasarelas en tanques de almacenamiento. ..68	
Figura 10. Proceso izaje y ubicación de los equipos del área de generación. ....72	
Figura 11. Componentes de la actividad de ajuste de una unión de golpe.....76	
Figura 12. Calculo del consumo metabólico por componente de la actividad.....77	
Figura 13. Cálculo consumo energético del desplazamiento con carga. ....78	
Figura 14. Calculo consumo energético para unir dos tubos con fuerza corporal. 79	
Figura 15. Calculo consumo energético para apretar una unión de golpe con marro o porra. ....80	
Figura 16. Calculo consumo energético desplazamiento sin carga. ....81	
Figura 17. Distanciamiento de equipos para plantas de proceso.....85	
Figura 18. Distanciamiento de tanques de almacenamiento según la norma NFPA30. ....86	
Figura 19. Proceso para ajustar una unión bridada. ....90	
Figura 20. Cálculo consumo energético para ajustar un esparrago en una unión bridada.....91	

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Tiempo de instalación de geomembrana y recurso humano requerido de acuerdo al área del dique. ....	52
Cuadro 2. Especificaciones y recursos requeridos para izar un tanque de almacenamiento.....	54
Cuadro 3. Especificaciones y recursos requeridos para el izaje y ubicación de una vasija de un GB de 500 bbl.....	57
Cuadro 4. Especificaciones y recursos requeridos para izar y ubicar una bota de gas de un GB.....	57
Cuadro 5. Especificaciones y recursos requeridos para el izaje y ubicación de una tea.....	61
Cuadro 6. Especificaciones y recursos requeridos para el izaje y ubicación de un separador.....	63
Cuadro 7. Especificaciones y recursos requeridos para izar y ubicar un choke manifold.....	63
Cuadro 8. Especificaciones y recursos requeridos para instalar un cargadero.....	65
Cuadro 9. Especificaciones y recursos requeridos para izar y ubicar una pasarela.....	67
Cuadro 10. Especificaciones y recursos requeridos para el izaje y ubicación de un generador.....	70
Cuadro 11. Especificaciones y recursos requeridos para el izaje e instalación del tanque de ACPM.....	70
Cuadro 12. Especificaciones y recursos requeridos para izar y ubicar tablero eléctrico y transformador de voltaje.....	71
Cuadro 13. Especificaciones y recursos requeridos para izar y ubicar un set de compresores de aire.....	71

Cuadro 14. Resumen de tiempo para izar e instalar equipos de pruebas de producción .....	73
Cuadro 15. Conversión unidades del consumo energético del desplazamiento con carga.....	78
Cuadro 16. Conversión unidades del consumo energético para unir dos tubos con fuerza corporal.....	79
Cuadro 17. Conversión de unidades del consumo energético para apretar una unión de golpe con marro o porra .....	80
Cuadro 18. Conversión de unidades del consumo energético del desplazamiento sin carga .....	82
Cuadro 19. Resumen consumo energético de los componentes de la actividad para unir y ajustar una unión de golpe.....	82
Cuadro 20. Conversión de unidades del consumo energético para ajustar un esparrago en una unión bridada .....	91
Cuadro 21. Resumen de los tempos requeridos para ajustar uniones bridadas, según los componentes de la actividad .....	92
Cuadro 22. Comparación del tiempo de instalación de un cuadro de control armado con uniones de golpe y bridadas, respecto a un cuadro de control prefabricado.....	98
Cuadro 23. Recursos requeridos para el conexionado eléctrico de equipos .....	99
Cuadro 24. Consolidado de tiempo para izaje y ubicación de equipos.....	103
Cuadro 25. Consolidado de tiempo para conectar mecánicamente los equipos de la facilidad de acuerdo al tipo de unión.....	104

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	pág.
Fotografía 1. Facilidades para pruebas iniciales de producción. ....	21
Fotografía 2. Facilidad para pruebas extensas de producción .....	22
Fotografía 3. Cabezal de prueba .....	24
Fotografía 4. Choke Manifold.....	24
Fotografía 5. Separador trifásico portátil.....	25
Fotografía 6. Tea o quemador .....	26
Fotografía 7. Tanques de almacenamiento de 500 bbl.....	27
Fotografía 8. Gauge tank .....	28
Fotografía 9. Tubería con uniones rápidas de golpe.....	29
Fotografía 10. Tubería con uniones rápidas de golpe.....	30
Fotografía 11. Generador de energía eléctrica, transformador de voltaje y tablero de distribución.....	31
Fotografía 12. Compresores de aire .....	32
Fotografía 13. Caseta oficina .....	32
Fotografía 14. Caseta laboratorio portable .....	33
Fotografía 15. Tanques gun barrel.....	34
Fotografía 16. Skim tank vertical.....	35
Fotografía 17. Intercambiador de calor .....	36
Fotografía 18. Líneas de soldadas prefabricadas antes y después de ser instaladas.....	38
Fotografía 19. Estructura de un cargadero de crudo y agua.....	39
Fotografía 20. Uso de llave de tubo para ajuste de tubería en general .....	43
Fotografía 21. Uso de marro o porra para el ajuste de uniones de golpe .....	44
Fotografía 22. Uso de llaves para el ajuste de uniones bridadas .....	45
Fotografía 23. Grúa telescópica para el izaje y ubicación de los equipos de la facilidad.....	46

Fotografía 24. Dique de contingencia para área de proceso y almacenamiento ...	49
Fotografía 25. Actividad de extender la geomembrana para diques de contingencia .....	51
Fotografía 26. Dique de contingencia para tanque de ACPM .....	53
Fotografía 27. Imagen del izaje de un tanque de almacenamiento de 500 bbl .....	56
Fotografía 28. Imagen de un izaje y ubicación de un GB de 500 bbl.....	60
Fotografía 29. Imagen de cargadero de fluidos .....	66
Fotografía 30. Pasarela instalada en tanques de almacenamiento .....	69
Fotografía 31. Ajuste de unión de golpe con marro o porra .....	74
Fotografía 32. Ejemplo de Interconexión de tanques con tubería de golpe .....	87
Fotografía 33. Ejemplo de interconexión de tanques con tubería de golpe. ....	88
Fotografía 34. Ajuste de una unión bridada .....	89
Fotografía 35. Ejemplo de cabezales y líneas de entrada a tanques, prefabricadas .....	94
Fotografía 36. Ejemplo de cabezales y líneas de entrada y salida de tanques soldadas prefabricadas .....	95
Fotografía 37. Cabezales de succión y descarga de bombas de transferencia prefabricados, conectados a líneas y accesorios de unión de golpe .....	96
Fotografía 38. Cuadro de control de interfase de un GB, prefabricado.....	97
Fotografía 39. Facilidad para direccionar fluidos a diferentes puntos de facilidad (diverter), prefabricado.....	97
Fotografía 40. Cuadro de control armado y conectado con uniones de golpe y uniones bridadas.....	99
Fotografía 41. Ejemplo de una bomba de transferencia con el cable eléctrico instalado .....	100

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>Anexo A</b> Ejemplo de numeral asociado a una licitación para facilidades de pruebas de producción. ....	110
<b>Anexo B</b> Ejemplo de numeral asociado a una licitación para facilidades de pruebas de producción .....	111

## RESUMEN

**TITULO:**

METODOLOGÍA PARA EL ARMADO DE EQUIPOS DE PRUEBAS DE PRODUCCIÓN EN CAMPOS EN DESARROLLO<sup>1</sup>

**AUTOR:**

JOHN ALEXANDER VALENCIA CASTAÑO<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVES:**

Pruebas iniciales de producción, pruebas extensas de producción, recurso humano, recurso material, conexionado mecánico, herramientas manuales, tubería soldada, unión de golpe, brida.

**CONTENIDO:**

En esta monografía se muestran las actividades que conforman el arme de una facilidad para pruebas de producción de pozos de petróleo y gas, enfocado en el tiempo estimado que cada actividad puede tomar basado en la experiencia adquirida en la ejecución de varios proyectos en campo en varias regiones del país, normas de la industria del petróleo, y el uso de herramientas ergonómicas virtuales. El documento inicia con una descripción de las pruebas iniciales y extensas de producción enfocado en los equipos que conforman las facilidades requeridas para tal fin para después mostrar los recursos que se requieren para el arme de estas facilidades.

Finalmente, se realiza una propuesta metodológica que articula los recursos materiales (ayudas mecánicas) y humanos (personal que ejecuta el arme de la facilidad) con los equipos que conforman la facilidad para ejecutar el arme de la misma, de forma segura y con tiempos reales de ejecución de acuerdo a los recursos con que se cuenta durante el arme. Adicionalmente se muestran algunos eventos que afectan el tiempo de arme de las facilidades que aunque están fuera de control deben ser tenidos en cuenta ya que se presentan con regularidad en nuestro país.

---

<sup>1</sup> Monografía Especialización en producción de Hidrocarburos

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos.

Director M.Sc. John Alexander León Pabón

## ABSTRACT

**TITLE:**

METHODOLOGY FOR ASSEMBLING WELL TESTING PRODUCTION EQUIPMENT IN OIL FIELDS DEVELOPING <sup>3</sup>

**AUTHOR:**

JOHN ALEXANDER VALENCIA CASTAÑO<sup>4</sup>

**KEY WORDS:**

Short-term testing, Long-term testing, equipment lifting, human resource, material resource, mechanical connection, telescopic crane, manual tools, welded pipe, hammer union, flange.

**DESCRIPTION:**

This monograph shows the activities which make up the assembly of an oil and gas production test facility. This is focused on the estimated time that each activity can take based on the experience acquired in the execution of several projects in the field in some regions of the our country, oil industry standards, and the use of virtual ergonomic tools. The document begins with a description of short term and long term testing focused on the equipment that make up the facilities required for this purpose and then shows the resources required for the assembly of these facilities.

Finally, a methodological proposal is made in order to articulate the material resources (mechanical aids) and human resources (personnel that executes the assembly of the facility) with the equipment that makes up the facility to execute the assembly of the facility, safely and with real times of execution according to the resources available during the assembly. Additionally, some events that affect the assembly time of the facilities are shown, although they are out of control, must be taken into account since they occur regularly in our country.

---

<sup>3</sup> Monograph to Hydrocarbon Production Specialist Degree.

<sup>4</sup>Petroleum Engineering Faculty. Specialist on Hydrocarbon Production. Director M.Sc John Alexander León Pabon.

## INTRODUCCIÓN.

Para determinar la calidad y cantidad de los fluidos producidos por un pozo se requiere la construcción de facilidades temporales las cuales están compuestas por equipos portátiles diseñados para tal fin.

El proceso de las facilidades temporales puede ser visualizado de la siguiente manera:

Figura 1. Proceso facilidades temporales para pruebas iniciales de producción.



Este trabajo se enfoca en el arme de la facilidad, ya que en muchas ocasiones se evidencia que debido al desconocimiento de los factores que afectan los tiempos de arme inicialmente programados, tales como el recurso humano, los recursos materiales, y otros factores, se generan conflictos entre las empresas que ofrecen el servicio y aquellas que contratan el servicio por diferencias en los tiempos inicialmente pactados para el armado de las facilidades. Esta situación, como se podrá observar en el capítulo de anexos de este documento, se empieza a visualizar desde los documentos licitatorios emitidos por las empresas operadoras, donde se observa que al arme de la facilidad solo se relaciona en uno o dos numerales, mostrando la poca importancia que se le da y quedando a discreción de la empresa

de servicio ofrecer tiempos de arme que muchas veces generan las consecuencias ya mencionadas.

De tal manera, se crea este documento para desarrollar una propuesta metodológica para la identificación de los recursos requeridos para el arme de dichas facilidades, lo cual servirá para tener claro el tiempo que tomará el arme de las facilidades temporales de pruebas de producción. De esta manera se verán beneficiadas tanto las empresas prestadoras de servicios petroleros como las compañías operadoras de campos petroleros, con la eficiencia en el manejo del tiempo para la construcción de facilidades temporales.

## **1. GENERALIDADES DE LAS PRUEBAS INICIALES Y PRUEBAS EXTENSAS DE PRODUCCIÓN.**

El término pruebas de producción puede ser un poco confuso debido a que muchas de las pruebas que se realizan durante la etapa productiva de los pozos se denominan como pruebas de producción, por lo tanto cuando se tenga planeado ejecutar alguna prueba es importante especificar el tipo de prueba a realizar y qué objetivos se buscan alcanzar.

El soporte legal de las pruebas iniciales y pruebas extensas en Colombia se relaciona en la resolución número 4-0048 del 16 de enero de 2015 en la cual se cita lo siguiente “Por la cual se establecen medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos convencionales continentales y costa afuera”. En esta resolución se encuentra el concepto de pruebas iniciales y pruebas extensas desde el punto de vista del pozo pero no se especifica las características de las facilidades ni las normas que rigen el arme y operación de las mismas. A continuación se relacionan los conceptos de la resolución:

Pruebas iniciales: Pruebas cortas de producción que se realizan posteriormente a la terminación oficial de un pozo nuevo e incluyen pruebas de presión y de evaluación de rocas y fluidos del yacimiento<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Resolución 04-0048 de 16 enero de 2015. Por la cual se establecen medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos convencionales y costa afuera, p. 7.

Pruebas extensas: Periodo de producción posterior a la prueba inicial que tiene por finalidad obtener información adicional del yacimiento, para definir la comerciabilidad o no del campo<sup>6</sup>.

Como se podrá notar ambas definiciones son muy cortas y dejan por fuera actividades esenciales en las pruebas de pozo como son las facilidades requeridas para recibir, separar, medir, almacenar y entregar los fluidos producidos del pozo.

A continuación se profundizará en el concepto de ambas pruebas, enfocándolo en las facilidades normalmente usadas para cada prueba.

### **1.1 PRUEBAS INICIALES DE PRODUCCIÓN.**

Las pruebas iniciales de producción son un conjunto de operaciones que se realizan a zonas específicas de los pozos durante la etapa de perforación y/o completamiento, con el fin de obtener una cierta cantidad de datos o variables de producción con los cuales se determinan algunas propiedades de las formaciones productoras de hidrocarburos, y mediante modelos de interpretación, se halla la productividad del pozo, las propiedades y cantidades de los fluidos producidos del

---

<sup>6</sup> Ibid, p. 7.

yacimiento. Por lo general estas pruebas se realizan durante intervalos cortos de tiempo (no mayor a 7 días).

Para este tipo de pruebas se utilizan una serie de equipos cuyo objetivo es separar y medir las corrientes principales obtenidas del pozo (crudo, gas y agua), teniendo en cuenta que la separación de dichas corrientes se debe a los tiempos de retención y la configuración interna de los equipos que permiten procesos como separación gravitacional y coalescencia.

