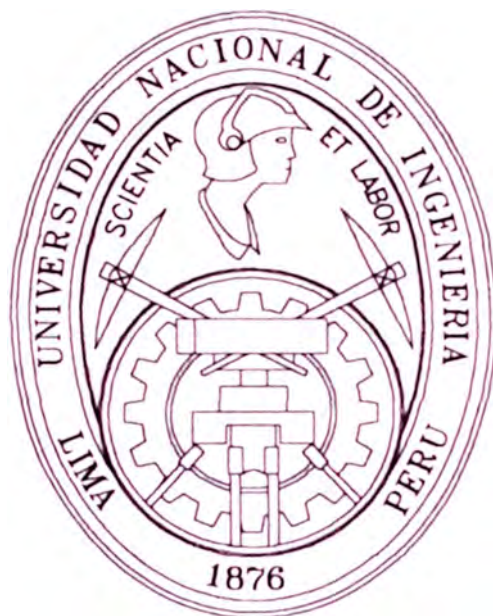


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**INFORME DE INGENIERIA PARA OPTAR EL TITULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO  
ELECTRICISTA**

**“REPARACION DEL OLEODUCTO NOR PERUANO CRUCE CON  
EL RIO MARAÑON”**

**RODOLFO MIGUEL GONZALES MOREYRA**

PROMOCION 70 I

LIMA - PERU  
2000

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Mecánica**

**INFORME DE INGENIERIA PARA OPTAR LA TITULACION PROFESIONAL EN  
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA**

**TITULO                    REPARACIÓN DEL OLEODUCTO NOR-PERUANO  
                                 CRUCE CON EL RIO MARAÑÓN**

**AUTOR                    RODOLFO MIGUEL GONZALES MOREYRA**

**LIMA – 2000**

**RESUMEN**

El objetivo del presente Informe es dar a conocer todo el procedimiento involucrado en la reparación del Oleoducto Norperuano.

Cuando la fabricación ó reparación de equipos es realizada por soldadura, no solo es necesario conocer las propiedades de los materiales involucrados (metal base y metal aporte) sino es necesario garantizar que ésta unión resista de la misma forma que los materiales empleados. En la soldadura por los efectos generados por la temperatura no es suficiente conocer las propiedades del metal base y del metal de aporte; es preciso conocer las propiedades de la junta soldada; es decir; del metal base, de la zona afectada térmicamente y de la



soldadura en conjunto. Para conocer estos efectos se realiza un documento conocido como especificación de procedimiento (WPS – Welding Procedure Specification), en el que se establece los puntos más resaltantes que deben ser considerados en la unión de las partes, el cual es ejecutado para someterlo a una serie de pruebas que permitan su calificación de acuerdo a lo establecido en las Normas y/o Códigos respectivos.

Cuando se satisface los requisitos de los exámenes se califica el procedimiento (PQR – Procedure Qualification Record) y éste puede ser utilizado en el proceso de soldeo.

Los requisitos de resistencia mecánica para las juntas soldadas se basan en la existencia de discontinuidades en cantidad, tipo y dimensiones *aceptables* para estas juntas. Ocurre que la calidad de la soldadura depende entre otros factores, de la habilidad del elemento humano que ejecuta la soldadura.

Antes que un soldador u operador de soldadura ejecute soldadura de producción, es necesario que se tenga la certeza de esta habilidad. Para ello se han desarrollado varias pruebas y criterios de evaluación determinados por la Norma y/o Códigos aplicables que permitan garantizar tal habilidad.

Este trabajo no solo detalla las condiciones para seleccionar los materiales adecuados y los procedimientos de calificación antes mencionados, sino también detalla los procedimientos de inspección aplicados a la junta soldada, de manera que todas y cada una de ellas satisfagan plenamente los requisitos establecidos por la Norma y/o Código en uso.

Se establecen también algunas consideraciones para el proceso de protección superficial :arenado y pintado. Así como las consideraciones a tener en cuenta para la prueba hidrostática a ejecutar a la tubería en su totalidad o por tramos , según sea el caso específico de la Obra.

# REPARACIÓN DEL OLEODUCTO NOR-PERUANO CRUCE CON EL RIO MARAÑON

## INDICE

CAPITULO 1 INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 2 ANTECEDENTES .....	7
2.1. Ruptura de tubería en el cruce del Río Marañón .....	7
2.2. Causa probable de la ruptura .....	8
2.3. Alternativas de solución.....	9
2.4. Términos de referencia para la Contratación de la Obra.....	10
2.4.1. recepción y carga de los materiales .....	10
2.4.2. Sección de tubería de 24" de diámetro .....	10
2.4.3. Códigos, Estándares y Especificaciones Aplicables .....	11
2.4.4. Perforación direccional del cruce. ....	11
2.4.5. Válvulas de bola de 24" .....	11
2.4.6. Carrete de conexión de la Tubería .....	11
2.4.7. Enzanjamiento de la tubería.....	12
2.4.8. Pruebas hidrostáticas y detección de fugas. ....	12
2.4.9. Estaciones de prueba de protección catódica (CP).....	12
2.4.10. Recubrimiento de las juntas de campo.....	12
2.5. Perforación Dirigida Horizontal .....	13
2.5.1. Generalidades .....	13
2.5.2. Operaciones de Perforación Dirigida -Agujero Piloto .....	14
2.5.3. Operaciones de Perforación Dirigida-Rimado.....	16
2.5.4. Halado del Varillón .....	17
2.6. Proyecto de Excavación Protegida .....	18

CAPITULO 3 PROCEDIMIENTOS PARA LA REPARACIÓN .....	30
3.1. Especificaciones para la soldadura de la Línea .....	30
3.1.1. Alcance .....	30
3.1.2. Códigos, Estándares y Especificaciones aplicables .....	31
3.1.3. Especificaciones de la Soldadura .....	31
3.1.3.1 Material de la tubería .....	31
3.1.3.2 Grupos de espesores .....	37
3.1.3.3 Metal de aporte .....	37
3.1.3.4 Diseño de junta y electrodo .....	40
3.1.3.5 Características eléctricas .....	43
3.1.3.6 Secuencia y posición de soldadura .....	45
3.1.3.7 Secuencia del cordón y temperatura entre pases .....	46
3.1.3.8 Enmantequillado .....	46
3.1.3.9 Requerimientos de relevamiento de tensiones .....	46
3.1.3.10 Control de la temperatura durante la soldadura .....	48
3.1.3.11 Alineamiento de juntas y posicionado durante la soldadura .....	51
3.1.3.12 Preparación y limpieza de las juntas .....	52
3.1.3.13 Cuidados con electrodos recubiertos .....	52
3.2. Calificación del Procedimiento de Soldadura .....	53
3.2.1. Validez de la Especificación del Procedimiento (WPS) .....	53
3.2.2. Calificación de un nuevo WPS .....	54
3.2.3. Variables esenciales .....	54
3.2.4. Soldadura de las Probetas .....	55
3.2.4.1 Material .....	56
3.2.4.2 Espesor de pared .....	56
3.2.4.3 Diámetro .....	56
3.2.4.4 Localización de la soldadura .....	56
3.2.5. Prueba estándar de Calificación del Procedimiento .....	57
3.2.6. Prueba radiográfica .....	59

3.2.7. Prueba de dureza .....	59
3.2.8. Prueba de Fractura Charpy.....	60
3.2.9. Prueba de susceptibilidad a la fisuración del cordón de raíz.....	63
3.3. Calificación de Soldadores .....	64
3.3.1. Alcances .....	64
3.3.2. API Estándar 1104.....	65
3.3.2.1 Prueba de calificación simple.....	65
3.3.2.2 Calificación múltiple .....	66
3.3.3. ASME Sección IX .....	67
3.3.3.1 Re-exámen de Soldadores .....	67
3.3.3.2 Registros .....	67
3.4. Reparación de Soldadura.....	68
3.4.1. Especificación del Procedimiento.....	68
3.4.2. Diseño de junta y electrodo de soldadura.....	69
3.4.3. Características eléctricas.....	69
3.4.4. Dirección vertical de soldadura .....	69
3.4.5. Relevos de Refuerzos .....	70
3.4.6. Control de Temperaturas .....	70
3.4.7. Método de remoción de defecto.....	75
3.4.8. Cuidados con los electrodos .....	75
3.4.9. Preparación de la junta a reparar .....	75
3.4.10. Ensayos no destructivos aplicados a la reparación .....	75
3.4.11. Pruebas de calificación del procedimiento.....	76
3.4.11.1 Variables esenciales.....	76
3.4.11.2 Pruebas de calificación .....	77
3.4.11.3 Tipo y número de muestras .....	77
3.5. Recubrimiento de las juntas soldadas .....	93
3.5.1. Preparación de superficies, aplicación e inspección de recubrimiento de las juntas soldadas.....	93

3.5.1.1 Alcance .....	93
3.5.1.2 Terminología .....	93
3.5.1.3 Referencias .....	93
3.5.1.4 Materiales .....	94
3.5.2. Requisitos de ejecución-preparación de superficie .....	94
3.5.2.1 Limpieza química .....	94
3.5.2.1.1 Generalidades .....	94
3.5.2.1.2 Procedimiento .....	95
3.5.2.1.3 Aspecto .....	96
3.5.2.1.4 Precauciones .....	96
3.5.2.2 Limpieza manual .....	96
3.5.2.2.1 Generalidades .....	96
3.5.2.2.2 Aspecto .....	97
3.5.2.2.3 Aceptación de la superficie limpia: .....	97
3.5.2.3 Limpieza con abrasivos .....	98
3.5.2.3.1 Generalidades .....	98
3.5.2.3.2 Procedimiento .....	98
3.5.2.3.3 Aspecto .....	99
3.5.2.3.4 Aceptación de la superficie limpia .....	99
3.5.2.3.5 Tiempo máximo para recubrir .....	99
3.5.3. Requisitos de los materiales para arenado .....	100
3.5.4. Aplicación del recubrimiento .....	101
3.5.4.1 Generalidades .....	101
3.5.4.2 Con brocha de pelo o rodillo .....	101
3.5.4.3 Aspersión .....	101
3.5.4.3.1 Equipos de aspersión .....	101
3.5.5. Fallas de recubrimiento .....	102
3.5.5.1 Generalidades .....	102
3.5.5.2 Discontinuidades de la película .....	102

3.5.5.3 Falta de adherencia .....	102
3.5.5.4 Ampollamiento .....	103
3.5.5.5 Agrietamiento .....	103
3.5.5.6 Corrugado .....	104
3.5.5.7 "Caleo" .....	104
3.5.5.8 Corrosión bajo película .....	104
3.5.6. Inspeccion del recubrimiento .....	104
3.5.6.1 Preparación de la superficie .....	105
3.5.6.2 Revisión del equipo .....	105
3.5.6.3 Viscosidad del recubrimiento .....	106
3.5.6.4 Espesor de Película .....	106
3.5.6.4.1 Espesor de películas húmedas, .....	106
3.5.6.4.2 Espesor de película seca .....	106
3.5.6.5 Continuidad de la película .....	107
3.5.6.6 Adherencia .....	107
3.5.7. Recubrimiento epóxico fusión-bonded para las juntas soldadas .....	107
3.5.7.1 Preparación superficial .....	108
3.5.7.2 Inspección superficial .....	108
3.5.7.3 Aplicación del recubrimiento .....	109
3.5.7.3.1 Precalentamiento .....	109
3.5.7.3.2 Terminal de tubería .....	109
3.5.7.3.3 Espesores .....	109
3.5.7.3.4 Enfriamiento .....	109
3.5.7.3.5 Imperfecciones .....	109
3.5.7.4 Reparaciones del recubrimiento .....	110
3.5.7.4.1 Defectos menores .....	110
3.5.7.4.2 Defectos mayores .....	110
3.5.8. Juntas soldadas en campo .....	111
3.5.8.1 Preparación .....	111