Hay que tener en cuenta que la capacidad de tratamiento de estas facilidades para pruebas iniciales es débil lo cual genera que la calidad de entrega de los fluidos tratados estén por debajo de la normatividad legal, por ejemplo se podría tener crudo con S&W por encima de 0.5%, agua con alta concentración de aceite, o gas con alto contenido de condensados. Por lo anterior estos fluidos deben ser enviados a otras facilidades para darle un tratamiento final que permita llevarlos a condiciones de calidad de entrega o venta.

Estas facilidades generalmente están conformadas por los siguientes equipos: Cabezal de pozo, tubería de alta presión (tubería de unión de golpe), manifold con estrangulador fijo y variable, separador trifásico, tubería de baja presión, tanque de medición (gauge tank); tanques de almacenamiento, bombas para transferencia de fluidos, compresor de aire, generador de energía eléctrica, cabina laboratorio, caseta oficina, tea, diques temporales de contención. Todos estos equipos son portátiles y pueden ser movilizados en vehículos de carga pesada.

En la fotografía 1 se muestra un set de pruebas iniciales de producción típico:

Fotografía 1. Facilidades para pruebas iniciales de producción.



## 1.2 PRUEBAS EXTENSAS DE PRODUCCIÓN.

Las facilidades para pruebas extensas se diferencian de las facilidades para pruebas iniciales en que contienen una mayor cantidad de equipos, haciéndola más robusta para el tratamiento de los fluidos recibidos del pozo. Adicionalmente, estas facilidades requieren de una serie de adecuaciones exigidas por la ANH para permitir el inicio de la prueba extensa. Una vez se determinan los tipos de fluidos provenientes del pozo se adicionan equipos para tratar dichos fluidos para entregarlos en condiciones de venta.

Estas facilidades generalmente están conformadas por los siguientes equipos: tubería alta presión (tubería soldada), separador trifásico (si el pozo aporta gas), gun barrel, skim tank, tanques de almacenamiento de crudo y agua, cargadero de crudo y agua, bombas de transferencia de fluidos, tanque de almacenamiento de ACPM, generadores eléctricos, compresores de aire, tea. En las siguientes

imágenes (ver fotografía 2) se muestra una facilidad típica para pruebas extensas de producción.

Fotografía 2. Facilidad para pruebas extensas de producción.



## **2. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE SUPERFICIE USADOS EN LAS PRUEBAS DE PRODUCCIÓN.**

Las facilidades para pruebas iniciales de producción están conformadas por varios equipos que cumplen diferentes funciones dentro de los procesos de separación, control y transferencia de fluidos. Adicionalmente el uso de los mismos dependerá del tipo de prueba y las necesidades de separación y tratamiento de fluidos requeridos.

### **2.1 EQUIPOS PARA PRUEBAS INICIALES DE PRODUCCIÓN.**

Los equipos normalmente usados en pruebas iniciales de producción son del tipo portátil, y por lo general no requieren de instalación de accesorios adicionales o elementos de control en el sitio de arme. Solo se requiere ubicarlos y conectarlos para dejarlos disponibles cuando inicie el recibo de fluidos del pozo.

**2.1.1 Equipos de control de flujo y presión:** Los equipos de control de flujo y presión son los equipos que se ubican entre el árbol de producción y el separador, incluyéndolo. Estos equipos cumplen la función de proteger la facilidad de la presión del pozo y controlar los caudales según los requerimientos o programa de la prueba de producción.

**2.1.1.1 Cabezal de prueba:** El cabezal de prueba es un conjunto de válvulas y accesorios que se instalan en la cabeza de pozo para contener o permitir el flujo de fluidos desde el pozo hacia los equipos de superficie, y la conexión de equipos para realizar operaciones de intervención en el pozo. Este equipo debe estar diseñado mecánicamente para soportar la presión ejercida por los fluidos del pozo, cuando se cierran todas las válvulas del cabezal. Ver fotografía 3.

Fotografía 3. Cabezal de prueba.



**2.1.1.2 Estrangulador (choke manifold):** Equipo utilizado para variar el diámetro de flujo a través del cual fluyen los fluidos del pozo con el fin de controlar el flujo de los mismos hacia los equipos de superficie y variar la presión y caudal de los fluidos en el fondo del pozo para obtener una serie de datos y determinar el IPR del pozo. El choke manifold se arma con un juego de válvulas, un choque fijo y un choke ajustable. Para el caso del choke ajustable, se instala un estrangulador el cual es intercambiable de acuerdo a las necesidades de flujo que se requieran en la prueba. Ver fotografía 4.

Fotografía 4. Choke Manifold.



**2.1.2 Equipos de separación:** En pruebas iniciales de producción los equipos de separación están enfocados en la separación de fluidos líquidos y gaseosos provenientes del pozo, y equipos para la disposición y almacenamiento de los mismos. A continuación se relacionan los equipos de separación normalmente usados.

**2.1.2.1 Separador gas-liquido:** En caso de que el pozo en prueba produzca gas y líquidos, se utiliza el separador en el cual se da la separación por medio de fuerzas gravitacionales y de acuerdo al tamaño de éste se da el tiempo de retención necesaria para la separación de las fases. Este equipo normalmente viene acompañado por líneas de flujo para entrada de fluidos, salida de líquidos, salida de gas, controladores de presión, controladores de nivel, válvulas de control de presión, válvulas de control de nivel, visores de nivel, válvulas de seguridad, porta platinas para medición de gas, medidores de flujo, etc. Ver fotografía 5.

Fotografía 5. Separador trifásico portátil.



**2.1.2.2 Tea o quemador de gas:** Normalmente en los campos en desarrollo no existen facilidades para el tratamiento de gas o el gas producido durante la prueba o por el campo no tiene el suficiente volumen para ser comerciable, por lo tanto el gas se dispone mediante la quema del mismo usando un quemador o tea unida a través de tubería a la salida de gas del separador. Ver fotografía 6.

Fotografía 6. Tea o quemador.



**2.1.2.3 Tanques de almacenamiento:** Son recipientes diseñados para trabajar a condiciones de presión atmosférica y se utilizan para el almacenamiento de los fluidos líquidos (agua de producción, crudo, salmueras, etc.) provenientes del pozo. También se utilizan como recipientes de separación líquido-líquido (agua/crudo). Para pruebas de iniciales de pozos se pueden usar tanques cilíndricos horizontales y/o frac tanks. Los frac tanks tienen instalados en su parte trasera un troque o más comúnmente llamado quinta rueda, la cual permite un medio más rápido para el traslado del tanque de un sitio a otro. La capacidad de almacenamiento de estos tanque varía entre 500 y 600 bbl. Ver fotografía 7.

Fotografía 7. Tanques de almacenamiento de 500 bbl.



**2.1.2.4 Gauge tank:** Es un tanque con capacidad de almacenamiento de entre 100 y 200 bbl que por su geometría (rectangular) permite un aforo más exacto y por lo tanto conocer los volúmenes de fluidos recibidos del pozo en prueba. Es utilizado para calibrar los medidores tipo desplazamiento positivo que se instalan a la salida de fluidos líquidos de los separadores o cuando se utilizan frac tanks, los cuales por su geometría son difíciles de aforar. Ver fotografía 8.

Fotografía 8. Gauge tank.



**2.1.3 Equipos para transferencia de fluidos:** Dentro de la categoría de equipos para transferencia de fluidos se cuentan la tubería para conducir los fluidos entre los diferentes equipos y las bombas de transferencia para energizar los fluidos y moverlos de un punto a otro de la facilidad.

**2.1.3.1 Líneas de flujo:** Es la tubería utilizada para interconectar los diferentes equipos de proceso de tal manera que se pueda permitir el flujo de fluidos desde la cabeza del pozo hasta los puntos de disposición final de los fluidos. Las líneas de flujo usadas en las facilidades para pruebas iniciales son del tipo de unión rápida o unión de golpe la cual permite flexibilidad y menor tiempo de instalación. Además esta tubería y sus respectivas uniones deben estar diseñadas e instaladas de acuerdo a las presiones y velocidades de flujo a las cuales puedan verse sometidas por los fluidos provenientes del pozo.

Dentro de las líneas de flujo se incluyen accesorios para cambiar la dirección de flujo de los fluidos como codos, tees, reductores de diámetro (crossovers), distribuidores de flujo, etc. Ver fotografía 9.

Fotografía 9. Tubería con uniones rápidas de golpe.



**2.1.3.2 Bombas de transferencia de fluidos:** Son equipos utilizados para transferir energía a los fluidos líquidos y permitir la transferencia de estos desde los puntos de almacenamiento a carrotanques para su traslado a estaciones de tratamiento o transferencia entre los mismos tanques de la facilidad. Pueden ser utilizadas las de tipo centrífugo, desplazamiento positivo o ambas, lo cual dependerá de las propiedades físicas de los fluidos y las necesidades de caudales de transferencia. Ver fotografía 10.

Fotografía 10. Bombas de transferencia de fluidos.



**2.1.4 Equipos auxiliares:** Adicional a los equipos que cumplen la función de recibir y separar los fluidos del pozo, se requieren de equipos adicionales que prestan servicios como el suministro de energía eléctrica, y energía neumática a los componentes de los equipos de proceso. También se requiere de equipos que prestan servicio al personal que ejecuta el arte de la facilidad.

**2.1.4.1 Generador de energía eléctrica/Transformador de voltaje/tablero de distribución eléctrica:** Los generadores utilizados en pruebas iniciales de producción son del tipo de combustión interna de combustible diésel. Este equipo genera la energía eléctrica necesaria para alimentar equipos que funcionan con este tipo de energía como bombas de transferencia, compresores de aire, iluminación de áreas de proceso, casetas oficinas y laboratorio. Ver fotografía 11.

Fotografía 11. Generador de energía eléctrica, transformador de voltaje y tablero de distribución.



**2.1.4.2 Compresor de aire:** Equipo utilizado para alimentar con aire comprimido y permitir el funcionamiento de los equipos de control de proceso como PCV, LCV, ESDV, controladores de nivel y presión, así como suministrar aire presurizado a las bombas neumáticas de inyección de química o bombas neumáticas tipo diafragma. El compresor de aire normalmente utilizado en las pruebas iniciales de producción es del tipo de desplazamiento positivo de pistón con tanque acumulador de aire. Ver fotografía 12.

Fotografía 12. Compresores de aire.



**2.1.4.3 Caseta oficina:** Es una oficina portable tipo container en la cual se ubican todos los equipos de cómputo y la papelería necesaria e informativa de los equipos disponibles en la prueba, así como los documentos necesarios y obligatorios para poder iniciar la prueba de producción. Ver fotografía 13.

Fotografía 13. Caseta oficina.



**2.1.4.4 Caseta laboratorio:** El laboratorio usado es de tipo portable (container) el cual debe estar dotado de equipos para analizar las muestras de fluidos obtenidas del pozo durante la prueba de producción. Los equipos básicos que se utilizan durante la prueba son los siguientes: Centrifuga, hidrómetros, Karl Fisher, etc. Ver fotografía 14.

Fotografía 14. Caseta laboratorio portable.



## **2.2 EQUIPOS PARA PRUEBAS EXTENSAS DE PRODUCCIÓN.**

Para obtener fluidos dentro de las especificaciones requeridas, las facilidades de pruebas iniciales se robustecen con equipos adicionales que permiten darle un tratamiento adicional, especialmente al crudo, para obtener un contenido de agua por debajo de 0,5% v/v. En el caso de pozos que producen gas, la licencia ambiental permitirá un máximo permitido de quema del hidrocarburo, por lo tanto se deben instalar equipos para aprovechar la energía en la misma facilidad o vender el producto a terceros.

**2.2.1 Equipos para la separación líquido - líquido (crudo y agua):** Los equipos de separación líquido-líquido son utilizados para separar el agua del crudo proveniente del pozo mediante una configuración mecánica interna que permite y promueve el contacto de las gotas de agua o gotas de crudo. Adicionalmente su configuración geométrica permiten mayor tiempo retención permitiendo la separación del crudo y agua.

**2.2.1.1 Gun Barrel** Es una vasija vertical cilíndrica atmosférica de un volumen de 500 o 600 barriles mediante la cual se facilita la separación de las gotas de agua contenidas en el crudo. La configuración y accesorios instalados al interior del equipo permiten acelerar la coalescencia de las gotas de agua en el fondo de la vasija y en el parte superior obtener un crudo dentro de las especificaciones requeridas. Ver fotografía 15.

Fotografía 15. Tanques gun barrel.



**2.2.1.2 Skim tank:** Es un recipiente que recibe el agua del gun barrel, el separador y los tanques de almacenamiento, que por su configuración y accesorios internos permite la separación de gotas de aceite contenidas en el agua para luego recuperar la nata de aceite que se forma en la superficie del agua. Se debe aclarar que el agua de este recipiente normalmente se envía a tratamiento a plantas externas ya que la calidad no se ajusta a los parámetros exigidos por licencias ambientales.

Puede tener una posición horizontal o vertical de acuerdo a las necesidades de la facilidad. Ver fotografía 16.

Fotografía 16. Skim tank vertical.



**2.2.2 Equipos para el tratamiento térmico del crudo:** En muchas ocasiones la separación gravitacional no es suficiente para separar el crudo del agua, por lo cual se requiere tratamiento adicional para acelerar la separación. Es el caso del

tratamiento térmico que consiste en la transferencia de calor a los fluidos a tratar mediante el uso de calderas e intercambiadores de calor.

**2.2.2.1 Caldera:** Equipo usado para generar vapor de agua, el cual es transferido a los diferentes equipos con serpentines de la facilidad para calentar el crudo y acelerar los procesos de coalescencia y separación gravitacional disminuyendo los tiempos de residencia requeridos para separar las gotas de aceite del agua (emulsiones).

**2.2.2.2 Intercambiadores de calor:** Equipos cuya configuración interna permiten el intercambio de calor entre dos corrientes de fluidos que se encuentran a diferente temperatura. En la mayoría de los casos se utiliza vapor como el fluido de mayor temperatura y el crudo emulsionado como el fluido de menor temperatura el cual se precalienta para continuar el proceso de separación crudo/agua en el gun barrel o tanques de almacenamiento. Ver fotografía 17.

Fotografía 17. Intercambiador de calor.



**2.2.3 Equipos para la transferencia de fluidos:** Así como en las facilidades para pruebas iniciales, se requieren de equipos para transferir y direccionar los fluidos dentro la facilidad para pruebas extensas.

**2.2.3.1 Líneas de flujo:** Después de finalizar las pruebas iniciales de producción, como buena práctica, la línea que comunica el cabezal de pozo con la entrada a la facilidad se construye en línea soldada y es enterrada para facilitar la ubicación de equipos de workover.