3.5.8.1.1 Aplicación de la resina;	111
3.5.8.1.2 Inspección	112
3.5.8.2 Recubrimiento externo Powercrete	112
3.5.8.2.1 Reparaciones	113
CAPITULO 4 INSPECCIÓN DE SOLDADURA	122
4.1. Especificaciones del procedimiento de Inspección Visual	122
4.1.1. Alcance	122
4.1.2. Normas, Códigos o Estándares aplicados	122
4.1.3. Condiciones Generales	123
4.1.3.1 Procedimiento de inspección	123
4.1.3.2 Método de ensayo	124
4.1.3.3 Iluminación	124
4.1.3.4 Estado de las superficies	125
4.1.3.5 Preparación de las superficies	125
4.1.3.6 Registro de resultados	125
4.1.3.7 Calificación del procedimiento de inspección	126
4.1.3.8 Revisión o recalificación del procedimiento	126
4.2. Procedimiento de inspección visual	127
4.2.1. Objetivo	127
4.2.2. Discontinuidades a ser examinadas	127
4.2.2.1 Bisel	127
4.2.2.1.1 Bisel de fábrica	127
4.2.2.1.2 Bisel de campo	128
4.2.2.2 Alineamiento	128
4.2.2.3 Limpieza entre costuras	128
4.2.2.4 Penetración inadecuada	128
4.2.2.5 Falta de fusión	129
4.2.2.6 Concavidad	129

4.2.2.7 Socavación.....	129
4.2.2.8 Porosidades .....	129
4.2.2.9 Fisuras .....	129
4.2.2.10 Refuerzos o sobremonta .....	129
4.2.2.11 Otros (Ver Figura 41).....	130
4.2.3. Relación de Items a verificar durante la obra soldada .....	130
4.2.3.1 Antes del inicio de la soldadura.....	130
4.2.3.1.1 Ambiente de trabajo .....	130
4.2.3.1.2 Ambiente de la soldadura: .....	130
4.2.3.1.3 Condiciones de seguridad e higiene .....	130
4.2.3.1.4 Materiales consumibles .....	131
4.2.3.1.5 Estado de los materiales de consumo .....	131
4.2.3.1.6 Estado de los equipos disponibles.....	131
4.2.3.1.7 Etapa de fabricación.....	131
4.2.3.1.8 Limpieza de superficies a soldar.....	131
4.2.3.1.9 Precalentamiento .....	132
4.2.3.2 Relación de Items a verificar durante la soldadura.....	132
4.2.3.2.1 Corriente de soldadura .....	132
4.2.3.2.2 Tensión de soldeo .....	132
4.2.3.2.3 Secuencia de soldeo .....	132
4.2.3.2.4 Manipulación de electrodos .....	132
4.2.3.2.5 Disposición de cordones .....	132
4.2.3.2.6 Condiciones superficiales entre cordones intermedios.....	132
4.2.3.2.7 Diámetro de los electrodos.....	132
4.2.3.2.8 Temperatura entre pases.....	133
4.2.3.2.9 Remoción de escoria de cordones después del pase en caliente .	133
4.2.3.3 Items a inspeccionar al término de la soldadura .....	133
4.2.3.3.1 Apariencia y defectos .....	133
4.2.3.3.2 Dimensiones .....	133



4.2.3.3.3 Tratamiento final.....	133
4.2.3.3.4 Defectos internos .....	133
4.2.4. Condiciones requeridas de la superficie a ser examinada .....	134
4.2.5. Métodos de ensayo visual.....	134
4.2.6. Equipos e instrumentos empleados .....	135
4.2.6.1 Calibradores de soldadura .....	135
4.2.6.1.1 Calibradores de campo .....	135
4.2.6.2 Calibradores especiales .....	135
4.2.7. Criterios de aceptación .....	136
4.2.7.1 Socavación.....	136
4.2.7.2 Alineamiento.....	136
4.2.7.3 Refuerzo o sobremonta .....	136
4.2.8. Inspección visual- Calificación de Soldador .....	137
4.2.8.1 API 1104 - 3.4 .....	137
4.2.8.2 Otros .....	138
4.3. Resultados de inspección visual.....	144
4.4. Procedimiento de Inspección Radiográfica (Método Gammagráfico).....	165
4.4.1. Objetivo .....	165
4.4.2. Material y rango de espesores a radiografiar .....	165
4.4.3. Tipo de fuente.....	165
4.4.4. Dimensiones mínimas de la fuente .....	165
4.4.5. Técnica radiográfica .....	166
4.4.5.1 Pared doble/ vista simple ;.....	166
4.4.5.2 Pared simple/vista simple ; .....	166
4.4.6. Posición de la fuente en relación al equipo.....	166
4.4.6.1 Soldadura .....	166
4.4.6.2 Soldadura en chapas planas.....	166
4.4.6.3 Distancia mínima fuente-película (D.F.P.) .....	166
4.4.6.4 Esquema de disposición para tuberías .....	168

4.4.7. Películas radiográficas .....	168
4.4.7.1 Cantidad .....	168
4.4.7.2 Dimensiones.....	168
4.4.7.3 Marcas Comerciales .....	168
4.4.7.4 Tipo de películas .....	168
4.4.8. Pantallas intensificadoras y filtros de protección contra la radiación dispersa .....	169
4.4.8.1 Pantallas intensificadoras .....	169
4.4.8.2 Filtros de protección .....	169
4.4.9. Montaje de películas y descripción del método de marcación de posición	170
4.4.9.1 Montaje .....	170
4.4.9.2 Marcación de posición .....	170
4.4.9.3 Densidad .....	171
4.4.9.4 Indicadores de calidad de imagen.....	171
4.4.9.4.1 Indicador de hilos DIN 54109.....	172
4.4.9.5 Indicadores americanos de espesor constante .....	175
4.4.9.5.1 Indicadores ASTM (4T-T-2T) .....	175
4.4.9.6 Situación de los indicadores .....	180
4.4.9.7 Número de indicadores.....	183
4.4.10. Esquema y sistema de identificación de radiografías .....	184
4.4.11. Estado disponible de las superficies a examinar .....	185
4.4.12. Método y herramienta para la preparación superficial.....	185
4.4.13. Datos del laboratorio radiográfico.....	185
4.4.14. Descripción de la ejecución radiográfica y procesamiento de la película	186
4.4.14.1 Ejecución de la radiografía.....	186
4.4.14.2 Procesamiento de películas.....	187
4.4.14.2.1 Almacenamiento.....	187
4.4.14.2.2 Ambiente de procesado.....	188
4.4.14.2.3 Revelado .....	188

4.4.14.2.4 Baño de parada.....	189
4.4.14.2.5 Primera lavada.....	189
4.4.14.2.6 Fijado.....	189
4.4.14.2.7 Segunda lavada.....	189
4.4.14.2.8 Baño final.....	190
4.4.14.2.9 Secado.....	190
4.4.14.3 Aprobaciones.....	190
4.4.14.4 Distribución de defectos.....	190
4.4.14.5 Almacenamiento de películas.....	190
4.4.14.6 Exigencias generales.....	191
4.4.15. Protección radiológica.....	191
4.4.15.1 Exigencias generales.....	191
4.4.15.1.1 Operación normal.....	191
4.4.15.1.2 Monitoreo Individual.....	192
4.4.15.1.3 Monitoreo del área.....	192
4.4.15.1.4 Desarrollo de los trabajos.....	192
4.4.15.2 Situaciones de emergencias.....	192
4.4.16. Mapa de registros de resultados.....	193
4.4.16.1 Soldadura longitudinal y circunferencial.....	193
4.4.17. Informe radiológico (Formulario).....	193
4.4.18. Patrones de aceptación.....	193
4.4.18.1 Para recipientes de presión e intercambiadores de calor:.....	193
4.4.18.2 Tuberías.....	194
4.4.18.3 Otros.....	194
4.4.19. Criterio de Aceptación API 1104-Sección 6 -1992.....	196
4.4.19.1 Estandar de aceptacion para E.N.D. – Ensayo Radiográfico.....	196
4.4.19.1.1 Penetración Inadecuada (IP).....	196
4.4.19.1.2 Penetración Inadecuada debido a Desalineamiento (IPD).....	196
4.4.19.1.3 Fusión Incompleta (IF).....	196

4.4.19.1.4 Fusión Incompleta debido a tramo frío (IFD).....	197
4.4.19.1.5 Concavidad Interna (IC) .....	197
4.4.19.1.6 Quemones (BT).....	198
4.4.19.1.7 Inclusiones de Escoria (ESI).....	198
4.4.19.1.8 Porosidad.....	200
4.4.19.1.8.1 Porosidad individual o dispersa (P) .....	200
4.4.19.1.8.2 Porosidad agrupada (CP).....	200
4.4.19.1.8.3 Porosidad alineada en el cordón de raíz (HB) .....	201
4.4.19.1.9 Fisuras .....	201
4.4.19.1.10 Socavación (Mordedura) .....	201
4.4.19.1.11 Acumulación de Discontinuidades.....	202
4.4.19.1.12 Discontinuidades en Tuberías o Accesorios (Fittings).....	202
4.4.20. Especificaciones para la inspección radiográfica.....	203
4.4.20.1 Procedimiento radiográfico .....	203
4.5. Resultados de la Inspección Radiográfica.....	219
4.6. Procedimiento de prueba hidrostática .....	231
4.6.1. Alcance.....	231
4.6.2. Códigos y Normas .....	231
4.6.3. Plan de pruebas.....	231
4.6.4. Materiales y equipo facilitados por el Contratista.....	232
4.6.5. Calibración y localización de los instrumentos de prueba .....	234
4.6.6. Fabricación y prueba de cabezales .....	235
4.6.7. Requerimientos de prueba preliminar para cruces .....	236
4.6.8. Prueba de montaje .....	238
4.6.9. Fuentes de agua.....	240
4.6.10. Vaciado y secado.....	240
4.6.11. Montaje de las secciones probadas .....	242
4.6.12. Registro de Prueba Hidrostática .....	242
4.6.13. Comunicaciones .....	244

4.6.14. Fugas y fallas.....	244
4.6.15. Seguridad .....	245
4.7. Resultados de Prueba Hidrostática .....	246
CAPITULO 5 FALLA PRESENTADA DURANTE LA REPARACION .....	247
5.1. Primer daño ocasionado a la tubería.....	247
5.2. Segundo daño a la tubería .....	249
5.3. Procedimiento de reparación.....	250
5.3.1. Primer procedimiento de reparación .....	250
5.3.2. Segundo procedimiento de reparación .....	251
5.3.3. Tercer procedimiento de reparación.....	251
5.3.4. Cuarto procedimiento de reparación .....	252
5.4. Decisión final.....	252
5.5. Continuación del cruce .....	253
5.5.1. Prueba hidrostática y lanzamiento de Caliper .....	254
5.5.1.1 El Caliper de Prueba.....	255
5.6. Empalme del Oleoducto .....	255
5.7. Instalación de Anodos de Sacrificio .....	257
Conclusiones.....	273
Bibliografía.....	275

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION**

El Oleoducto Nor-Peruano transporta crudo a través de diversas estaciones de bombeo desde las zonas de explotación petroleras en la selva peruana hacia un terminal de despacho en la costa de la Región Grau.

Las actividades que involucra la operación del Oleoducto están relacionadas con el transporte del crudo y con las labores de mantenimiento para preservar la integridad de la tubería e instalaciones, que bajo condiciones normales solo es afectada por corrosión y deterioro por uso.

Sin embargo, el riesgo de aparición de factores imprevistos que afectan a la tubería, como derrumbes o desbordes de río, han obligado el desarrollo de planes de contingencia y tecnología de ingeniería para reestablecer en el más breve plazo el transporte de crudo a partir del cual se obtendrá por refinación: diesel, gasolina, kerosene y demás derivados de petróleo.

Gracias a dichos planes de contingencia, se pudo reestablecer rápidamente el transporte de crudo, cuando en 1994 se produjo la rotura de la tubería en el tramo correspondiente al cruce, bajo el lecho del río Marañón.

En esa oportunidad se estableció un transporte fluvial que mediante barcas y remolcadora llevaba el crudo en tanques de una margen del río hacia la otra y se montaron todas las facilidades necesarias para recibir el crudo en un lado e introducirlo nuevamente al Oleoducto en el otro lado del río.(Ver Gráficos 1 y.2).\*

*\* Gráficos 1 y 2 en Pagina 4.*

Esta medida provisional y que representaba un alto costo operativo se mantuvo mientras el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento desarrollaba un nuevo diseño y construyera el cruce que evitará la repetición de la falla presentada.

Es así que se proyectó la ejecución de una perforación dirigida, realizada a 150m. de las márgenes del río y a 20m. de profundidad debajo del lecho del río, practicando un agujero de 40" de diámetro, para posteriormente hacer pasar a través de él una tubería de 24" de diámetro, 0.525" de espesor y 1000m. de longitud aproximadamente. De este modo se logra una mayor protección del tubo, reduciéndose drásticamente el riesgo de una falla similar. (Ver Gráficos 3 y 4) \*

Para tal fin PETROPERU convoca a Licitación la Obra de Reparación, la cual es ganada en Septiembre 1994 por ARB Inc., compañía americana con amplia experiencia en cruces de esta naturaleza (17 cruces a nivel mundial).

La supervisión general es otorgada a Gulf Interstate Engineering y Control Service S.A. fue seleccionada para la supervisión de soldadura y conexiones de la nueva tubería al Oleoducto, encargándonos la responsabilidad directa de la supervisión para lo cual se programaron los viajes a la localidad, efectuándose el primer viaje del 09 de Octubre al 02 de Noviembre de 1994, el segundo viaje del 06 al 18 de Diciembre del 1994. El tercero entre el 27 de Enero al 14 de Febrero de 1995 y el cuarto, último viaje, entre el 03 de Octubre y 03 de Noviembre de 1995, fecha en la que se culmina el trabajo de reforestación y desactivación de campamentos.

El presente informe contiene los detalles del trabajo desarrollado durante la reparación de la tubería del Oleoducto.

El Capítulo II "Antecedentes" presenta lo ocurrido en el cruce del río, las alternativas planteadas, la decisión de como se realizaría el cruce y como se desarrollo la ejecución de la perforación dirigida por debajo del lecho del río.

\* Gráficos 3 y 4 en Páginas 5 y 6 respectivamente.

El Capítulo III "Procedimiento de Reparación" explica los procedimientos y la tecnología de soldadura aplicados para asegurar una perfecta unión mecánica y metalúrgica de los tubos que constituyen el tramo reparado.

El Capítulo IV "Inspección de la Soldadura" trata los procedimientos de inspección aplicados, de acuerdo a los requerimientos establecidos en los Códigos ASME Sección IX y API 1104, durante la fabricación del tramo reparado.

El Capítulo V "Falla presentada durante la Reparación" detalla los dos problemas presentados durante la reparación que afectaron la tubería principal, la cual se encontraba enterrada a 16m. de profundidad y a 100m. de la orilla de la margen derecha del río. Se detallan todas las posibles alternativas de solución a los problemas y la alternativa óptima de salida hacia la superficie en dicha margen, culminando con la unión a los dos tramos del Oleoducto Nor-Peruano en ambas márgenes del río, hasta reiniciar el bombeo directo.

Confío que, quien haga uso del material del presente informe obtenga datos técnicos relacionados con la soldadura e inspección de tuberías que le sean de utilidad tanto para el tendido como para las reparaciones de futuras instalaciones de Oleoductos.

Por último mi agradecimiento a quienes hicieron posible mi presencia en la zona; al personal del Dpto. de Ingeniería y Mantenimiento; Ingenieros Juan José Vásquez, Roberto Camino, Elias Fox; y en especial a la Supervisión General (Gulf Interstate Engineering) en la persona del Ing. José Meruelo por su invaluable apoyo durante el tiempo de mi permanencia en obra, permitiéndome culminar exitosamente la responsabilidad encomendada.