En cuanto a la facilidad, la principal ventaja de realizar armes con líneas soldadas (Ver fotografía 18), es que pueden ser prefabricadas mucho antes de iniciar las actividades de movilización y arme, lo cual permite conectar los equipos de la facilidad en menor tiempo especialmente la interconexión de tanques de almacenamiento. Cabe aclarar que en caso de optar por línea soldada, la ubicación de los tanques en el dique debe ser muy precisa de tal manera que las bridas de conexión queden correctamente enfrentadas y evitar contratiempos a la hora del arme de la facilidad.

También se debe tener en cuenta que el tipo de conexión que se utiliza en esta tubería es de tipo bridada la cual requiere más tiempo de para conectar comparada con una unión de golpe porque el ajuste se realiza con varios espárragos y tuercas pero con la ventaja de que el gasto energético es muchísimo menor para el operador de arme, por lo que el tiempo de reposición energética (descanso) se acorta de manera considerable. En el capítulo 4 se tratará este tema.

Fotografía 18. Líneas de soldadas prefabricadas antes y después de ser instaladas.



**2.2.3.2 Cargadero de fluidos líquidos (Crudo/agua):** Es una estructura diseñada con el fin de cumplir la normatividad de trabajo seguro en alturas, la cual permite el acceso a la parte superior de los carrotanques para realizar las actividades propias de la transferencia de fluidos desde los tanques de almacenamiento hacia los carrotanques. Adicional a la estructura, normalmente se erigen dos líneas de transferencia de fluidos. Por una línea se transfiere crudo para venta, y por otra línea se transfiere agua de producción para disposición final. Ver fotografía 19.

Fotografía 19. Estructura de un cargadero de crudo y agua.



### **3. DESCRIPCIÓN DEL RECURSO HUMANO Y MATERIALES REQUERIDOS PARA EL ARMADO DE PRUEBAS DE PRODUCCIÓN.**

Para el armado de las facilidades para pruebas iniciales y pruebas extensas de producción se requiere de personal entrenado el cual debe contar con ayudas mecánicas para la ubicación y conexión de los equipos que conformarán la facilidad. A continuación se especificarán estos recursos esenciales para armar las facilidades.

#### **3.1 RECURSO HUMANO.**

El recurso humano como en toda actividad es fundamental para ejecutar el arme de la facilidad. Las personas que ejecutan el arme de la facilidad deben contar con una serie de conocimientos que van desde el manejo de herramientas, identificación de peligros asociados a la actividad hasta la capacidad física y mental que pueden entregar durante el arme. Aunque este documento se centra en el personal que ejecuta el arme, es de aclarar que ellos normalmente están bajo el cargo de un supervisor o ingeniero de pruebas de producción que tienen la responsabilidad de supervisar el arme y realizar actividades de tipo logístico incluyendo relacionamiento con el cliente.

**3.1.1 Personal para la ubicación y conexión mecánico de los equipos:** El personal que participa en el armado de las facilidades de pruebas de producción debe contar con el siguiente entrenamiento debidamente certificado:

- Identificación de peligros, valoración de riesgos e implementación de controles asociados a la ubicación de equipos, interconexión de equipos y tubería en el arme de las facilidades.
- Trabajo seguro en alturas avanzado.
- Uso seguro de herramientas manuales requeridas para el arme de facilidades, tales como: almadanas, llaves de boca fija, barras de acero, etc.
- Levantamiento manual de cargas.
- Aplicación de torque a uniones bridadas y uniones de golpe.

Es recomendable que el personal de arme sea conformado por un grupo en el cual el 50 % del grupo cuente con experiencia en el armado y conexión mecánica de los equipos, lo cual permitirá más eficiencia en el tiempo de ejecución de las actividades y además permite la transferencia de conocimiento a las personas que tienen menos experiencia.

**3.1.2 Personal para el conexión de equipos eléctrico:** Para el conexión eléctrico de los equipos para las pruebas iniciales y pruebas extensas se debe contar por lo menos con una persona capacitada y certificada en la instalación de redes eléctricas y puestas a tierra con el fin de garantizar la seguridad de las personas y los equipos en la etapa de operación de la facilidad para evitar liberaciones de energía eléctrica. Este personal debe contar con las siguientes certificaciones:

- Identificación de peligros, valoración de riesgos e implementación de controles asociados al conexión de equipos eléctricos.
- Trabajo seguro en alturas avanzado.
- Técnico electricista en generación eléctrica.

- Técnico electricista en instalaciones industriales.

Normalmente para el conexionado eléctrico de los equipos durante el arme de una facilidad de pruebas de producción solo se requiere un técnico electricista.

**3.1.3 Personal para izaje de cargas pesadas:** Debido a la dimensión y peso de los equipos utilizados en las pruebas iniciales, se requiere de equipos para el izaje de cargas como grúas, brazos articulados, y montacargas lo que implica la necesidad de personal entrenado para la operación de dichos equipos. Este personal debe contar con las siguientes certificaciones:

- Identificación de peligros, valoración de riesgos e implementación de controles asociados al izaje de cargas pesadas.
- Certificación como operador hasta la capacidad y tipo de equipo de levantamiento mecánico a operar, emitida por organismos acreditado por las regulaciones Nacionales e Internacionales en izaje de cargas.
- Licencia de conducción.
- Curso de manejo defensivo.
- Certificado en aparejador y señalero.

## **3.2 RECURSOS MATERIALES.**

Los recursos materiales son aquellos que sirven de herramienta al recurso humano que ejecuta las actividades del arme de la facilidad. En los siguientes numerales se relacionan las principales herramientas y equipos requeridos para llevar a cabo dicha actividad.

**3.2.1 Herramientas manuales:** Como su nombre lo indica para el uso de estas herramientas se requiere de una fuerza física, lo que implica que durante el arme de facilidades para pruebas de producción, las personas que usan estas herramientas tendrán un desgaste físico que deberá ser tenido en cuenta para el tiempo de armado de la facilidad. Las herramientas que más se requieren durante el arme de la facilidad son las siguientes:

**3.2.1.1 Llaves de tubo:** Utilizadas para sujetar, roscar y desenroscar tubos de acero de diferentes diámetros. En los armes de facilidades para pruebas iniciales se utilizan para roscar y desenroscar uniones de golpe a los tubos que servirán como líneas de flujo. Ver fotografía 20.

Fotografía 20. Uso de llave de tubo para ajuste de tubería en general.



**3.2.1.2 Martillo:** También conocido como marro o porra es utilizado para golpear las alas de las uniones de golpe con el fin de apretar o desapretar la unión rápida. Esta herramienta es fundamental para el conexionado de la tubería que interconecta todos los equipos de la facilidad para la conducción de los fluidos producidos por el pozo. Cabe aclarar que esta herramienta se requiere en las facilidades para pruebas iniciales de producción donde la tubería es de unión rápida. Adicionalmente el uso de los martillos son los que exigen mayor esfuerzo físico en las personas que aprietan las uniones de golpe. Ver fotografía 21.

Fotografía 21. Uso de marro o porra para el ajuste de uniones de golpe.



**3.2.1.3 Llaves de boca fija, boca ajustable, llaves para copas:** Utilizadas para apretar o desapretar todo tipo de tuercas en las conexiones mecánicas y electricas durante el armado de las facilidades. Esta herramienta es fundamental para el ajuste de tornillos y tuercas en las uniones bridadas. Ver fotografía 22.

Fotografía 22. Uso de llaves para el ajuste de uniones bridadas.



**3.2.1.4 Barras de hierro:** Herramienta usada para levantar equipos y tubería a través de la generación de una palanca.

**3.2.1.5 otras herramientas:** Destornillador, pinza, sierra manual, cincel.

**3.2.2 Herramientas mecánicas:** Debido al peso y dimensiones de los equipos utilizados para el arme de facilidades para pruebas iniciales y extensas se requiere del uso de equipos para el levantamiento de cargas pesadas, y adicionalmente que permitan la manipulación de dichas cargas izadas para ubicar en puntos previamente planificados. A continuación se especifican las herramientas mecánicas.

**3.2.2.1 Grúa telescópica o pluma** La grúa es una máquina que permite el izaje de cargas pesadas utilizando los principios de máquinas simples. La grúa telescópica o pluma tiene la flexibilidad de variar la extensión del boom o brazo lo que permite

ubicar cargas a mayor distancia del centro de la grúa. La extensión del boom claramente implica la disminución en la capacidad de mover cargas más pesadas.

Generalmente en el arme de facilidades de pruebas iniciales y extensas de producción las grúas telescópicas usadas tienen una capacidad máxima de entre 50 y 80 toneladas. Ver fotografía 23.

Normalmente las grúas durante el arme de las facilidades son suministradas por las empresas que solicitan el servicio de equipos para pruebas iniciales, lo que implica que muchas veces la grúa no está disponible 100% para el arme de la facilidad.

Fotografía 23. Grúa telescópica para el izaje y ubicación de los equipos de la facilidad.



**3.2.2.2 Montacargas:** Equipo utilizado para el descargue y ubicación de cargas de hasta 5 toneladas. Es más versátil que las grúas para el descargue de equipos, pero

tiene corto alcance para la ubicación de los mismos. Es de aclarar que el montacargas en la mayoría de los casos es suministrado en sitios donde se están ejecutando actividades de perforación, y/o completamiento.

**3.2.2.3 Brazo articulado:** La configuración del brazo permite izar y ubicar equipos de tamaño pequeño y mediano, y de pesos de hasta 15 toneladas. Es más versátil que la grúa para moverse de un punto a otro dentro de la locación donde se arman las facilidades de pruebas iniciales y pruebas extensas.

#### **4. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ARMADO DE FACILIDADES DE PRUEBAS DE PRODUCCIÓN.**

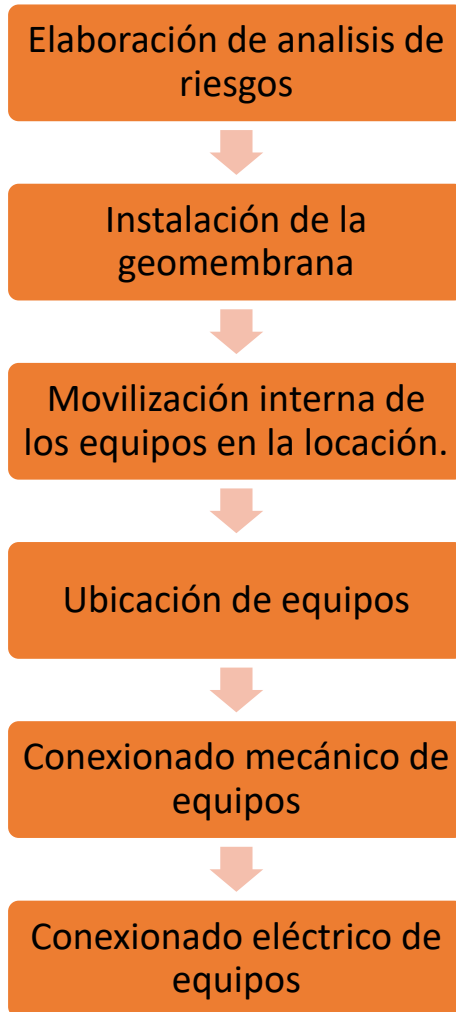
Para el armado de las facilidades, se tendrán las siguientes premisas:

- Se cuenta con un layout previamente realizado y acordado con el cliente de acuerdo a la disponibilidad de espacio en la locación y la normatividad aplicable al distanciamiento de equipos.
- Instalación de la geomembrana 24 horas.
- La ubicación y conexiónado mecánico/eléctrico se realizará durante horas de luz natural, es decir de seis de la mañana a seis de la tarde (12 horas).
- Se cuenta con grúa disponible durante 8 horas al día.
- El arme se realiza en temporada seca.
- Para el caso de los diques de contención solo se tendrá en cuenta el tiempo de instalación de diques en geomembrana.

En la figura 2 se muestra el proceso de arme general de una facilidad para pruebas de producción, la cual se divide en tres pasos principales los cuales son movilización

de equipos en la locación, ubicación de equipos y, conexaso mecánico y eléctrico.

Figura 2. Proceso de arme de una facilidad de producción para pruebas de producción.

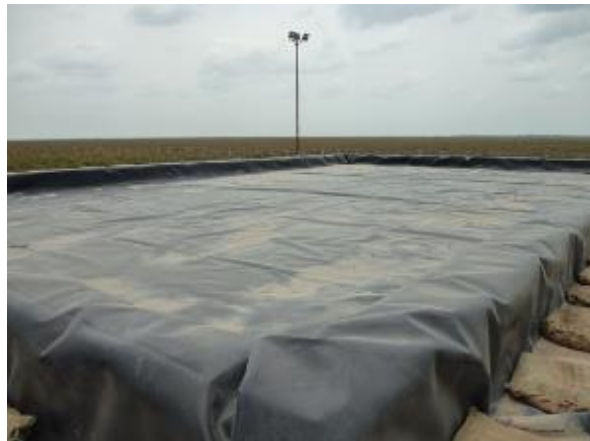


#### 4.1 UBICACIÓN E INSTALACIÓN DE DIQUES EN GEOMEMBRANA.

Antes de ubicar los equipos que conformaran la facilidad se requiere instalar los diques de contención de derrames de fluidos, especialmente en las siguientes áreas:

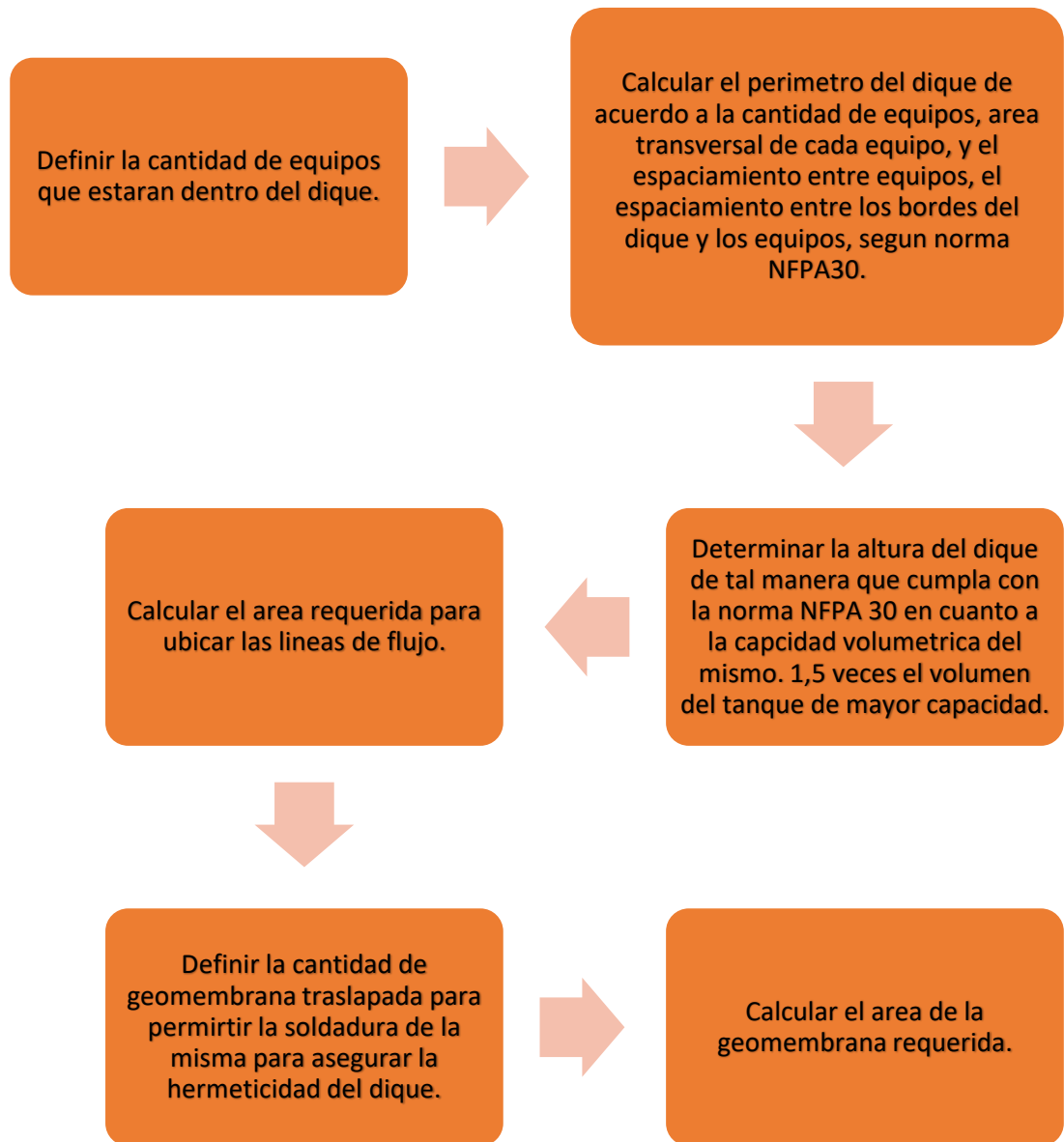
**4.1.1 Área de proceso y almacenamiento:** Esta área, se conformada por los siguientes equipos: separador, gun barrel, skim tank, tanques de almacenamiento de crudo y agua. Dependiendo de la cantidad y dimensión de los equipos, el espaciamiento entre estos, y la capacidad volumétrica del dique se determina la cantidad de geomembrana requerida a instalar. Una vez determinada la cantidad de geomembrana a instalar se identifica el recurso humano y material requerido para extender la geomembrana, de acuerdo al peso de la misma. Ver fotografía 24.

Fotografía 24. Dique de contingencia para área de proceso y almacenamiento.



A continuación, en la figura 2 se mostrará el proceso para definir la cantidad de geomembrana requerida a instalar:

Figura 3. Proceso para definir la cantidad de geomembrana requerida a instalar en un dique.



Una vez calculada la cantidad de geomembrana requerida se procede a determinar la cantidad de personal que se necesitará para la instalación. Se debe tener en

cuenta que en el mercado la geomembrana se ofrece en rollos de 7 metros de largo y de acuerdo a la cantidad necesitada. En la fotografía 25 se observa la presentación de la geomembrana y personal instalando la misma.

Fotografía 25. Actividad de extender la geomembrana para diques de contingencia.



Fuente: <https://www.igc.com.pe/tips-mejorar-instalacion-de-geomembranas-hdpe/>.

El tiempo de instalación de la geomembrana aumenta a medida que el área del dique aumenta así como la manipulación de la misma se complica.

De acuerdo a la experiencia en campo la instalación de geomembrana puede tomar entre 8 y 24 horas hombre efectivas. En el cuadro 1 se relacionan tiempos de instalación de acuerdo a la experiencia de campo y a los tanques de almacenamiento con las siguientes dimensiones:

Largo: 13 m.

Diámetro: 3 m.

Cuadro 1. Tiempo de instalación de geomembrana y recurso humano requerido de acuerdo al área del dique.

# Equipos (tanques)	Altura dique (m)	Área geomembrana (m <sup>2</sup> )	Cantidad personal requeridas	Tiempo instalación (horas)
4	0,5	288	3	4
8	0,4	544	4	12
12	0,4	800	5	24

Debido al peso del rollo de geomembrana se requiere de una ayuda mecánica (grúa o brazo articulado) como una grúa para ubicar el rollo en el punto a partir del cual se extenderá la geomembrana, por lo tanto también se deberá tener en cuenta el tiempo que se requiere para ejecutar este paso.

**4.1.2 Ubicación geomembrana en el área de generación eléctrica:** Esta área está conformada por los siguientes equipos: Tanque de almacenamiento de diésel, generadores de energía eléctrica, transformador de voltaje, tablero de distribución eléctrica. Igualmente que en el área de proceso y almacenamiento se define la cantidad de geomembrana del dique de acuerdo a la cantidad y dimensión de los equipos, espaciamiento y capacidad volumétrica del dique. Luego se determina el recurso requerido para instalar la geomembrana. Ver fotografía 26.

Fotografía 26. Dique para el área de generación eléctrica.



#### **4.2 IZAJE Y UBICACIÓN DE EQUIPOS PARA PRUEBAS DE PRODUCCIÓN.**

El proceso de izaje y ubicación de equipos solo se puede llevar a cabo con el uso de los equipos que sirven en el levantamiento mecánico de cargas, así como el personal capacitado para su operación. Cada proceso está conformado por una serie de pasos previamente evaluados desde el punto de vista de control de trabajo y el tiempo que toma cada uno, como se verá en los siguientes numerales.

**4.2.1 Izaje y ubicación de equipos del área de proceso:** Debido a las dimensiones y peso de los equipos que se instalan en el área de proceso de la facilidad, los tiempos se hacen más lentos y requieren de un análisis de riesgo más riguroso para ejecutar la actividad. A continuación se muestra el proceso para estos equipos.

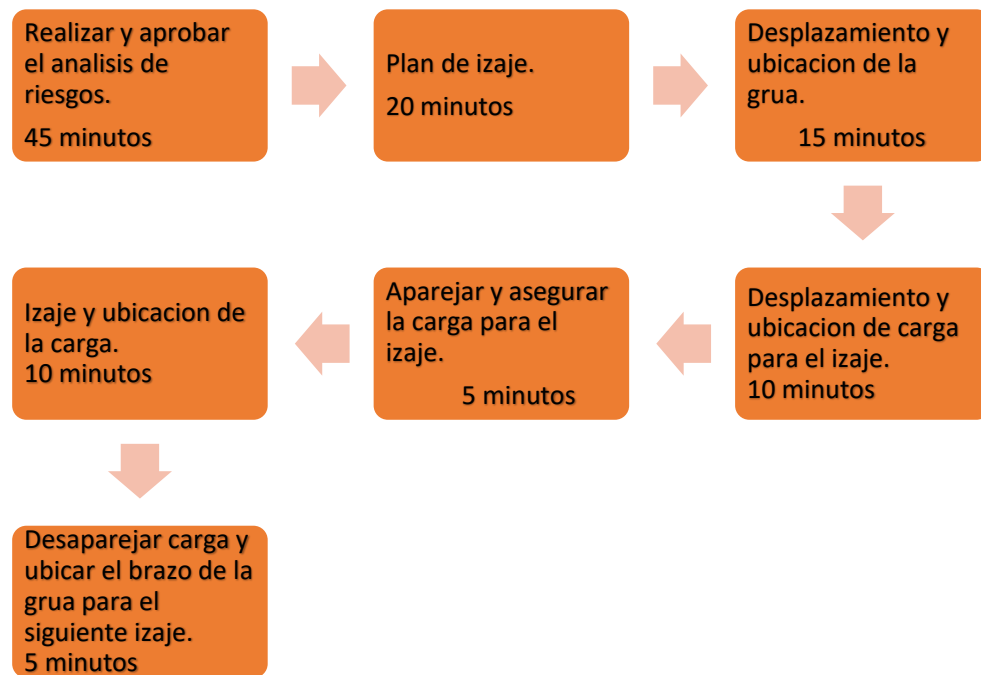
**4.2.1.1 Proceso de izaje y ubicación de tanques de almacenamiento:** En el cuadro 2 se relacionan las dimensiones, peso, y recursos requeridos para esta actividad con equipos típicos portátiles.

Cuadro 2. Especificaciones y recursos requeridos para izar un tanque de almacenamiento.

<b>Especificaciones</b>	<b>Recursos requeridos</b>	
Equipo: Tanque horizontal de 500 bbl	<b>Recurso material requerido</b>	<b>Recurso humano requerido</b>
Dimensiones (Largo x diámetro): 13m x 3m	Grúa 50 a 80 toneladas	Operador grúa, aparejador, operador de arme
Peso: 9 toneladas		

En la figura 4 se relaciona el proceso requerido para izar y ubicar el tanque de forma segura y adicionalmente se relaciona un estimado de tiempo requerido para cada parte que conforma el proceso.

Figura 4. Proceso para izar y ubicar un tanque de almacenamiento de 500 bbl.



Nota: Para izar y ubicar los otros tanques que conformaran el área de almacenamiento, por lo general ya no se requerirá de una nueva aprobación de análisis de riesgos por lo que el proceso será más corto en el tiempo. Sin embargo, de acuerdo al número de tanques la grúa se deberá reubicar a medida que los ubica en el sitio establecido. De acuerdo a lo anterior se puede establecer una fórmula para determinar el tiempo de ubicación de los tanques de almacenamiento.

*Tiempo izaje y ubicacion total de los tanques*

*= Tiempo analisis de riesgos*

*+  $\sum_{i=1}^n$  [( Tiempo plan de izaje para el TKi*

*+ Tiempo ubicacion grua TKi + Tiempo ubicacion carga TKi*

*+ Tiempo para aparejar el Tki*

*+ Tiempo para izaje y ubicacion del TKi*

*+ ]Tiempo para desapparejar el TKi)*

n= número de tanques de almacenamiento requeridos.

TK<sub>i</sub>= Tanque de almacenamiento i.

Fotografía 27. Imagen del izaje de un tanque de almacenamiento de 500 bbl.



**4.2.1.2 Proceso de izaje y ubicación gun barrel:** Debido a la posición del tanque y de la cantidad de accesorios a instalar en el cuerpo de la vasija, es de los equipos

que más complejidad presenta en los arnes de facilidades. Se compone principalmente de:

En el cuadro 3 se muestran los recursos requeridos para la instalación de un vasija de un gun barrel de 500 bbl.

Cuadro 3. Especificaciones y recursos requeridos para el izaje y ubicación de una vasija de un GB de 500 bbl.

<b>Especificaciones</b>	<b>Recursos requeridos</b>	
	<b>Recurso material requerido</b>	<b>Recurso humano requerido</b>
Equipo: Vasija vertical 500 bbl		
Dimensiones (Largo x diámetro): 10m x 3m	Grúa 50 a 80 toneladas	Operador grúa, aparejador, 3 operadores de arme
Peso: 9 a 10 toneladas		

En el cuadro 4 se muestran los recursos requeridos para la instalación de la bota de gas de un gun barrel.

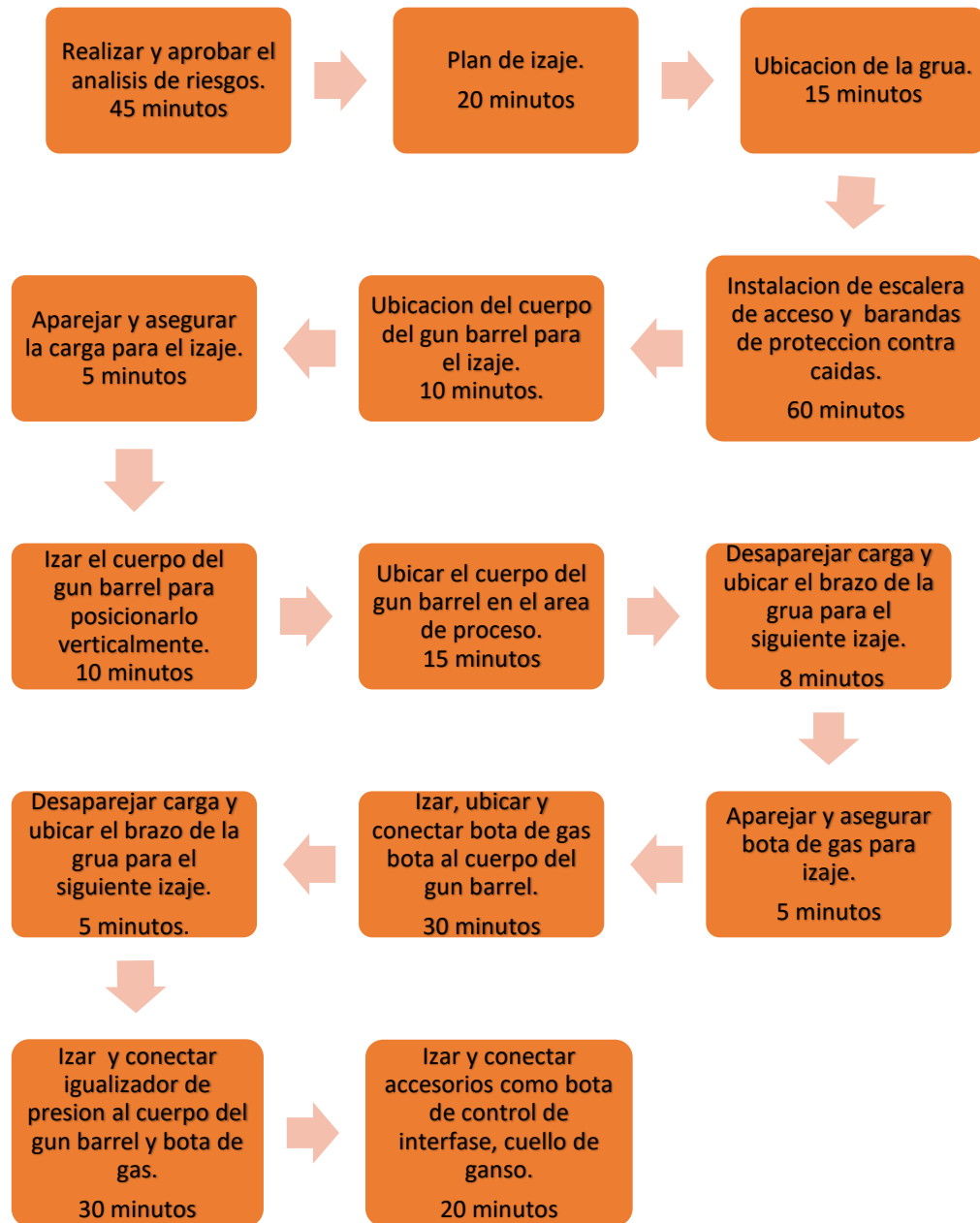
Cuadro 4. Especificaciones y recursos requeridos para izar y ubicar una bota de gas de un GB.