Gráfico 1.- Zona de carga de barcazas en margen izquierda



Gráfico 2.- Zona de descarga de las barcazas en margen derecha

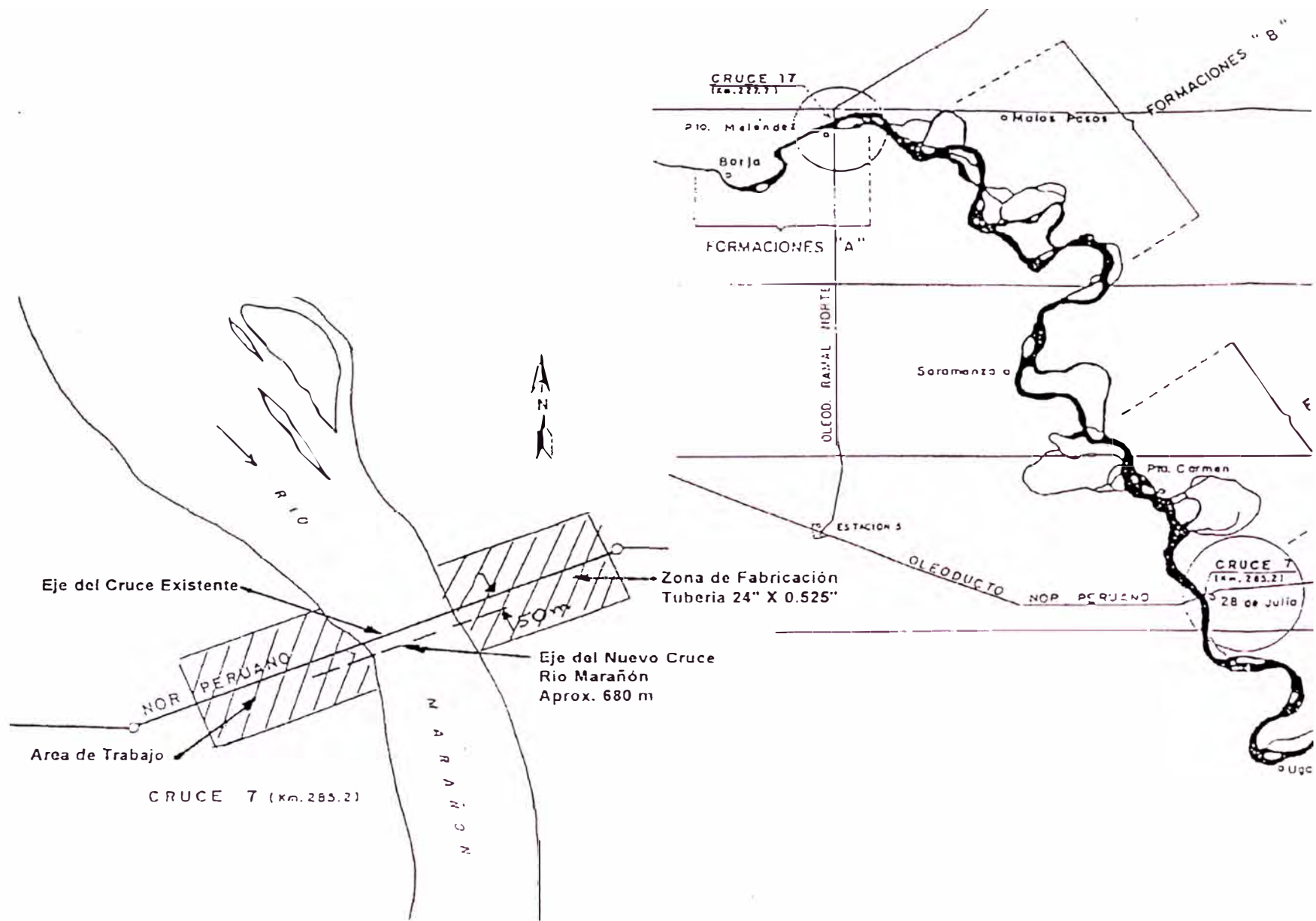


Gráfico 3 – Eje del cruce por perforación dirigida



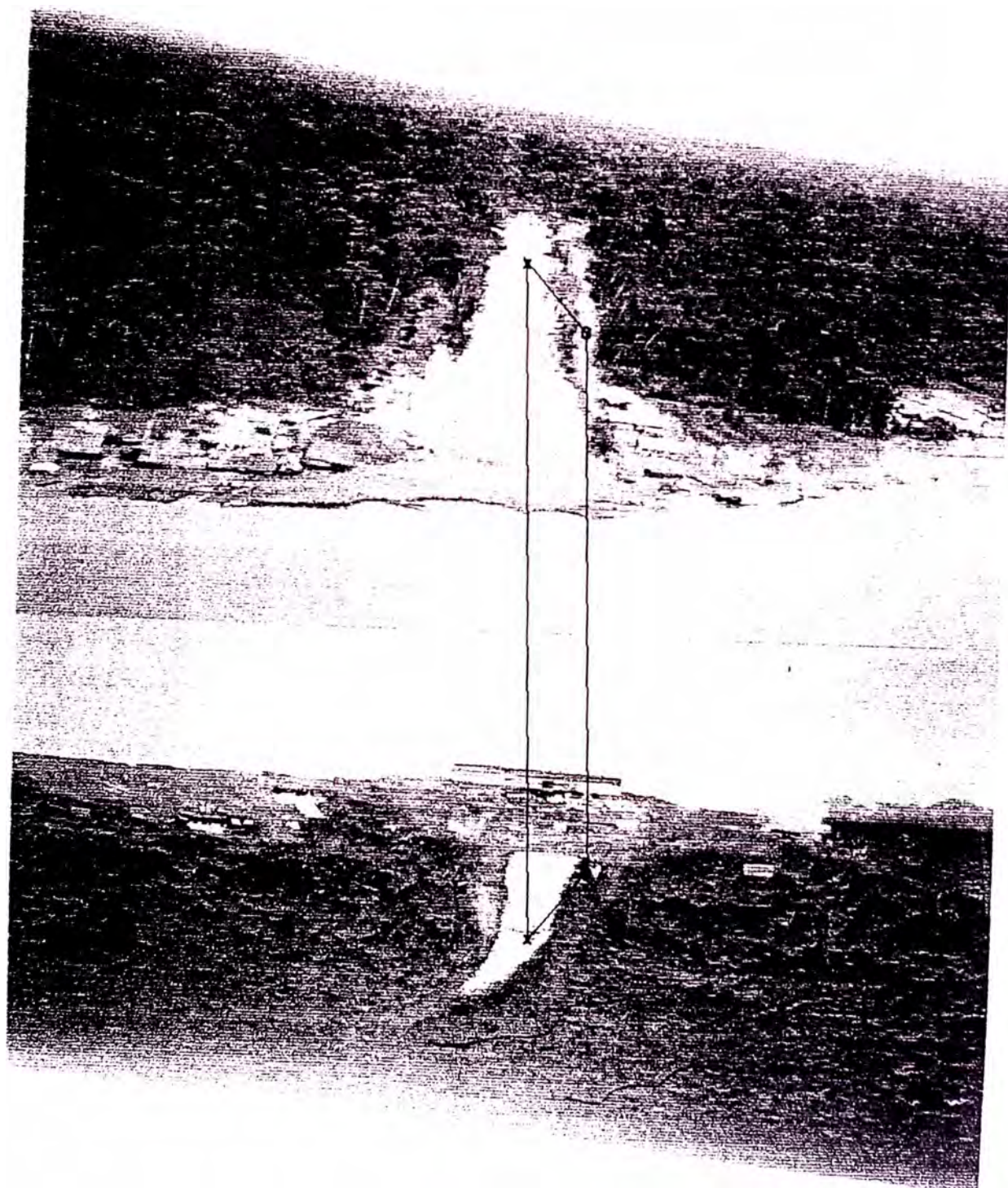


Gráfico 4- Zona del cruce, con los canales a ambos lados

## **CAPITULO II**

### **ANTECEDENTES**

#### **2.1. Ruptura de tubería en el cruce del Río Marañón**

El Oleoducto cruza perpendicularmente al río Marañón en forma enterrada a aproximadamente 4.5m por debajo del lecho del río. En esa zona el río Marañón es un río navegable circundado por frondosa vegetación en cuyos lados todavía se observan los canales que fueron excavados durante la construcción del Oleoducto y que están separados del río por diques de relleno compactado con grava arenosa, extraída de una isla localizada aguas abajo del río (Ver Gráfico 5). \*

En el cruce del Oleoducto, el río tiene aproximadamente 500m. de ancho y 18m. de profundidad, su caudal varía entre 9,800 y 13,000 m<sup>3</sup>/seg. con una velocidad promedio entre 1.8 y 2.9 m/seg. La creciente del río ocurre durante los meses de Noviembre a Marzo, con un descenso en Mayo a Septiembre, siendo en el mes de Marzo de 1994, donde se registro la creciente más severa de las últimas décadas y como consecuencia del gran incremento del caudal y velocidad de las aguas se presentaron desbordes del cauce principal y un gran acarreo de materiales sólidos. El terreno en las cercanías del cruce es en su mayor parte plano, pantanoso y uniforme. La vegetación es densa con árboles de palma, algarrobos y otros. Los diámetros de los tallos son menores de 30cm, con alturas máximas de 20m (Ver Gráfico 6). \*

\* Gráficos 5 y 6 en Páginas 20 y 21 respectivamente.

Debido al súbito ascenso y descenso del nivel de agua del río, la instalación inicial por dragado que debió realizarse en Marzo de 1976 fue postergada para Septiembre de 1976, época en que el río muestra mínimo nivel de agua y velocidad. Durante la inspección de Marzo de 1994, se detectó la presencia de una capa de crudo sobre las aguas, en el lugar donde el Oleoducto cruza al río Marañón. Dicha capa fue la consecuencia de un derrame de crudo ocasionado por la rotura de la tubería debajo del lecho, a 70m. de la margen derecha del río.

En esta zona el río muestra en su superficie un remolino que indica una erosión activa en este lado del río (Ver Gráfico 7).\*

## **2.2. Causa probable de la ruptura**

Debido a la fuerte corriente del río, no fue posible realizar una inspección con buzos. Estimándose que la causa probable de la ruptura fue el incremento de erosión en la margen derecha, que originó una excesiva luz sin soporte en la tubería, y su exposición a la acción de la fuerte corriente y los materiales sólidos que ésta acarrea.

Debido a que no se pudo inspeccionar la zona de falla de la tubería, no se puede precisar si la rotura fue causada por el impacto de un cuerpo sólido arrastrado por la corriente o el empuje sobre la tubería de cuerpos sólidos represados u otra acción similar (Ver Gráficos 8 y 9).

De acuerdo a la información proporcionada por el propietario de la tubería empleada en el cruce, ésta corresponde a la especificación API-5L-52 (1973) tubería de acero de 24" de diámetro y 0.5" (12.5mm) de espesor, soldada en espiral por arco sumergido. Externamente la tubería fue recubierta con una resina epóxica nap gard mark II.

\* Gráficos 7, 8 y 9 en Páginas 21, 22 y 23 respectivamente.

### **2.3. Alternativas de solución**

PETROLEOS DEL PERU, propuso tres alternativas para restablecer el cruce y así dar continuidad al bombeo desde la Estación No 1 de Saramuro hasta la Estación No 5 de Saramiriza.

Las alternativas presentadas fueron:

1. Cruce aéreo.
2. Cruce por dragado.
3. Cruce por perforación dirigida.

La primera fue descartada por tres razones:

- a) Elevado costo de construcción.
- b) Alto riesgo de seguridad, al estar descubierto el tramo de tubería.
- c) Alto costo de mantenimiento.

La segunda alternativa, también fue descartada por dos razones:

- a) Realizar un cruce por dragado igual al inicial de 1976, no eliminaría el riesgo de que se repita el mismo problema.
- b) Alto costo de la operación y tiempo restringido sujeto solo al periodo de bajo caudal del río.

La tercera alternativa fue aceptada por las siguientes razones:

- a) La tubería está mejor protegida y no está sometida a la erosión presente de cruces dragados en ríos con alta velocidad del cauce.
- b) Menor costo de las tres alternativas; y
- c) Mínimo impacto ambiental en el área y ninguno en el río.

Con fecha Abril de 1994 PETROPERU contrata a la consultora Gulf Interstate Engineering Company (GIE) para gerenciar y supervisar el trabajo del cruce.

Siendo su primer punto la elaboración del expediente técnico para la contratación de la Obra, con lo que se convocó a concurso Internacional para el cruce del río Marañón con fecha de Julio de 1994.

#### **2.4. Términos de referencia para la Contratación de la Obra**

Este punto define los trabajos requeridos para la construcción del cruce de la tubería de 24" de diámetro bajo el lecho del río Marañón.

##### **2.4.1. recepción y carga de los materiales**

El contratista deberá recibir todas las tuberías, válvulas de bola y curvas de 24" de diámetro, estación para prueba de protección catódica y otros materiales suministrados por la Compañía, en el área de almacenaje de materiales de la Compañía en el puerto de Iquitos, y por sus propios medios deberá manipular, transportar y almacenar todos los materiales en su área de trabajo, en el sitio del cruce del río.

##### **2.4.2. Sección de tubería de 24" de diámetro**

El contratista deberá fabricar una sección de tubería de 3,540' de largo de 24" de diámetro y de 0.525" de espesor, recubierto con 0.020" de "Fusión Bonded Epoxy" (FBE) y 0.060" de Powercrete.

Todas las juntas deberán ser examinadas por medios no destructivos.

Posteriormente se deberá probar hidrostáticamente, detectar fugas e instalarla por el método de perforación dirigida a 15m. mínimo, por debajo del perfil más bajo del lecho del río a través de los 500m. del ancho del río Marañón. La tubería deberá entrar/salir a 135 metros de la margen derecha y salir/entrar a 100m. de la margen izquierda del río.



Al terminar la instalación; el contratista limpiará, calibrará y realizará la prueba hidrostática a la tubería, todo de acuerdo con las especificaciones a cumplir.

#### **2.4.3. Códigos, Estándares y Especificaciones Aplicables**

API Spec 5L	Especificación para la tubería
ASME B 31.4	Sistema de transporte de hidrocarburos líquidos, gas licuado de petróleo , Amoniaco anhidro y Alcohol.

#### **2.4.4. Perforación direccional del cruce.**

El Contratista deberá movilizar e instalar su equipo de perforación en un sitio apropiado para el cruce de la tubería de 24" de diámetro y 0.525" de espesor, por debajo del río por la técnica de perforación dirigida horizontal.

El Contratista realizará un estudio topográfico de la zona previa a la instalación del cruce y demarcar la entrada y salida del tubo claramente. El contratista examinará la topografía al lecho del río, el perfil del mismo y la topografía de las márgenes y en base a ello determinará el largo y diámetro de la perforación que se propone construir.

#### **2.4.5. Válvulas de bola de 24"**

El Contratista deberá recibir de la Compañía dos válvulas de bola y soldarlas a la tubería en las márgenes a cada lado del río. La soldaduras se efectuarán de acuerdo con las especificaciones de soldadura.

#### **2.4.6. Carrete de conexión de la Tubería**

El Contratista deberá fabricar los carretes de conexión necesarios para la unión de tubería principal del cruce a la existente del Oleoducto. Todas las soldaduras serán inspeccionadas por métodos no destructivos.



#### **2.4.7. Enzanjamiento de la tubería**

El contratista deberá excavar zanjas a ambos lados del cruce para la instalación de los carretes de conexión.

La apertura de la zanja deberá extenderse desde el punto de entrada y/o salida de la tubería en las márgenes del río hasta el canal de flotación existente donde se emplaza la actual tubería.

#### **2.4.8. Pruebas hidrostáticas y detección de fugas.**

Antes de realizar las conexiones de los carretes a las tuberías de 24" de diámetro a cada lado del cruce, el contratista deberá realizar todas las pruebas hidrostáticas y de detección de fugas de la tubería de 24" de diámetro y 0.525" de espesor instalado en el cruce y en las márgenes del río (925 psig - por un tiempo mínimo de 24 horas).

#### **2.4.9. Estaciones de prueba de protección catódica (CP)**

El Contratista deberá recibir, transportar e instalar las estaciones de prueba de acuerdo con las instrucciones y dibujos del fabricante. El contratista probará las estaciones de CP de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

#### **2.4.10. Recubrimiento de las juntas de campo.**

El Contratista suministrará todo el material, equipo y mano de obra para recubrir las juntas de campo con 0.020" de espesor del polvo epóxico termocurable (FBE) y 0.060" de powercrete.

## **2.5. Perforación Dirigida Horizontal**

### **2.5.1. Generalidades**

En Agosto de 1994, la compañía contratista ARB Inc. gana el contrato para la ejecución del proyecto y su división HARDCRO especializada en cruces por el método de perforación dirigida se encarga de la ejecución. (Ver Registro Fotográfico – Item 1 y 2).