<b>Especificaciones</b>	<b>Recursos requeridos</b>	
	<b>Recurso material requerido</b>	<b>Recurso humano requerido</b>
Equipo: Bota de gas		

Dimensiones (Largo x diámetro): 11.5m x 0,6m	Grúa 50 a 80 toneladas	Operador grúa, aparejador, 3 operadores de arme
Peso: 2 a 3 toneladas		

En la figura 5 se relaciona el proceso de izaje y ubicación del gun barrel con sus componentes externos.

Figura 5. Proceso para el izaje y ubicación de un GB de 500 bbl.



Fotografía 28. Imagen de un izaje y ubicación de un GB de 500 bbl.



En caso de que en la facilidad se requiera más de un gun barrel, se calcula el tiempo de instalación de la siguiente manera:

*Tiempo izaje y ubicacion total de los GB*

*= Tiempo analisis de riesgos*

$$+ \sum_{i=1}^n \{ ( \text{Tiempo plan de izaje para el GBi} + \text{Tiempo ubicacion grua GBi} )$$

*+ Tiempo instalacion de escalera de acceso y barandas de proteccion contra caidas del GBi*

*+ Tiempo ubicacion del cuerpo del GBi para el izaje*

*+ Tiempo aparejar y asegurar GBi para el izaje*

*+ Tiempo izaje del cuerpo del GBi para posicionarlo verticalmente*

*+ Tiempo ubicacion del cuerpo del GBi en el area de proceso*

*+ Tiempo desaparecer carga y ubicar el brazo de la grua para el siguiente izaje*

*+ Tiempo para aparejar y asegurar bota de gas del GBi para izaje*

*+ Tiempo izar, ubicar y conectar bota de gas bota al cuerpo del GBi*

*+ Tiempo desaparecer carga y ubicar el brazo de la grua para el siguiente izaje*

*+ Tiempo izar y conectar igualizador de presion del cuerpo del GBi bota de gas*

*+ Tiempo izar y conectar accesorios como bota de control de interfase, cuello de ganso del GBi))*

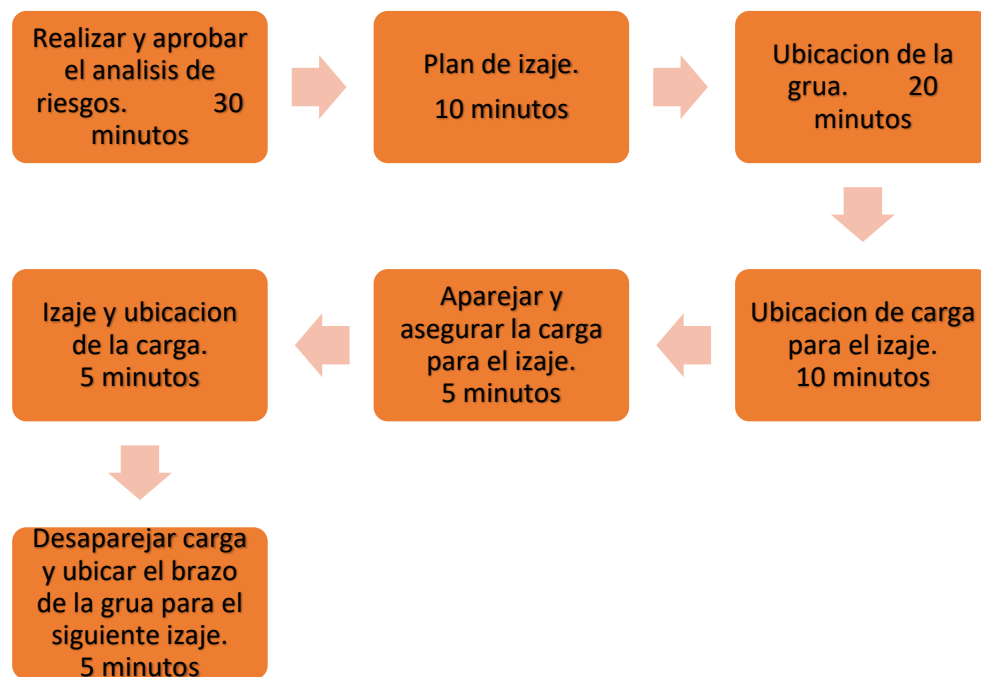
**4.2.1.3 Proceso de izaje y ubicación de tea o quemadero** En el cuadro 5 se relacionan los recursos requeridos para la ubicación de una tea.

Cuadro 5. Especificaciones y recursos requeridos para el izaje y ubicación de una tea.

<b>Especificaciones</b>	<b>Recursos requeridos</b>	
	<b>Recurso material requerido</b>	<b>Recurso humano requerido</b>
Equipo: Tea		
Dimensiones (Largo x diámetro): 15 m x 0,15 m	Grúa 50 a 80 toneladas	Operador grúa, aparejador, 1 operadores de arme
Peso: 200 kg		

Para el izaje y ubicación de la tea es importante tener en cuenta que debido a la distancia a la cual debe ser instalada de acuerdo a la normatividad existente, ésta, por lo general, queda por fuera del perímetro de la locación donde se ubican los otros equipos, por lo tanto se requiere una vía de acceso que permite la movilización de la grúa a esta zona.

Figura 6. Proceso izaje y ubicación de una tea.



**4.2.1.4 Proceso izaje y ubicación del separador y choke manifold.** En el cuadro 6 y 7 se relacionan los recursos requeridos para la instalación de un separador y un choke manifold.

Cuadro 6. Especificaciones y recursos requeridos para el izaje y ubicación de un separador.

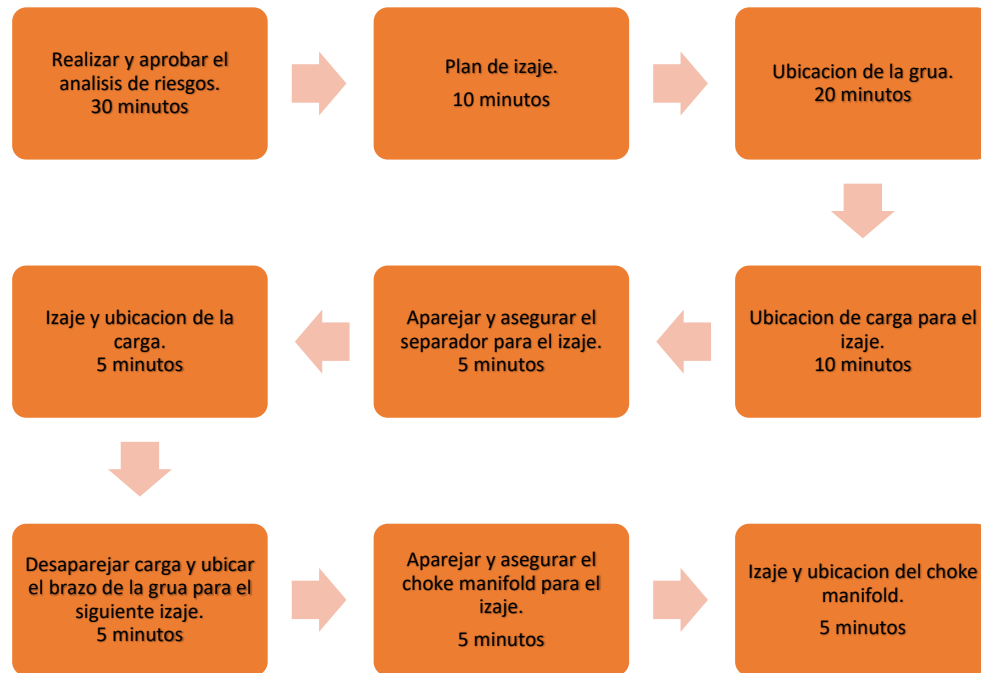
<b>Especificaciones</b>	<b>Recursos requeridos</b>	
	<b>Recurso material requerido</b>	<b>Recurso humano requerido</b>
Equipo: Separador		
Dimensiones (Alto x ancho x largo): 2 m x 2,5 m x 6 m	Grúa 50 a 80 toneladas	Operador grúa, aparejador, 1 operadores de arme
Peso: 13 a 20 toneladas		

Cuadro 7. Especificaciones y recursos requeridos para izar y ubicar un choke manifold.

<b>Especificaciones</b>	<b>Recursos requeridos</b>	
	<b>Recurso material requerido</b>	<b>Recurso humano requerido</b>
Equipo: Choke manifold		
Dimensiones (Ancho x largo): 2 m x 2,5 m	Grúa 50 a 80 toneladas	Operador grúa, aparejador, 1 operadores de arme
Peso: 400 a 500 kg		

En la figura 7 se muestra el proceso detallado para la instalación del separador y el choke manifold.

Figura 7. Proceso izaje y ubicación del separador y choke manifold.



**4.2.2 Izaje y ubicación de estructuras para trabajo en alturas:** En el cuadro 8 se relacionan las dimensiones, pesos y recursos requeridos para la instalación de estos equipos.

El cargadero es una estructura que se construye en dos secciones para ser armada en la facilidad. Incluye escalera de acceso, barandas, techo y vigas para la instalación de puntos de anclaje para el trabajo seguro en alturas.

Las pasarelas son estructuras que se instalan por secciones de acuerdo al número de tanques de almacenamiento que conformaran la facilidad.

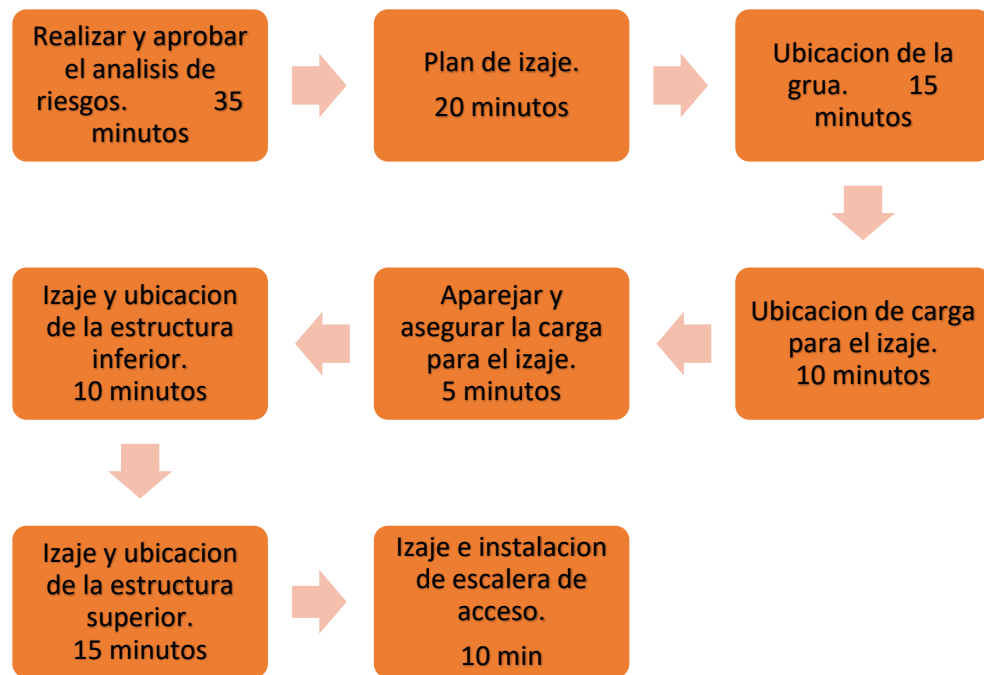
**4.2.2.1 Proceso arme cargadero.** En el cuadro 8 se especifican lo recursos requeridos para la instalación de un cargadero de fluidos.

Cuadro 8. Especificaciones y recursos requeridos para instalar un cargadero.

Especificaciones	Recursos requeridos	
Equipo: Estructura cargadero	Recurso material requerido	Recurso humano requerido
Dimensiones (Alto x área transversal): 5m x 4m <sup>2</sup>	Grúa 50 a 80 toneladas	Operador grúa, aparejador, 1 operadores de arme
Peso: 2 toneladas		

En la figura 8 se relaciona el proceso para el arme de un cargadero de fluidos.

Figura 8. Proceso arme y ubicación de un cargadero de fluidos.



En la fotografía 29 se muestra un cargadero de fluidos desarmado y armado.

Fotografía 29. Imagen de cargadero de fluidos.



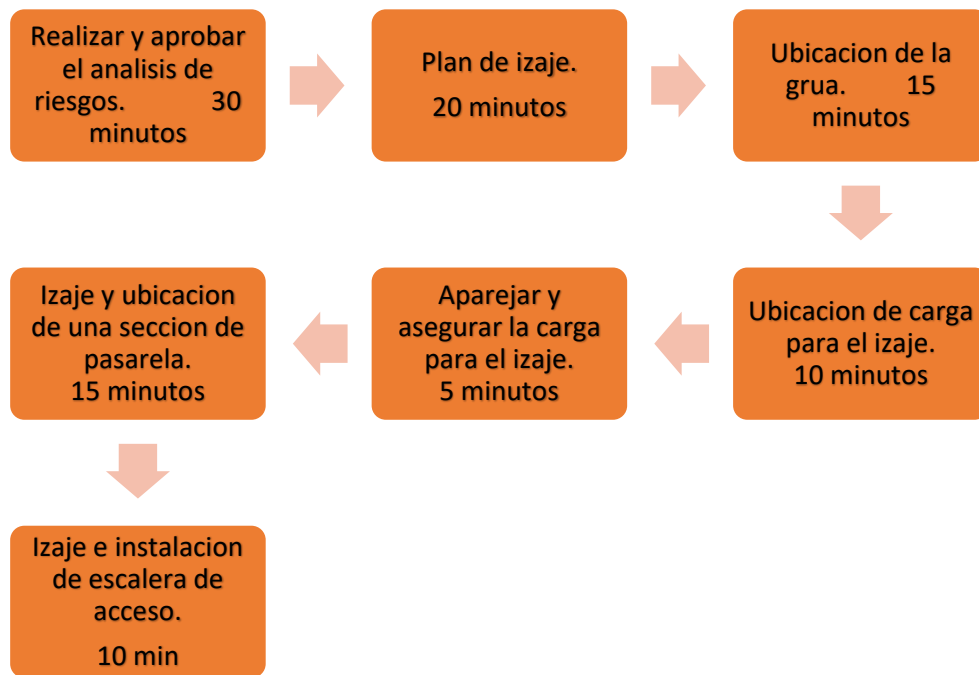
#### 4.2.2.2 Proceso instalación y arme de pasarelas tanques de almacenamiento.

En el cuadro 9 se especifican los recursos requeridos para la instalación de las pasarelas en los tanques de almacenamiento, las cuales sirven como medio de protección contra caídas al personal que requiere ejecutar actividades en la parte superior de los tanques.

Cuadro 9. Especificaciones y recursos requeridos para izar y ubicar una pasarela.

<b>Especificaciones</b>	<b>Recursos requeridos</b>	
Equipo: Pasarela tanques de almacenamiento	<b>Recurso material requerido</b>	<b>Recurso humano requerido</b>
Dimensiones (Largo x ancho): 4,5m x 1m	Grúa 50 a 80 toneladas	Operador grúa, aparejador, 1 operadores de arme
Peso: 60 a 80 kg		

Figura 9. Proceso de instalación de pasarelas en tanques de almacenamiento.



Como se puede observar en la figura 13 el proceso está descrito para la instalación de una escalera de acceso y una sección de pasarela. Para calcular el tiempo de instalación de otras secciones de pasarela de acuerdo el número de tanques se propone la siguiente formula:

$n$  = número de tanques

$p$  = número de secciones de pasarela a instalar

$$p = n - 1$$

$$\begin{aligned}
& \textit{Tiempo total instalacion de pasarelas} \\
& = \textit{Tiempo analisis de riesgos} \\
& + \sum_{i=1}^p [(\textit{Tiempo plan de izaje pasarela } i) \\
& + (\textit{Tiempo ubicacion de grua para la pasarela } i) \\
& + (\textit{Tiempo para ubicacion de la pasarela } i \textit{ para izaje}) \\
& + (\textit{Tiempo aparejar y asegurar la pasarela } i) \\
& + (\textit{Tiempo izaje y ubicacion pasarela } i)] \\
& + \textit{Tiempo instalacion escalera de acceso}
\end{aligned}$$

Fotografía 30. Pasarela instalada en tanques de almacenamiento.



**4.2.3 Izaje y ubicación de los equipos del área de generación:** En los siguientes numerales se tratarán los procesos para izar y ubicar los equipos asociados al área de generación así como los recursos requeridos.

**4.2.3.1 Recursos requeridos para la instalación de equipos del área de generación:** En los cuadros 10 al 13 se relacionan los recursos requeridos para el izaje y ubicación de los equipos del área eléctrica de acuerdo a sus especificaciones.

Cuadro 10. Especificaciones y recursos requeridos para el izaje y ubicación de un generador.

<b>Especificaciones</b>	<b>Recursos requeridos</b>	
	<b>Recurso material requerido</b>	<b>Recurso humano requerido</b>
Equipo: Generador eléctrico 200 kVA		
Dimensiones (Largo x ancho x alto): 3,5m x 1,5m x 1,80 m	Grúa 50 a 80 toneladas	Operador grúa, aparejador, 1 operadores de arme
Peso: 2 a 3 toneladas		

Cuadro 11. Especificaciones y recursos requeridos para el izaje e instalación del tanque de ACPM.

<b>Especificaciones</b>	<b>Recursos requeridos</b>	
	<b>Recurso material requerido</b>	<b>Recurso humano requerido</b>
Equipo: Tanque almacenamiento de ACPM		
Dimensiones (Largo x diámetro): 5m x 2,5 m	Grúa 50 a 80 toneladas	Operador grúa, aparejador, 1 operadores de arme
Peso: 3 toneladas		

Cuadro 12. Especificaciones y recursos requeridos para izar y ubicar tablero eléctrico y transformador de voltaje.

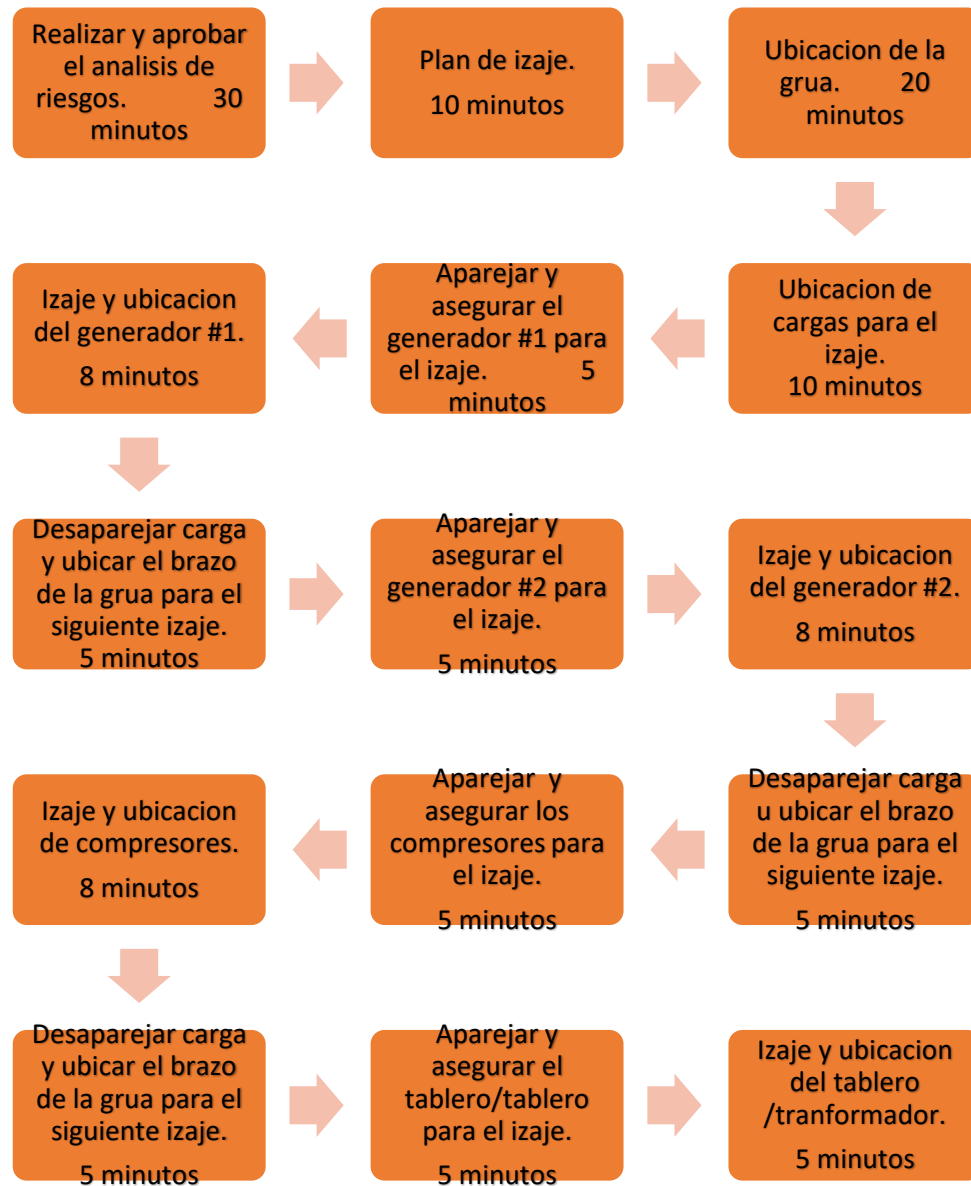
<b>Especificaciones</b>	<b>Recursos requeridos</b>	
	<b>Recurso material requerido</b>	<b>Recurso humano requerido</b>
Equipo: Tablero distribución eléctrico / Transformador de voltaje		
Dimensiones del skid: (Largo x diámetro): 2m x 2 m	Grúa 50 a 80 toneladas	Operador grúa, aparejador, 1 operadores de arme
Peso: 200 a 300 kg		

Cuadro 13. Especificaciones y recursos requeridos para izar y ubicar un set de compresores de aire.

<b>Especificaciones</b>	<b>Recursos requeridos</b>	
	<b>Recurso material requerido</b>	<b>Recurso humano requerido</b>
Equipo: Compresores de aire (2 und)		
Dimensiones del skid: (Largo x diámetro): 2m x 2 m	Grúa 50 a 80 toneladas	Operador grúa, aparejador, 1 operadores de arme
Peso: 200 a 300 kg		

**4.2.3.2 Proceso izaje y ubicación de los equipos área de generación:** El proceso de izaje y ubicación de los equipos asociados al área de generación se relaciona en la figura 15.

Figura 10. Proceso izaje y ubicación de los equipos del área de generación.



**4.2.4 Resumen de los tiempos de izaje y ubicación equipos para pruebas iniciales de producción:** De acuerdo a lo expuesto en el numeral 4.2 de este documento los tiempos de izaje y ubicación se pueden resumir de la siguiente manera:

Cuadro 14. Resumen de tiempo para izar e instalar equipos de pruebas de producción.

Equipo	Tiempo (min)
Tanques de almacenamiento	$=120*n_1$
Gun Barrel	$=255*n_2$
Tea	85
Separador/Choke	95
Pasarelas	$100*p$
Cargadero	120
Equipos área de generación	144

$n_1$  = cantidad de tanques de almacenamiento.

$n_2$  = cantidad de gun barrel.

$p$  = cantidad de pasarelas.

### 4.3 CONEXIONADO MECÁNICO DE LOS EQUIPOS.

El conexionado mecánico de los equipos consta en unirlos a través de tubería, por medio de la cual los fluidos provenientes del pozo fluyen de un punto a otro de la facilidad. Para las facilidades de pruebas iniciales de producción normalmente se utiliza tubería de unión rápida, también conocida como tubería de unión de golpe.

El otro tipo de unión utilizada es del tipo brida, la cual requiere un poco más de tiempo para ajustarla pero tiene la ventaja de que el gasto energético es mucho menor. Este tipo de unión es principalmente usado para la instalación y conexión de válvulas de corte ubicadas en los tanques de almacenamiento y tanques de proceso.

**4.3.1 Unión de dos accesorios con unión de golpe:** Para acoplar dos tramos de tubería, un accesorio a un tubo, o dos accesorios se requiere de dos personas que unirán las dos secciones aplicando fuerzas en dirección opuesta en cada sección y aseguran la unión mediante el roscado del ala o mariposa. Luego, aseguran el ala mediante la aplicación de torque golpeándola con la porra hasta que ésta no gire.

Fotografía 31. Ajuste de unión de golpe con marro o porra.



Como se mencionó en la sección 3.2.1.2 de este libro, el uso de marro o porra para apretar la unión de golpe requiere de un gran gasto energético por parte de los operadores de arme, lo cual requiere valorar el gasto energético y de allí el tiempo de descanso que necesita una persona de acuerdo al trabajo realizado, para esto se utilizará la metodología de consumo metabólico a partir de los componentes de

la actividad y utilizando la herramienta virtual ofrecida por la Universidad Politécnica de Valencia.

La tasa metabólica mide el gasto energético muscular que experimenta el trabajador cuando desarrolla una tarea. Gran parte de dicha energía es transformada directamente en calor. Aproximadamente sólo el 25% de la energía es aprovechada en realizar el trabajo, el resto se convierte en calor.<sup>7</sup>

El software MET permite estimar la tasa metabólica mediante 5 procedimientos normalizados:

En función la profesión (según norma ISO 8996)

Por categorías de actividad (según norma ISO 8996)

En función del tipo de actividad (según INSHT - NTP 323)

En función del tipo de actividad (según norma ISO 7730)

En función de los componentes de la tarea (según INSHT - NTP 323)

Para este trabajo se estimará la tasa metabólica en función de los componentes de la tarea, así:

---

<sup>7</sup> DIEGO-MAS, Jose Antonio. Estimación de la tasa metabólica. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. [consulta 01-08-2020]. Disponible online: <http://www.ergonautas.upv.es/herramientas/tasamet/tasamet.php>

Figura 11. Componentes de la actividad de ajuste de una unión de golpe.



Para el ciclo anterior se tiene en cuenta lo siguiente:

- La carga a ser transportada no debe exceder los 20 kg por persona.
- La distancia promedio entre el punto de acopio de tubería y el punto de conexión es de 30 metros.

- La velocidad promedio de desplazamiento entre los dos puntos con carga es de 1,2 km/h.
- La velocidad promedio de desplazamiento entre los dos puntos sin carga es de 2 km/h.
- El tiempo que lleva ejecutar cada componente del ciclo se relaciona en la Figura 11.

Luego, a cada componente del ciclo se le calcula el componente de consumo metabólico con el software MET para después calcular el consumo total de energía del ciclo de unir dos tubos o accesorios con unión de golpe.

Figura 12. Calculo del consumo metabólico por componente de la actividad.



**4.3.1.1 Consumo energético del desplazamiento desde el punto de acopio de la tubería hasta el punto de instalación. Desplazamiento con carga** Este numeral hace referencia al cálculo del gasto energético que el operador de arme tiene al desplazarse (caminar) desde el punto donde se encuentra acopiada la tubería hasta el lugar donde se instalará un accesorio. Este desplazamiento se realiza con el peso del mismo accesorio.

Figura 13. Cálculo consumo energético del desplazamiento con carga.

Tasa metabólica	
Componente	Valores (W/m <sup>2</sup> )
Metabolismo basal	46,68
Metabolismo postural	25
Metabolismo por actividad	125
Metabolismo por desplazamiento	125
<b>Tasa metabólica global</b>	<b>322 W/m<sup>2</sup> - 5,54 met.</b>

Fuente: <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/tasamet/tasamet.php>.

En la siguiente tabla se relacionan las conversiones de unidades teniendo en cuenta que 1 W/m<sup>2</sup> es igual 1,552 kcal/h.

Cuadro 15. Conversión unidades del consumo energético del desplazamiento con carga.

Consumo energético	Unidades
500,066	kcal/hora
0,1389	kcal/s
12,50	kcal/90 s

**4.3.1.2 Consumo energético al unir dos tubos o dos accesorios mediante el uso de fuerza corporal apretando el ala de la unión universal:** En este numeral se muestra el cálculo del gasto energético que tendrá un operador de arme cuando une dos tramos de tubería o dos accesorios usando su tronco y brazos.