El método de perforación dirigida consiste en perforar un túnel a 15m. debajo del lecho del río en el cual se instala la tubería jalando de una orilla hacia a otra. El túnel se perforará haciendo uso de la técnica aplicada en la perforación de pozos petroleros. Las maquinarias utilizadas para perforación varían dependiendo de su capacidad. Una máquina de perforación de 500,000 libras pesa aproximadamente 86,000 libras, mientras que una de 120,000 libras pesa aproximadamente 56,000 libras. La utilizada para el cruce el río Marañon tiene una capacidad aproximada de 600,000 libras. La máquina de perforar es instalada en una de las orillas del río. Un tubo guía de pequeño diámetro (3") equipado en un extremo con un barreno de motor a barro o con un barreno tipo chorro de barro, se utiliza para abrir un túnel piloto. Este túnel luego se ensancha hasta lograr un diámetro de aproximadamente 6" más grande que el del tubo a instalar. Una vez terminado el túnel se prepara la tubería ya soldada, y se jala dentro del túnel desde la otra orilla. La instalación es completamente independiente de las condiciones del río, lográndose una cubierta suficiente para evitar la acción de la erosión del río, la instalación se hace sin interrupciones y de manera rápida. (Ver Gráficos 14,15, 16, 17 y 18)\*

El equipo empleado en la perforación dirigida está compuesto de las siguientes maquinarias (ver Gráfico10 y 11)\*:

- Maquina de perforación/jalar empujar.

\* Gráficos 10 y 11 en Páginas 24 y 25 respectivamente;  
Gráficos 14 y 15 en Página 27; Gráficos 16 y 17 en Página 28 y Grafico 18 en Página 29.

- Bombas y Tanques para barro (bentonita).
- Caseta de control con mandos electrónicos e hidráulicos.
- Bombas hidráulicas.
- Instrumentación electrónica.
- Barrenadores.
- Motores de barro.
- Barrenadores a chorro de barro.
- Tubería de perforación, y
- Equipos menores.

## **2.5.2. Operaciones de Perforación Dirigida**

### **Agujero Piloto**

El equipo de perforación (rig) una vez armado y probado quedó listo para iniciar operaciones. El agujero piloto comenzó con un ensamble de perforación "bottom hole assembly" (BHA) de 2.7/8" de diámetro el cual incluye la herramienta de localización y una broca yet. El ángulo de entrada fue de 11.4 grados y la perforación comenzó con una tubería de perforación de alta resistencia de 2.7/8", la perforación con la broca yet continuó sin ningún problema durante la introducción de las primeras tuberías de perforación, sin embargo, después de pocas horas se enfrentaron con un obstáculo, en los retornos se encontraron piezas de madera negra, mostrando que el obstáculo era una pieza de madera enterrada o raíz de un árbol (Ver Gráficos 12 y 13).\*

En los días siguientes no se pudo perforar más allá de la tubería de perforación No 13, sin que se perdiera el ángulo de inclinación establecido en la tubería, se hicieron varios intentos cambiando la broca principal para poder desviarse del obstáculo, no logrando el intento. Por lo tanto se llegó a concluir que a esta

\* Gráficos 12 y 13 en Página 26.

profundidad de perforación la formación consistía de grava firme, cantos rodados y posibles bolones.

Se procede nuevamente a montar la instalación, pero esta vez con un nuevo ángulo de entrada 16 grados con el mismo ensamblaje de perforación BHA, previamente usado con barreno de dientes de 8.5/8" de diámetro y tubería de perforación de 5" de diámetro de alta resistencia. Esto permitió la perforación a través del estrato de grava. Una vez que la perforación alcanzó la formación de limo y arcilla, y se confirmó que el agujero ya estuviera dentro del ángulo de inclinación y azimut correcto, un encamisado de 12" de diámetro fue instalado a lo largo del estrato de grava.

La perforación continuó sin mayores problemas, mientras se perforaba en la formación de arcilla, sin embargo cuando alcanzó el fondo del estrato de grava al otro lado del río, el avance de la perforación se detuvo., siendo necesario para la continuación de la perforación el uso de brocas motoras. El 25 de Noviembre, la salida que se había planeado para el agujero piloto fue desplazada 66m. más lejos del punto original; basado en lo asumido originalmente; que la concentración de grava, canto rodado y bolones serían menos densas mientras más lejos de la margen del río estuviera. Para lograr este cambio se hizo el desvío a una distancia de perforación de 1,608' en el estrato de arcilla.

En la mañana del 14 de Diciembre, la broca motora salió hacia el otro lado del río, concluyéndose de esta manera con la perforación del agujero piloto. El agujero piloto salió finalmente con una desviación de 10.9' al Oeste y 14 pies más corto de la nueva salida (Ver Gráficos 14 y 15)\*

\* Gráficos 14 y 15 en Página 27.

### **2.5.3. Operaciones de Perforación Dirigida**

#### **Rimado**

Una vez concluido el agujero piloto, se inició el ensamblaje del sistema de recirculación de lodo y con el arreglo de las áreas de trabajo en la margen izquierda del río se dan por iniciadas las operaciones de rimado.

Para mantener el agujero piloto, un grupo de tubos de perforación de alta resistencia de 2.7/8" fue halada con la tubería de 5" de diámetro de alta resistencia y dejada en el agujero para mantenerlo hasta que todo el equipo y el personal esté completo para iniciar la operación de rimado.

El 1° de Enero 1995, se comenzó a introducir dentro del agujero la tubería de lavado de 5" de diámetro de alta resistencia, a través de la tubería de alta resistencia de 2.7/8" de diámetro. Al día siguiente se terminó de introducir dentro del agujero la tubería de lavado de 5" de diámetro de alta resistencia y también de halar la tubería de 2.7/8" fuera del agujero.

Después de esto se procedió al halado de una tubería más resistente, de 5" de diámetro, dentro del agujero desde la margen izquierda hacia el "rig". Esta tubería de 5" de diámetro nueva será usada para rimar y halar solamente.

No era posible usarla como tubería de lavado por tener un espesor de pared grueso (mínimo el doble del normal).

El 03 de Enero se instaló el abridor de hoyos de 12" de diámetro y se comenzó a rimar hacia el "rig". El 05 de Enero se concluyó el rimado con el abridor de hoyos de 12" de diámetro.

El abridor de hoyos de 20" de diámetro fue instalado el mismo día y tan pronto se comenzó a rimar se presentó un torque excesivo al girar el abridor de hoyo de 20", éste fue halado fuera del agujero y desmontado inmediatamente.

Se conectó la tubería de alta resistencia de 2.7/8" de diámetro a la tubería de 5" de diámetro nueva en la margen izquierda. Se haló completamente dentro del agujero desde el lado del "rig".

Posteriormente, la tubería de 5" de diámetro de alta resistencia con la rima de 10.1/2" fueron introducidas en el agujero desde el lado del "rig". El rimado se realizó fácilmente. La tubería de 5" de diámetro nueva fue halada nuevamente dentro del agujero. Introducida totalmente la tubería de 5" de diámetro y montada la rima con abridor de hoyos de 20", comenzó la operación de rimado, pasando sin ningún problema.

Se desmontó el abridor de hoyos de 20" de diámetro y se montó el abridor de 30", el cual pasó a través del agujero para reacondicionar y mantener la integridad del mismo y poder rimar con el abridor de hoyos de 36" de diámetro. Es así que se instala el abridor de 36" y se trabaja con algunos tropiezos, pero logrando rimar la totalidad del agujero hasta la salida del agujero hacia el otro lado del rig con el diámetro de 36", operación que concluye el 28 de Enero de 1995.

#### **2.5.4. Halado del Varillón**

El 29 de Enero de 1995, comenzó el halado del Varillón dentro del agujero, las operaciones continuaron con algunos problemas, pero sin interrupciones, cuando el Varillón se encontraba más o menos a 2,130' dentro del agujero, la fuerza requerida para halar la tubería dentro del agujero excedía la capacidad del winche del "rig" por lo que se usaron dos tractores como apoyo.

Un camión winche se añadió a los tractores para complementar el halado, se tuvieron que paralizar las operaciones de halado para realinar y relocalizar el "rig", el mismo que se había desplazado, torcido y además estaba fuera de alineamiento. Se tomaron las acciones correctivas necesarias procediéndose al realinamiento.

Concluido el realinamiento se reiniciaron las operaciones de halado, incorporándose el Sideboom a los equipos de halado, posteriormente se malogra el winche del "rig" y la mesa giratoria, inmediatamente se repara la mesa giratoria y se continua con la operación de halado, hasta que se cercenó el pasador de Swivel (14/02/95) y la cabeza del halado se quedó con el Varillón, faltando aproximadamente 240' (6 tubos) de salida y a una profundidad de 58.01'. Después que la tubería de 5" de diámetro fue halada fuera del agujero con el pasador cortado y el grillete, 8 tubos de alta resistencia de 2.7/8" de diámetro fueron introducidos al agujero para topar con la cabeza del Varillón. Esta fue dejada como una guía en el supuesto caso de que se procediera a excavar para localizar el Varillón.

El Contratista verificó la posición del Varillón y define que se encuentra ubicada a 58.01' debajo de la superficie.

La ubicación fue demarcada y se entregó a la supervisión un esquema con la triangulación y las coordenadas.

## **2.6. Proyecto de Excavación Protegida**

El 26 de Febrero, varias compañías contratistas nacionales y ARB Inc. presentaron sus ofertas para el Proyecto de Excavación Protegida, con la finalidad de ubicar, la cabeza del Varillón y continuar con la operación del cruce del río Marañon (Ver Registro Fotográfico – Item 8).

La Compañía Contratista Nacional CEFOISA se hace cargo del proyecto y los primeros días del mes de Marzo se presentan en el sitio, con la finalidad de dar inicio a la excavación protegida por tablestacado.

En Setiembre, CEFOISA comunica la ubicación de la tubería de perforación de alta resistencia de 2.7/8" de diámetro y algunos días después se ubican los grilletes del cabezal que habían sido localizados por buzos de la compañía Contratista.

A fines de Setiembre, PETROPERU comunica a GIE que el tubo había sido golpeado por el tablestacado, mientras la Compañía CEFOISA había estado conduciendo el hincado de las tablestacas. PETROPERU reporta que el tubo había sido golpeado por una tablestaca, produciendo una abolladura en forma de "L" de aproximadamente 4cm. de profundidad, 8cm. de ancho y 20cm. de largo. En este momento PETROPERU solicita de inmediato la movilización de la supervisión hacia el sitio de trabajo, para evaluar, reparar y continuar con la operación hasta salir del punto en cuestión (Ver Informe en Apéndice).

Es así que el 9 de Octubre se inicia la reparación y la continuación del cruce, logrando el 13 de Octubre salir dentro de la excavación protegida y empalmar al sitio de la válvula de la margen derecha, comenzando los preparativos para la prueba hidrostática.