Figura 14. Calculo consumo energético para unir dos tubos con fuerza corporal.

Tasa metabólica	
Componente	Valores (W/m <sup>2</sup> )
Metabolismo basal	46,68
Metabolismo postural	20
Metabolismo por actividad	125
Metabolismo por desplazamiento	0
<b>Tasa metabólica global</b>	<b>192 W/m<sup>2</sup> - 3,3 met.</b>

Fuente: <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/tasamet/tasamet.php>.

En la siguiente tabla se relacionan las conversiones de unidades teniendo en cuenta que 1 W/m<sup>2</sup> es igual 1,552 kcal/h.

Cuadro 16. Conversión unidades del consumo energético para unir dos tubos con fuerza corporal.

Consumo energético	Unidades
298,176	kcal/hora
0,082	kcal/s
7,38	kcal/90 s

**4.3.1.3 Consumo energético al aplicar torque al ala de la unión universal mediante el golpe con marro o porra:** Luego de unir los dos tramos de tubería se

deberá apretar el ala de la unión universal a través del uso del marro para generar torque. En la figura 21 se muestra los valores estimados del gasto energético.

Figura 15. Calculo consumo energético para apretar una unión de golpe con marro o porra.

Tasa metabólica	
Componente	Valores (W/m <sup>2</sup> )
Metabolismo basal	46,68
Metabolismo postural	25
Metabolismo por actividad	280
Metabolismo por desplazamiento	0
<b>Tasa metabólica global</b>	<b>352 W/m<sup>2</sup> - 6,05 met.</b>

Fuente: <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/tasamet/tasamet.php>.

En la siguiente tabla se relacionan las conversiones de unidades teniendo en cuenta que 1 W/m<sup>2</sup> es igual 1,552 kcal/h.

Cuadro 17. Conversión de unidades del consumo energético para apretar una unión de golpe con marro o porra.

Consumo energético	Unidades
546,656	Kcal /hora
0,15184889	kcal/s
4,55546667	kcal/30 s

**4.3.1.4 Consumo energético del desplazamiento desde el punto de conexión de tubería hasta el punto de acopio. Desplazamiento sin carga:** Luego de asegurar los dos accesorios, el operador de arme deberá regresar desde el punto de conexión hasta el punto de acopio, lo cual generará un gasto energético por el desplazamiento.

Figura 16. Calculo consumo energético desplazamiento sin carga.

Tasa metabólica	
Componente	Valores (W/m <sup>2</sup> )
Metabolismo basal	46,68
Metabolismo postural	25
Metabolismo por actividad	125
Metabolismo por desplazamiento	61,1
<b>Tasa metabólica global</b>	<b>258 W/m<sup>2</sup> - 4,44 met.</b>

Fuente: <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/tasamet/tasamet.php>.

En el cuadro 18 se relacionan las conversiones de unidades teniendo en cuenta que 1 W/m<sup>2</sup> es igual 1,552 kcal/h.

Cuadro 18. Conversión de unidades del consumo energético del desplazamiento sin carga.

<b>Consumo energético</b>	<b>Unidades</b>
400,674	kcal/h
0,11129833	kcal/s
6,6779	kcal/min

En la siguiente tabla se resume el consumo energético de los componentes del ciclo de unión de dos tubos con unión de golpe.

Cuadro 19. Resumen consumo energético de los componentes de la actividad para unir y ajustar una unión de golpe.

<b>Componente del ciclo</b>	<b>Tiempo (segundos)</b>	<b>Consumo energético (kcal)</b>
1.	90	12,50
2.	90	7,38
3.	30	4,55
4.	60	6,67
TOTAL	270	31,1

Por lo tanto, por cada unión de golpe que requiera ser unida se tendrá un consumo energético de 31,1 kcal en 270 segundos.

A continuación se calcula el tiempo de reposo sugerido mediante la fórmula de Lehman y Spitzer<sup>8</sup>:

$$D = \left( \frac{M}{4} - 1 \right) * 100$$

Donde,

D = Duración del reposo en % de la duración del trabajo.

M = Kcal/minuto consumidas en la realización del trabajo.

$$D = (6,91/4) - 1 * 100 = 72\%$$

El tiempo total requerido para unir dos tubos de unión de golpe con dos personas será:

$$270 \text{ segundos} + 270(0,72) \text{ segundos} = 464 \text{ segundos} = 7 \text{ minutos}$$

Es importante aclarar que se den tener en cuenta otras condiciones que aumentan o disminuyen el consumo energético como el tipo de vestido (material de fabricación), condiciones ambientales, etc. Por lo tanto es recomendable hacer un estudio ergonómico enfocado en el arte de facilidades para pruebas iniciales de producción.

---

<sup>8</sup> Gasto energético protocolo. Laboratorio de producción. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito Facultad Ingeniería Industrial. Curso de ergonomía, p.26.

**4.3.2 Estimación del tiempo para conectar mecánicamente los equipos de la facilidad para pruebas iniciales con uniones rápidas de golpe:** El tiempo requerido para conectar dos equipos de la facilidad dependerá de la distancia entre estos y la cantidad de uniones de golpe en el tramo a conectar. El distanciamiento se basará en la normatividad aplicada a la industria del petróleo, de las cuales aplican las siguientes:

**4.3.2.1 Guía para la ubicación y espaciamiento de equipos en plantas de petróleo y químicas:** Es un documento que sirve como guía para ubicar y espaciar equipos de plantas de proceso, almacenamiento de productos químicos combustibles y/o inflamables basado en estudios valoración de riesgo y teniendo en cuenta los peores escenarios por explosión de equipos presurizados, e incendios. En los siguientes gráficos se encuentra el resumen de espaciamiento de los equipos en una planta de procesos.



Fuente: Oil and chemical plant layout and spacing. A publication of Global asset protection services. GAP.2.5.2 September 3, 2001. P 3-4.

**4.3.2.2 Norma NFPA 30 Código de Líquidos Inflamables y Combustibles:** Esta norma dicta los lineamientos para un almacenaje seguro de productos químicos líquidos inflamables y combustibles. En las siguientes imagines se relacionan los numerales de la norma que aplican para el área de almacenamiento en facilidades para pruebas de producción en cuanto a distancias de seguridad entre tanques y distancias seguras entre áreas de la facilidad y linderos.

Figura 18. Distanciamiento de tanques de almacenamiento según la norma NFPA30.

Tabla 2-6 Referencias para usar con las Tablas 2-1 a 2-4

Capacidad del tanque (galones)	Mínima distancia desde la línea de lindero sobre el cual existen o puedan existir construcciones, incluyendo el lado opuesto de una vía pública.		Mínima distancia desde el lado más próximo de una vía pública o desde el edificio importante más cercano ubicado en la misma propiedad.	
	(pies)	(metros)	(pies)	(metros)
275 o menos	5	1,5	5	1,5
276 a 750	10	3	5	1,5
751 a 12.000	15	4,5	5	1,5
12.001 a 30.000	20	6,1	5	1,5
30.001 a 50.000	30	9,2	10	3
50.001 a 100.000	50	15,2	15	4,5
100.001 a 500.000	80	24,4	25	6,1
500.001 a 1.000.000	100	30,5	35	10,6
1.000.001 a 2.000.000	135	41,1	45	13,7
2.000.001 a 3.000.000	165	50,3	55	16,8
3.000.000 o mas	175	53,3	60	18,3

Unidades del SI: 1 pie = 0,3m; 1 gal = 3,8 L

Tabla 2-7 Espaciamiento mínimo entre tanques (entre cuerpos)

	Tanques con techo flotante	Tanques horizontales o de techo fijo	
		Líquidos Clase I o Clase II	Líquidos Clase IIA
Todos los tanques cuyo diámetro no supere 150 pies	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes, pero nunca inferior a 3 pies	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes, pero nunca inferior a 3 pies	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes, pero nunca inferior a 3 pies
Tanques con diámetros superiores a 150 pies			
Si el embalse remoto está de acuerdo con 2-3.4.2	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	¼ de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes
Si se ha provisto un dique de acuerdo con 2-3.4.3	¼ de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	1/3 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes	¼ de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes

Unidades del SI: 1 pie = 0,3m

Fuente: NFPA30. Flammable and Combustible Liquids Code. (Código de Líquidos inflamables y Combustibles). Traducido y editado en español bajo licencia NFPA, por el instituto Argentino de Normalización. Edición 1996. 30-17 p.

La interconexión mecánica de tanques de almacenamiento es tal vez la actividad que requiere mayor pericia por parte del operador de arme, ya que las distancias son muy cortas y se requiere el uso de diferentes accesorios y tubería de longitud corta para lograr una conexión que sea estética al observarla. Para determinar el tiempo de interconexión de dos tanques se compararan las siguientes imágenes.

Fotografía 32. Ejemplo de Interconexión de tanques con tubería de golpe.



Fotografía 33. Ejemplo de interconexión de tanques con tubería de golpe.



Como se puede observar en las imágenes la configuración de la conexión entre la línea general y la línea de entrada a los tanques es diferente pero el número de accesorios incluyendo tubería es similar, 4 y 5 respectivamente, cantidades que concuerdan con lo que generalmente se evidencia en campo.

La conexión del tanque a la línea que sirve como línea general de salida de crudo o también conocida como línea de venta requiere de dos accesorios como se puede observar en ambas imágenes.

Para el caso de la conexión del tanque a la línea general de drenaje también se requiere dos accesorios para unirlos.

**4.3.2.3 Distanciamiento entre el cabezal de pozo y equipos de la facilidad:** La distancia entre el pozo y los demás equipos que conforman la facilidad no está especificada en alguna norma, por lo tanto para el distanciamiento se sugiere que se tenga en cuenta el espacio requerido para la ubicación de un equipo de intervención a pozo.

**4.3.3 Estimación del tiempo para conectar mecánicamente los equipos de la facilidad para pruebas iniciales con uniones bridadas:** El proceso de conexión de un accesorio o tubo bridado se muestra en las siguientes figuras:

Fotografía 34. Ajuste de una unión bridada.



Figura 19. Proceso para ajustar una unión bridada.



Se realizará el cálculo energético para el paso 2, ajustar un espárrago, ya que el consumo energético de los pasos 1 y 3 es el mismo del caso de la unión de golpe.

Figura 20. Cálculo consumo energético para ajustar un esparrago en una unión bridada.

Tasa metabólica	
Componente	Valores (W/m <sup>2</sup> )
Metabolismo basal	46,68
Metabolismo postural	20
Metabolismo por actividad	15
Metabolismo por desplazamiento	0
<b>Tasa metabólica global</b>	<b>82 W/m<sup>2</sup> - 1,41 met.</b>

Fuente: <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/tasamet/tasamet.php>.

En la siguiente tabla se relacionan las conversiones de unidades teniendo en cuenta que 1 W/m<sup>2</sup> es igual 1,552 kcal/h.

Cuadro 20. Conversión de unidades del consumo energético para ajustar un esparrago en una unión bridada.

Consumo energético	Unidades
127,26	kcal/hora
0,035	kcal/s
2,12	kcal/60 s

Cuadro 21. Resumen de los tiempos requeridos para ajustar uniones bridadas, según los componentes de la actividad.

<b>Componente del ciclo</b>	<b>Tiempo (segundos)</b>	<b>Consumo energético (kcal)</b>
1.	90	12,50
2.	60*n	2,12*n
3.	60	4,55
TOTAL	150+60*n	17,05+2,21*n

n= números de espárragos a ajustar, en el componente 2.

A continuación se calcula el tiempo de reposo sugerido mediante la fórmula de Lehman y Spitzer<sup>9</sup>:

$$D = \left( \frac{M}{4} - 1 \right) * 100$$

Donde,

D = Duración del reposo en % de la duración del trabajo.

M = Kcal/minuto consumidas en la realización del trabajo.

---

<sup>9</sup> Gasto energético protocolo. Laboratorio de producción. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito Facultad Ingeniería Industrial. Curso de ergonomía, p.26.

$$M = [(17,05 + 2,21 * n) / (150 + 60 * n)] * 60$$

Por ejemplo, para ajustar 8 espárragos en una brida de 4", el tiempo de reposo es:

$$D = (3,23/4) - 1 * 100 = 19\%$$

Y el tiempo requerido para unir dos accesorios bridados de 4" será:

$$630 \text{ segundos} + 630 * (0,19) = 749,7 \text{ segundos} = 12 \text{ minutos}$$

Comparando los resultados obtenidos en el ajuste de una unión bridada comparado con una unión de golpe se observa lo siguiente:

Ajustar una unión bridada puede tomar casi el doble de tiempo que una unión de golpe, pero el consumo energético se reduce a la mitad. Lo cual se evidencia en campo con el confort del operador de arma y la disminución de los traumas musculoesqueléticos que son más comunes cuando se arma con uniones de golpe.

**4.3.4 Estimación del tiempo para conectar mecánicamente los equipos de la facilidad para pruebas iniciales con tubería prefabricada:** La estimación de tiempo en el caso de tubería prefabricada se basa en la cantidad de accesorios que ahorra a la hora de unirlos durante el arma. Por ejemplo, las líneas que más se

acostumbran prefabricar son los cabezales de los tanques de almacenamiento. En las siguientes graficas se muestran cómo pueden estar configurados.

Fotografía 35. Ejemplo de cabezales y líneas de entrada a tanques, prefabricadas.



Fotografía 36. Ejemplo de cabezales y líneas de entrada y salida de tanques soldadas prefabricadas.



Cada configuración mostrada en las fotografías 35 y 36 tiene sus ventajas y desventajas. En la fotografía 35 se observa una configuración mixta de cabezales y líneas de entrada prefabricadas, con líneas de salida de los tanques en unión de golpe. La ventaja de esta configuración es que los cabezales no tienen que quedar instalados en un punto exacto para que casen con los accesorios instalados en el cuerpo del tanque. Sin embargo por la cantidad de accesorios que deberán ser unidos el tiempo de instalación será mayor que un cabezal totalmente prefabricado.

En el caso de la figura 36 todas las líneas y accesorios son soldadas/prefabricadas, solo se requieren unir las bridas del spool con las bridas de las válvulas del tanque. La desventaja de este tipo de cabezales es que los tanques deben quedar correctamente alineados para que las bridas de los cabezales queden perfectamente alineadas con las bridas de las válvulas de los tanques.

Otro punto a tener en cuenta es que debido al peso de los cabezales prefabricados se requiere el uso de grúa o brazos articulados para manipularlos y ubicarlos en el punto seleccionado.

Otras líneas que se acostumbran a prefabricar son los cabezales de succión y descargas de bombas, los cuadros de control de interfase de los gun barrel, y facilidades que sirven para direccionar fluidos a diferentes puntos de la facilidad o bypasear equipos. A continuación se muestran unos ejemplos.

Fotografía 37. Cabezales de succión y descarga de bombas de transferencia prefabricados, conectados a líneas y accesorios de unión de golpe.



Fotografía 38. Cuadro de control de interfase de un GB, prefabricado.



Fotografía 39. Facilidad para direccionar fluidos a diferentes puntos de facilidad (diverter), prefabricado.



Para estimar el ahorro de tiempo que se puede obtener al utilizar líneas prefabricadas se comparan respecto a líneas con unión de golpe o unión bridada. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo.

Cuadro 22. Comparación del tiempo de instalación de un cuadro de control armado con uniones de golpe y bridas, respecto a un cuadro de control prefabricado.

<b>Cuadro de control</b>	<b>Cantidad de uniones de golpe a conectar.</b>	<b>Cantidad de uniones de bridas a conectar.</b>	<b>Tiempo requerido para unir las uniones de golpe (min).</b>
Cuadro de control armado con unión de golpe. (ver fotografía 40)	12	5	= $(12*7)+(5*12)=144$ min
Cuadro de control prefabricado (Ver fotografía 38).	0	2	= $12*2=24$ min

Los tiempos requeridos para unir las uniones de golpe y bridas se toman respecto a lo mostrado en los numerales 4.3.3 y 4.3.4 de este libro.

Como se puede observar en el cuadro 22 una configuración prefabricada puede reducir hasta en 6 veces el tiempo de instalación.

Fotografía 40. Cuadro de control armado y conectado con uniones de golpe y uniones bridadas.



#### 4.4 CONEXIONADO ELÉCTRICO.

El conexionado de los equipos que requieren energía eléctrica para su funcionamiento depende de la distancia entre los generadores y los equipos a conectar así como del halado del cable a cada uno de estos puntos. Desde el punto de vista de ergonomía el conexionado eléctrico no exige tanto consumo energético como el conexionado mecánico, pero si exige un conocimiento certificado en redes de conexión eléctrica de 440 -220 y 110 Voltios. En la siguiente tabla se relacionan los recursos requeridos para realizar el conexionado eléctrico.

Cuadro 23. Recursos requeridos para el conexionado eléctrico de equipos.

<b>Especificaciones</b>	<b>Recursos requeridos</b>
-------------------------	----------------------------

Equipo: Cable eléctrico)	Recurso material requerido	Recurso humano requerido
Dimensiones: (largo): Depende de la distancia entre los equipos a conectar	Pinzas, destornilladores, llaves de boca fija, llaves expansivas	Técnico electricista
Peso: 1 kg/m		

Para ahorrar tiempo en el conexionado eléctrico, es recomendable instalar el cable al tablero del equipo con la longitud requerida, y en la facilidad solo se necesitará conectar el enchufe (plug) al tablero de distribución eléctrica. En la siguiente imagen se observa dicha configuración.

Fotografía 41. Ejemplo de una bomba de transferencia con el cable eléctrico instalado.



#### **4.5 ACTIVIDADES EN SERIE Y EN PARALELO.**

Para determinar el tiempo de arme de una facilidad es muy importante definir cuales actividades se pueden ejecutar en paralelo, ya que realizar actividades de este tipo permite ahorrar tiempo en el arme de la facilidad.

Las actividades en serie y en paralelo dependerá de la cantidad de recursos materiales y humanos con que se cuente durante el arme. Es decir a mayor cantidad de recursos, mayor cantidad de actividades en paralelo, por lo tanto menor tiempo de arme de la facilidad. Se debe aclarar que para que estas actividades sean efectivas se deben planear de tal manera que no se presenten obstrucciones entre estas durante ejecución de las mismas.

Para el izaje y ubicación de los equipos, normalmente se cuenta con una sola grúa, por lo tanto estas actividades se realizan en serie, contrario al conexionado mecánico y eléctrico de equipos que se pueden ejecutar en paralelo si se cuenta con mayor número de personal, a condición de que los equipos estén ubicados.

#### **4.6 EVENTOS QUE AFECTAN LOS TIEMPOS PLANEADOS DE ARME DE FACILIDADES.**

Durante el arme de facilidades para pruebas de producción es común que se presenten situaciones o eventos que generan retraso de los tiempos de armado. Estas situaciones aunque son impredecibles deben ser tenidas en cuenta a la hora

de la planificación de las actividades y se debe llegar a un acuerdo de las acciones a tomar en caso de que ocurran.

**4.6.1 Condiciones climáticas:** Las condiciones climáticas pueden ser las situaciones que más pueden retrasar los armos de las facilidades para pruebas de producción, especialmente las condiciones de lluvia y de tormentas eléctricas. Debido a estas condiciones es muy importante conocer las temporadas de lluvias y los promedios de precipitaciones que se presentan en nuestro país, preferiblemente de las regiones donde se desarrollan actividades explotación petrolera.

Desde el punto de vista del recurso humano, las condiciones climáticas afectan bastante el desempeño del personal que ejecuta el armo, ya que en las áreas donde se llevan a cabo estas actividades presentan condiciones de temperatura, radiación solar, y humedad bastante adversas que mezclado con el esfuerzo físico pueden generar diferentes impactos físicos en el personal que pueden resultar en incapacidades médicas disminuyendo el número de personal para el armo y afectando el tiempo del mismo.

**4.6.3 Falla mecánica de equipos:** Este caso se relaciona con fallas mecánicas de la grúa para el izaje y ubicación de equipos. Aunque no es una situación que se presente muy a menudo, es importante tenerla presente para dar una respuesta oportuna en el momento que se presente.

Como control preventivo para evitar esta situación se debe asegurar que la grúa que va a prestar el servicio tenga los mantenimientos al día y las certificaciones para el izaje de cargas vigentes.

Otro punto a tener en cuenta con la grúa es el consumo de combustible especialmente en zonas remotas en donde se debe asegurar el suministro para la operación del equipo.

**4.6.4 Bloqueos de comunidades vecinas a los proyectos:** Esta situación es bastante común en nuestro país y se presenta especialmente al inicio de proyectos como el arme de facilidades. Aunque los bloqueos de la comunidad requieren un tratamiento especial desde las áreas de relacionamiento tanto de las empresas operadoras como las de servicio, es un factor que afecta considerablemente los tiempos de arme de las facilidades y si no hay un entendimiento entre empresas y no se visualiza ese escenario, seguramente se harán efectivas cláusulas de incumplimiento por demoras en el arme e inicio de producción del pozo.

#### **4.7 CONSOLIDADO DE TIEMPOS PARA EL ARME DE FACILIDADES PARA PRUEBAS DE PRODUCCIÓN.**

En los cuadros 24 y 25 se relacionan los consolidados de tiempos estimados del arme de una facilidad de acuerdo a lo mostrado en los capítulos anteriores.

Cuadro 24. Consolidado de tiempo para izaje y ubicación de equipos.

Equipo	Tiempo (min)
--------	--------------

Tanques de almacenamiento	120*n <sub>1</sub>
Gun Barrel	255*n <sub>2</sub>
Tea	85
Separador/Choke	95
Pasarelas	100*p
Cargadero	120
Equipos área de generación	144

n<sub>1</sub> = cantidad de tanques de almacenamiento.

n<sub>2</sub> = cantidad de gun barrel.

p = cantidad de pasarelas.

Cuadro 25. Consolidado de tiempo para conectar mecánicamente los equipos de la facilidad de acuerdo al tipo de unión.

<b>Tipo unión</b>	<b>Tiempo (min)</b>
Unión de golpe	7min x número de conexiones de unión universal.
Unión bridada	12 min x número de uniones bridadas.

## 5. CONCLUSIONES.

Se plantea una metodología para el armado de equipos de prueba de producción lo cual contribuye a establecer de manera clara el tiempo requerido para la ubicación y conexionado de los equipos que conforman la facilidad.

El arme de facilidades para pruebas iniciales de producción, es un proceso que requiere de atención y son varios los factores tales como los recursos humanos, recursos materiales, y eventos fuera de control que deben ser tenidos en cuenta para ejecutar dicha actividad de forma segura y con cronogramas planeados.

El recurso humano al realizar el trabajo requerido para armar la facilidad, naturalmente realizará un gasto energético que dependerá de componentes como el metabolismo basal, metabolismo postural, metabolismo por actividad y el metabolismo por desplazamiento. Ese gasto energético mediante la ayuda de herramientas ergonómicas se puede estimar de tal forma que al final se puede establecer como el recurso humano impacta el tiempo de arme de la facilidad para para pruebas de producción.

Los recursos materiales como las ayudas mecánicas, especialmente la grúa telescópica es fundamental para el arme de facilidades, lo que requiere una correcta planeación del uso del equipo y las capacidades de trabajo que puede ofrecer para el izaje y ubicación de los equipos.

El tiempo de armado de la facilidad es función de: instalación de la geomembrana, tiempo del izaje y ubicación de equipos, la cantidad de uniones de golpe, la cantidad de uniones bridadas, y los eventos que impactan en el tiempo de arme como el clima adverso, bloqueos de comunidades, y fallas del recurso material.

Durante la planeación del arme de la facilidad deben ser tenidos en cuenta algunos factores que son difíciles de controlar tales como condiciones climáticas, fallas de equipos de izaje, y bloqueos de comunidades vecinas al proyecto, por lo cual se debe tener planes de contingencia para actuar de forma oportuna en caso de que se presenten, y además deben ser concertados entre empresas de servicios y empresas operadoras.

## 6. RECOMENDACIONES.

El recurso humano es parte fundamental en el armado de las facilidades especialmente en el conexionado mecánico de los equipos, actividad que requiere de un gran gasto energético por parte del operador de arme. En este documento se usó una herramienta ergonómica virtual para el cálculo del gasto energético la cual se basa en mediciones realizadas en actividades similares al arme de una facilidad. Sin embargo se sugiere que a futuro se realice un estudio ergonómico con mediciones en personas que estén ejecutando el arme y que incluyan mediciones de las condiciones climáticas a las que están expuestas durante la ejecución del mismo, tales como radiación solar, humedad, y temperatura.

Una situación que puede generar traumatismo en el arme de las facilidades de pruebas de producción es la disponibilidad continua del equipo de izaje, debido a que este equipo es utilizado en otras actividades simultaneas como arme de equipos de workover, taladros de perforación, etc. Por lo tanto se recomienda realizar un cronograma muy bien detallado y específico del tiempo requerido en el cual se utilizará la grúa y concertar con el cliente como se manejará la disponibilidad de la misma de tal manera que los tiempos inicialmente establecidos para el arme no se vean afectados.

## BIBLIOGRAFÍA.

BOSCAN, J., Almanza, E., & Wendler, C. (2003, January). Successful Well Testing Operations in High-Pressure/High-Temperature Environment: Case Histories. In SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución número 0048. Por la cual se establecen medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos convencionales continentales y costa afuera. 16 de Enero de 2015. 1-13 p.

DIEGO-MAS, Jose Antonio. Estimación de la tasa metabólica. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. [Consulta 01-08-2020]. Disponible online: <http://www.ergonautas.upv.es/herramientas/tasamet/tasamet.php>.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO Facultad Ingeniería Industrial Gasto energético protocolo. Laboratorio de producción. Curso de ergonomía. 2008-1.

GOMEZ, Hernandez Adriana, CASTILLO Julie Ximena. Definición de estándares operativos para tanques atmosféricos y vasijas de almacenamiento de líquido a presión. Trabajo de grado ingeniería de petróleos. Bucaramanga. Universidad industrial de Santander. Facultad ingenierías fisicoquímicas. 2007.

MORENO, P. (2013). Manual de Recomendaciones Técnicas y Buenas Practicas para el Diseño Montaje y Operación de Pruebas Iniciales de Producción Caso : Pozos Exploratorios de Petrominerales Colombia.

NFPA30. Flammable and Combustible Liquids Code. (Código de Líquidos inflamables y Combustibles). Traducido y editado en español bajo licencia NFPA, por el instituto Argentino de Normalización. Edición 1996. 30-17 p.

Oil and chemical plant layout and spacing. A publication of Global asset protection services. GAP.2.5.2 September 3, 2001.

PACHON, S. E. Propuesta técnico económica para la implementación de equipos de superficie móviles en las pruebas iniciales de producción de Petrominerales.

## ANEXOS.

**Anexo A** Ejemplo de numeral asociado a una licitación para facilidades de pruebas de producción.

- 9.1.7. El Contratista será responsable del suministro de personal, equipos, materiales, accesorios, montaje mecánico de los equipos suministrados, desde la cabeza de pozo o el punto definido por [REDACTED], hasta el sistema de despacho o disposición final de los fluidos (gas, crudo y/o agua); esta conexión incluye el acondicionamiento mecánico, pruebas hidrostáticas y de llenado, sistemas de acceso (pasarelas, escaleras y sistema de puesta tierras) y los sistemas de seguridad y de emergencia del proceso. Los costos generados durante el proceso de montaje mecánico de los equipos serán cubiertos en su totalidad por El Contratista.

Licitación de una empresa operadora respecto al arme de la facilidad para pruebas iniciales. En este caso se resalta la última frase *“Los costos generados durante el proceso de montaje mecánico de los equipos serán cubiertos en su totalidad por El Contratista”*. Cuando las empresas de servicio asumen los costos de la etapa de arme, lo que puede ocurrir es ofertar un arme con tiempos de ejecución fuera de la realidad, debido a:

- Poca cantidad de personal para ejecutar el arme en relación con el tiempo propuesto. Menos personal significa menores costos.
- Planeación de las grúa por días y no por horas efectivas de trabajo de la grúa.
- No se tiene en cuenta situaciones fuera de control como las condiciones climáticas.

**Anexo B** Ejemplo de numeral asociado a una licitación para facilidades de pruebas de producción.

II

(a) Mobilization shall be treated as complete only when all the equipment and personnel have been mobilized at the specified location and are placed and hooked up completely till the acceptance of the equipment by [REDACTED] representative for commencement of operation.¶

(d) Demobilization shall be treated as complete only when all the equipment and personnel have been moved/transported from the site. Demobilization period shall be considered since the stop-/closing of the well on conclusion of testing till loading & Transport of oil and water for disposal, cleaning all tanks and restoration of the site.¶

Licitación de otra empresa operadora. Aquí, tanto el arme como el desarme se unifican con las etapas de movilización y desmovilización. En este caso de deberá tener en cuenta posibles demoras en la movilización de equipos que al final generará demoras en el tiempo de arme de la facilidad. También se deberá tener en cuenta los tiempos que la grúa usará para el descargue de equipos, diferente al tiempo de izaje y ubicación de equipos.