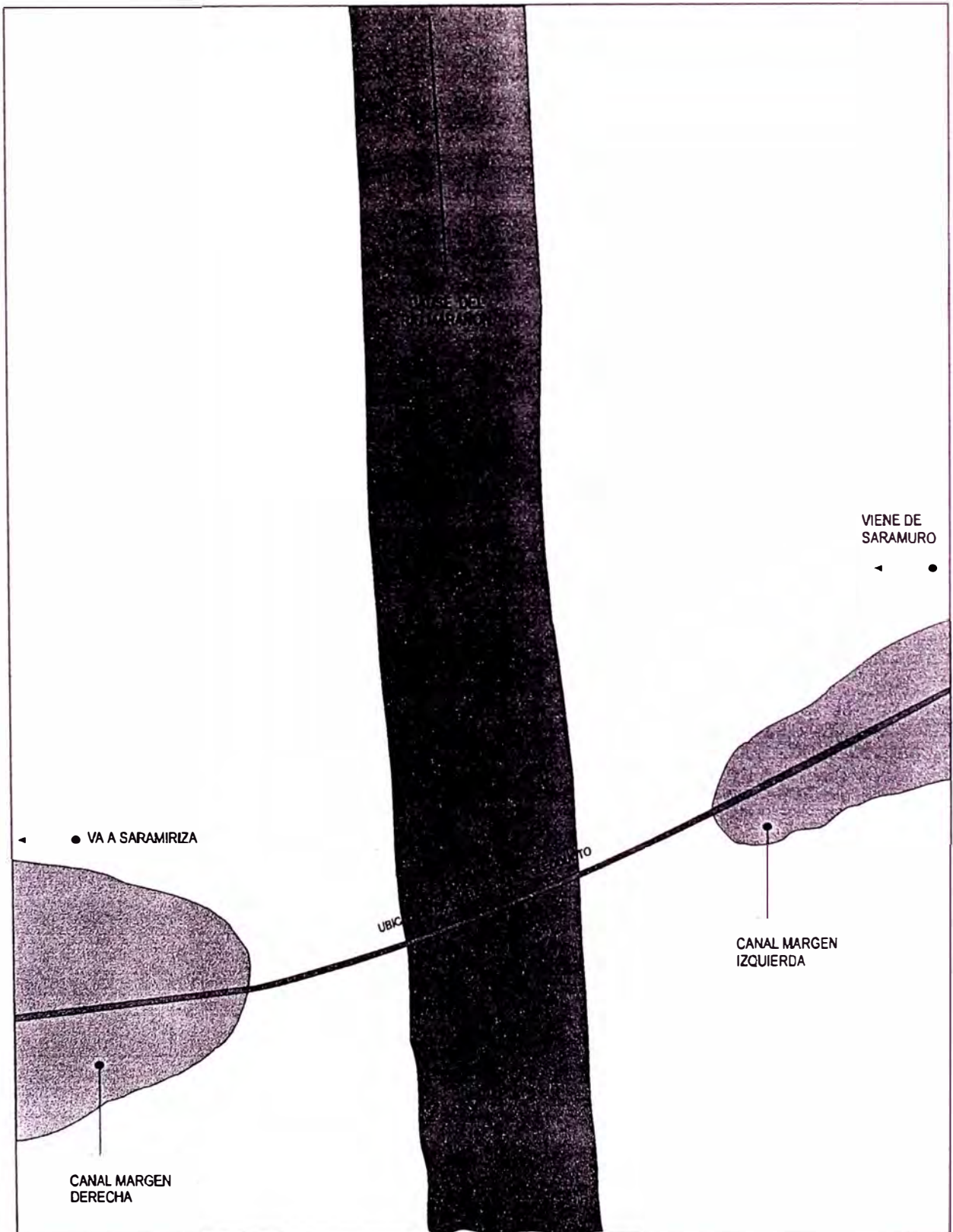


Gráfico 5 – Ubicación aérea del Oleoducto





Gráfico 6 – Zona de alta vegetación y muy densa



Gráfico 7 - Zona del río con superficie de remolinos

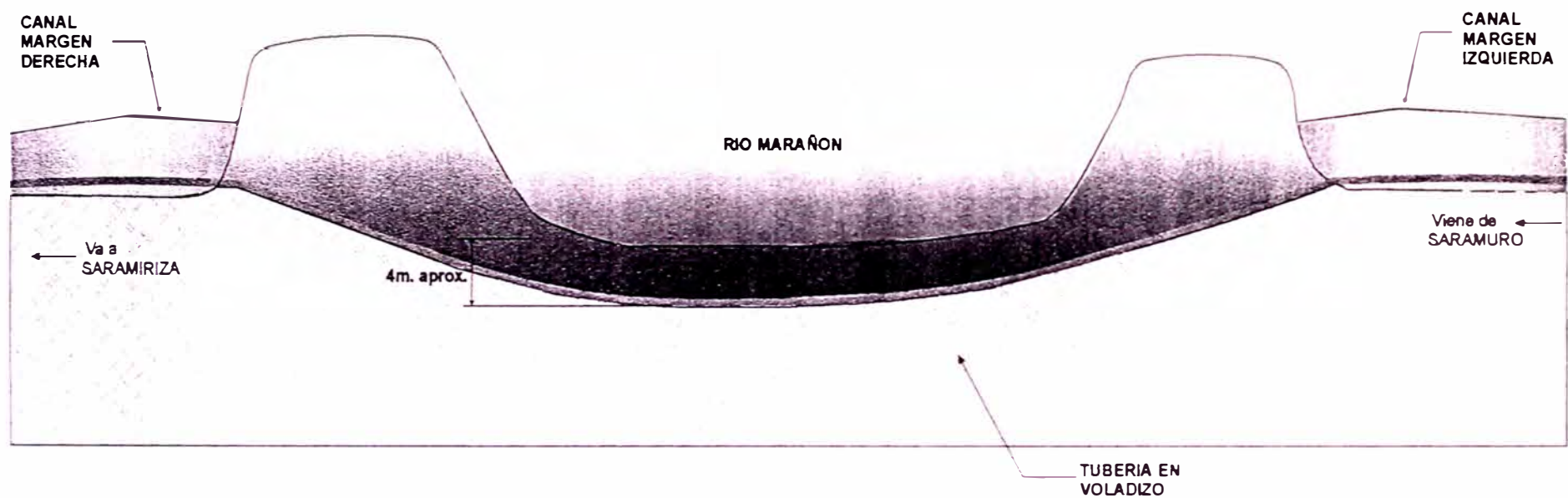


Gráfico 8 – Ubicación en sección transversal al río



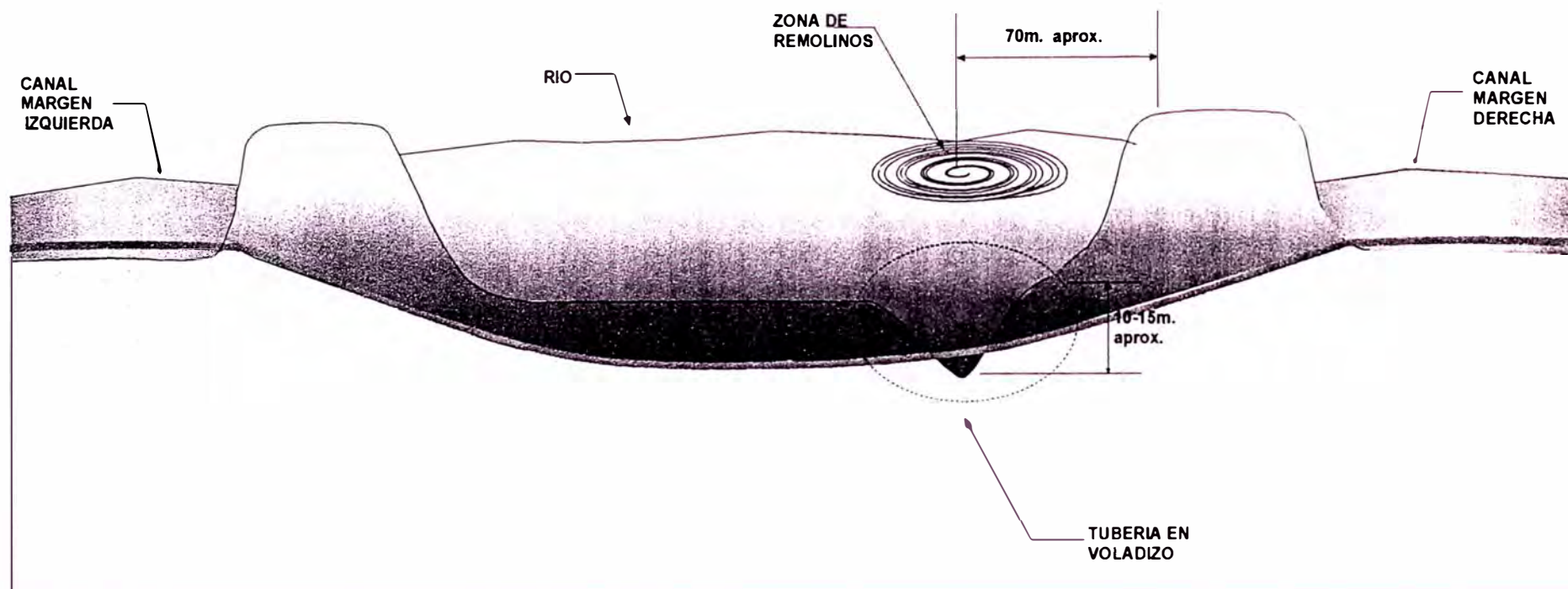


Gráfico 9 – Probable cambio de formación en el cruce

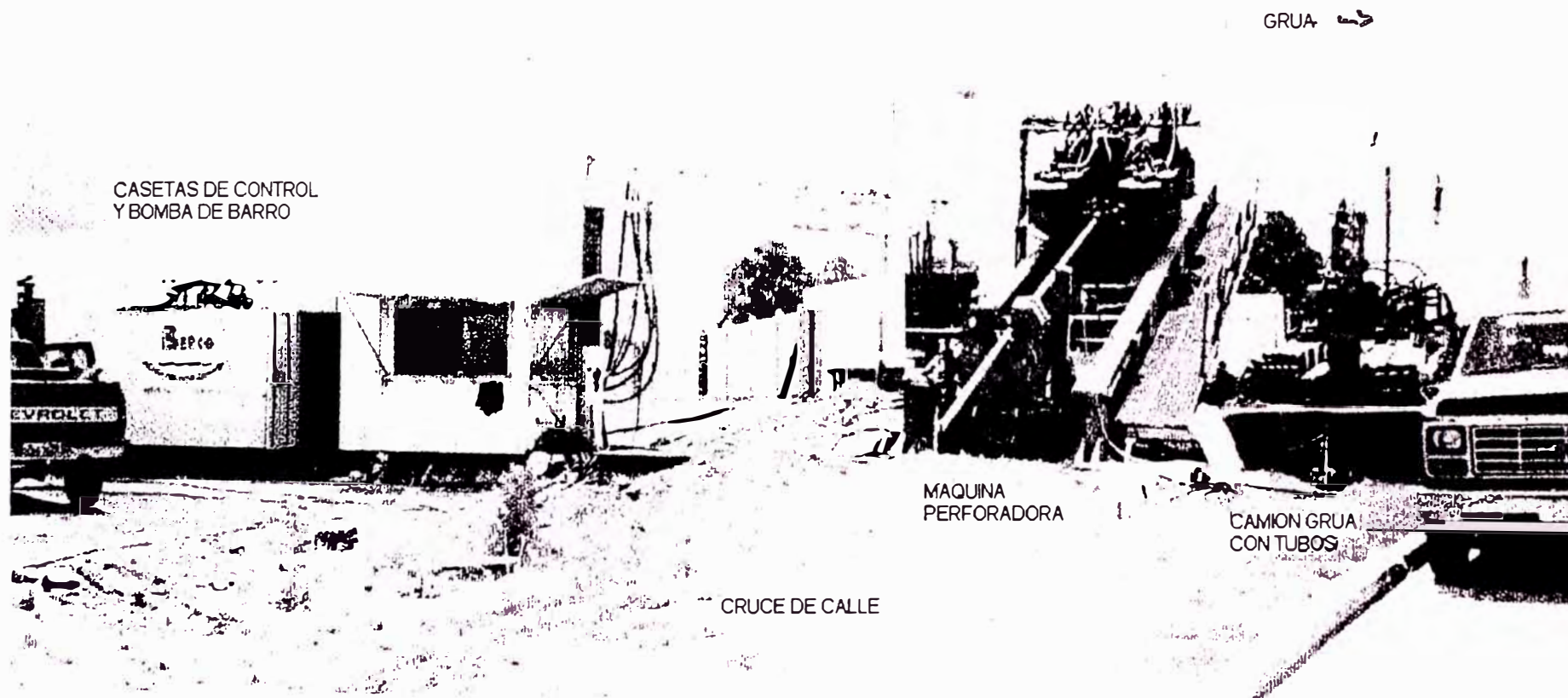


Gráfico 10 – El equipo de perforación dirigida

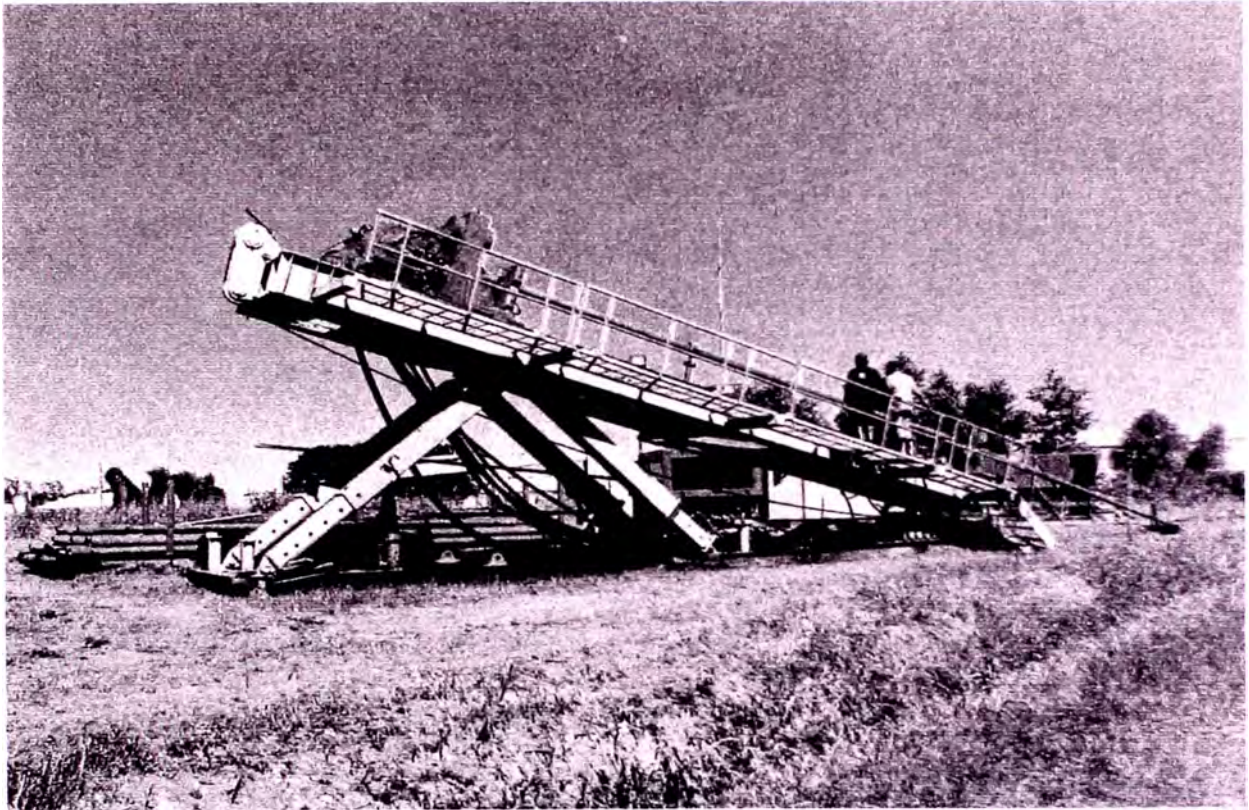


Gráfico 11- La maquina de perforación



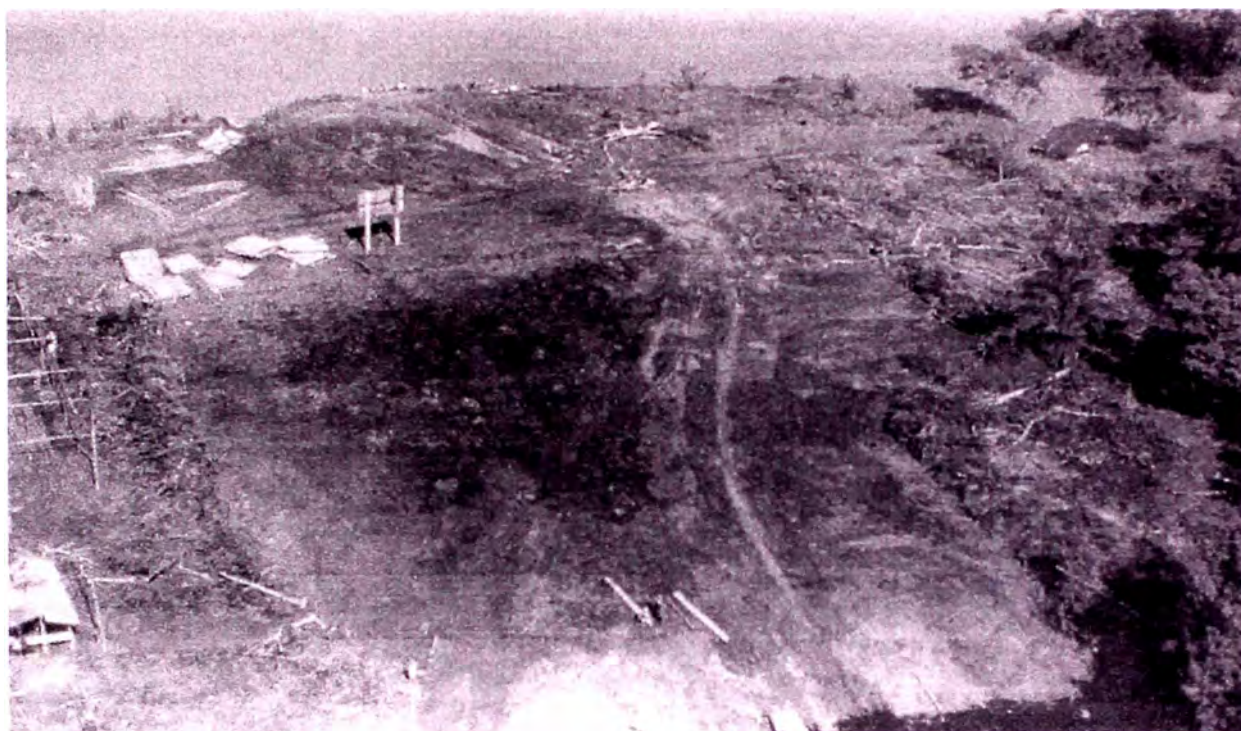


Gráfico 12 – Margen izquierda del río – Zona de salida de brocayet



Gráfico 13 – Margen derecha del río – Zona de entrada de brocayet





Gráfico 14 – Formación de agujero piloto

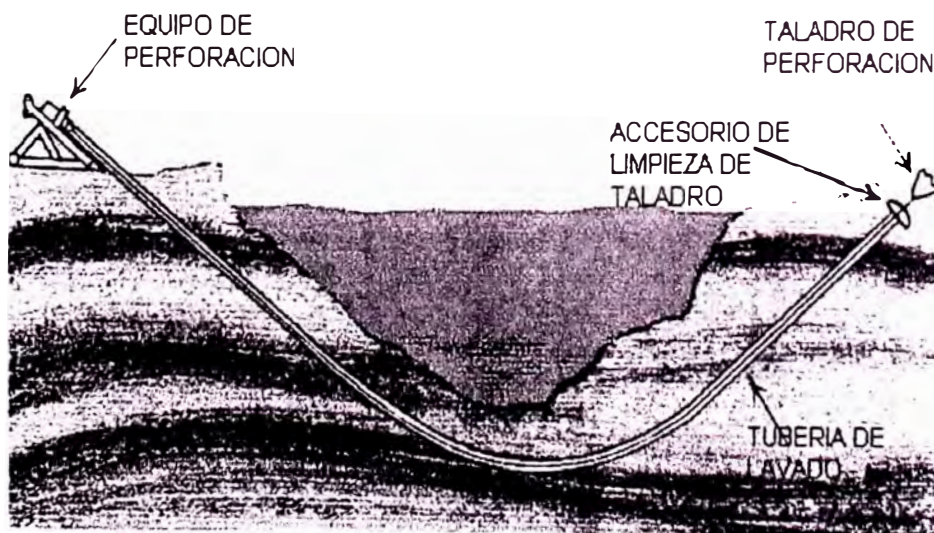


Gráfico 15 – Formación de agujero piloto – término de perforación





Gráfico 16 – Armado del Varillón para halarlo dentro de la perforación

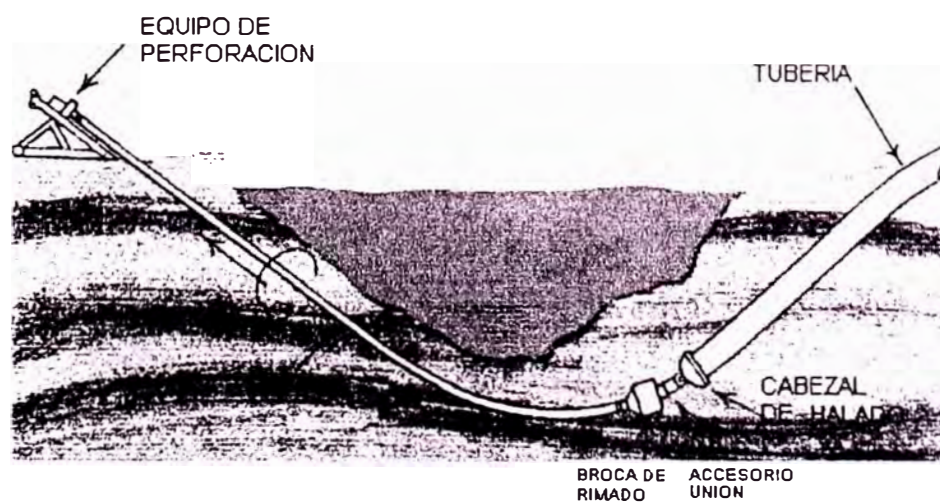


Gráfico 17 – Halado del Varillón a través de la perforación

CRUCE DE RIO TERMINADO

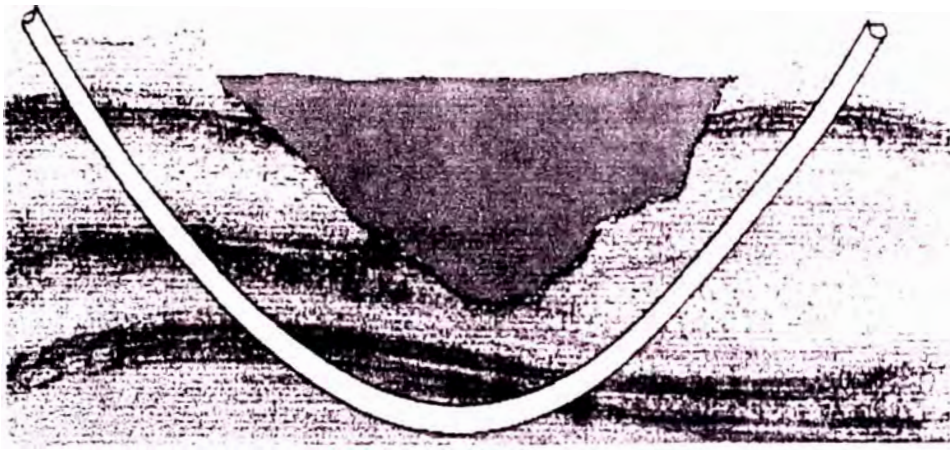


Gráfico 18 – Cruce perfecto del Varillón en la perforación

## CAPITULO III

### PROCEDIMIENTOS PARA LA REPARACIÓN

#### **3.1. Especificaciones para la soldadura de la Línea**

##### **3.1.1. Alcance**

Esta especificación de procedimiento de soldadura cubre la soldadura por arco eléctrico manual de tuberías de acero al carbono y baja aleación con un esfuerzo de fluencia específico sobre 80,000 lb/pulg<sup>2</sup> y espesores de pared hasta las 2".

Esta especificación establece los requerimientos y define las variables esenciales que afectan las propiedades de la soldadura. El constructor calificará el procedimiento de soldadura previamente a la ejecución de la soldadura de producción y su procedimiento deberá estar dentro de los alcances de las variables establecidas en esta especificación.

Para la calificación de procedimientos se considera:

- a) Examen radiográfico del cordón de soldadura usando película clase 1 con rayos gamma o clases 1 ó 2 con rayos X. Para la aceptación, la radiografía de la soldadura no contendrá indicaciones individuales o agrupadas, que sean mayores que la mitad de los límites establecidos en la Sección 6.0 de API-1104.
- b) La profundidad de las indicaciones superficiales que se presentan en las radiografías, serán sujetas de análisis de conformidad con la Sección 6.0 de API-1104.

- c) La prueba de dureza será realizada en concordancia con lo detallado en el acápite 3.2.7.
- d) La prueba de fractura Charpy será realizada de acuerdo con la subsección correspondiente de esta especificación.
- e) Para tubería de 16" OD y mayores, la prueba de susceptibilidad a la fractura por doblado de raíz será realizada de acuerdo al procedimiento de soldadura establecido (ver subsección de prueba de doblado).

### **3.1.2. Códigos, Estándares y Especificaciones aplicables**

ASME B31.4	Sistema de transporte líquido para hidrocarburos, gas líquido de petróleo, alcohol, etc.
ASME Sección IX	Código de calderos y recipientes a presión. Estándar para la calificación de procedimientos de soldadura y braceado, soldadores y operadores de soldadura.
API Std. 1104	Estándar para la soldadura de tuberías y otras facilidades relacionadas.

### **3.1.3. Especificaciones de la Soldadura**

#### **3.1.3.1 Material de la tubería**

En la Tabla 1.0 se han agrupado todos los materiales y accesorios para tubería cubiertos por esta especificación con el propósito de obtener buena soldabilidad y juntas resistentes.

Los materiales no listados en la Tabla 1.0 pueden estar comprendidos, dentro del mismo grupo y grado establecido por el estándar, si los constituyentes químicos y la resistencia están dentro del 10% de las propiedades listadas y si los procesos de conformado y tratamiento térmico son los mismos que el material listado.

Tabla 1.0

## MATERIALES PARA TUBERÍAS

Especificación	Grado de Designación	Resistencia Elástica Mínima lb/pulg <sup>2</sup>	Resistencia Ténsil Mínima lb/pulg <sup>2</sup>	Grupo de Material	ASME IX No P/G
TUBERÍA					
API 5L	A-25	25,000	45,000	I	P-1, G-1
	A	30,000	48,000	I	P-1, G-1
	B	35,000	60,000	I	P-1, G-1
	X-42	42,000	60,000	I	P-1, G-1
	X-46	46,000	63,000	II	P-1, G-2
	X-52	52,000	66,000*	II	P-1, G-2
		72,000*	-	II	P-1, G-2
	X-56	56,000	71,000*	II	P-1, G-2
			75,000**	II	P-1, G-3
	X-60	60,000	75,000*	II	P-1, G-3
			78,000**	II	P-1, G-3
	X-65	65,000	77,000*	III	P-1, G-3
			80,000**	III	P-1, G-3
	X-70	70,000	82,000	III	P-1, G-3
	X-80	80,000	-	III	P-1, G-3
ASTM A 53	A	30,000	48,000	I	P-1, G-1
	B	35,000	60,000	I	P-1, G-1
ASTM A 106	A	30,000	48,000	I	P-1, G-1
	B	35,000	60,000	I	P-1, G-1
	C	40,000	70,000	II	P-1, G-2
ASTM A 134	A	24,000	58,000	I	P-1, G-1
	B	27,000	45,000	I	P-1, G-1
	C	30,000	48,000	I	P-1, G-1
	D	30,000	55,000	I	P-1, G-1
	E	42,000	58,000	I	P-1, G-1
ASTM A 139	A	30,000	48,000	I	P-1, G-1
	B	35,000	60,000	I	P-1, G-1
	C	42,000	60,000	I	P-1, G-1
	D	46,000	60,000	II	P-1, G-2
	E	52,000	66,000	II	P-1, G-2
ASTM A 333	1	30,000	55,000	I	P-1, G-1
	6	35,000	60,000	I	P-1, G-1
ASTM A 381	Y-35	35,000	60,000	I	P-1, G-1
	Y-42	42,000	60,000	I	P-1, G-1
	Y-46	46,000	63,000	II	P-1, G-2
	Y-48	48,000	67,000	II	P-1, G-2
	Y-50	50,000	69,000	II	P-1, G-2
	Y-52	52,000	72,000	II	P-1, G-2
	Y-56	56,000	75,000	II	P-1, G-3
	Y-60	60,000	78,000	III	P-1, G-3
	Y-65	65,000	80,000	III	P-1, G-1



Especificación	Grado de Designación	Resistencia Elástica Mínima lb/pulg <sup>2</sup>	Resistencia Ténstil Mínima lb/pulg <sup>2</sup>	Grupo de Material	ASME IX No P/G
ASTM A 524	I	35,000	60,000	I	P-1, G-1
	II	30,000	55,000	I	P-1, G-1
ASTM A 671	CA 55	30,000	55,000	I	P-1, G-1
	CB 60	32,000	60,000	I	P-1, G-2
	CB 65	35,000	65,000	I	P-1, G-2
	CB 65	38,000	60,000	I	P-1, G-1
	CC 70	32,000	65,000	I	P-1, G-1
	CC 70	38,000	70,000	I	P-1, G-2
	CD 70	50,000	70,000	II	P-1, G-2
	CD 80	60,000	80,000	II	P-1, G-3
	CE 55	30,000	55,000	I	P-1, G-1
	CE 60	32,000	60,000	I	P-1, G-1
	CK 75	42,000	70,000	II	P-1, G-2
ASTM A 672	A 45	24,000	45,000	I	P-1, G-1
	A 50	27,000	50,000	I	P-1, G-1
	A 55	30,000	55,000	I	P-1, G-1
	B 55	30,000	55,000	I	P-1, G-1
	B 60	32,000	60,000	I	P-1, G-1
	B 65	35,000	65,000	I	P-1, G-1
	B 70	38,000	70,000	I	P-1, G-2
	C 55	30,000	55,000	I	P-1, G-1
	C 60	32,000	60,000	I	P-1, G-1
	C 65	35,000	65,000	I	P-3, G-1
	C 70	38,000	70,000	I	P-3, G-2
	D 70	50,000	70,000	II	P-1, G-2
	D 80	60,000	80,000	II	P-1, G-3
	E 55	30,000	55,000	I	P-3, G-1
	E 60	32,000	60,000	I	P-3, G-1
	H 75	45,000	75,000	III	P-4, G-2
	H 80	50,000	80,000	IV	P-3, G-3
	J 80	50,000	80,000	IV	P-3, G-3
	J 90	70,000	90,000	V	P-3, G-3
	J 100	83,000	100,000	VI	P-11A, G-4
	K 75	45,000	75,000	V	P-4, G-1
	K 85	47,000	85,000	V	P-4, G-1
	L 65	37,000	65,000	III	P-3, G-1
	L 70	40,000	70,000	III	P-3, G-2
	L 75	43,000	75,000	III	P-3, G-2
	M 70	40,000	70,000	III	P-10A, G-1
	M 75	43,000	75,000	III	P-1, G-2
	N75	42,000	75,000	II	

<b>Especificación</b>	<b>Grado de Designación</b>	<b>Resistencia Elástica Mínima lb/pulg<sup>2</sup></b>	<b>Resistencia Ténsil Mínima lb/pulg<sup>2</sup></b>	<b>Grupo de Material</b>	<b>ASME IX No P/G</b>
ASTM A 714	I	50,000	70,000	II	P-1, G-2
	II	50,000	70,000	II	P-1, G-2
	III	50,000	65,000	II	P-1, G-3
	VI	46,000	65,000	IV	P-3, G-1
	VIII	50,000	70,000	IV	P-3, G-2

\* Para tuberías menores que 20" OD con cualquier espesor de pared y para tuberías de 20" OD y mayores con espesores de pared mayores que 0.375"

\*\* Para tubería de 20" OD y mayores, con espesores de pared de 0.375" y menores



Estándar de Fabricación	Grado de Designación	Resistencia Elástica Mínima lb/pulg <sup>2</sup>	Resistencia Ténsil Mínima lb/pulg <sup>2</sup>	Grupo de Material	ASME IX No P/G
ACCESORIOS					
ASTM A 105 (Forgings)	-	36,000	70,000	II	P-1, G-2
ASTM A 181 (Forgings)	60	30,000	60,000	II	P-1, G-1
	70	36,000	70,000	II	P-1, G-2
ASTM A 182 (Flanges y Forgings)	F-1	40,000	70,000	III	P-3, G-2
	F-2	40,000	70,000	IV	P-3, G-2
	F-11	40,000	70,000	IV	P-4, G-1
	F-12	40,000	70,000	IV	P-4, G-1
ASTM A 216 (Castings)	WCA	30,000	60,000	II	P-1, G-1
	WCB	36,000	70,000	II	P-1, G-2
	WCC	40,000	70,000	II	P-1, G-2
ASTM A 217 (Castings)	WC 1	35,000	65,000	III	P-3, G-1
	WC 4	40,000	70,000	IV	P-4, G-1
	WC 5	40,000	70,000	V	P-4, G-1
	WC 6	40,000	70,000	V	P-4, G-1
ASTM A 234 (Fittings)	WPB	35,000	60,000	I	P-1, G-1
	WPC	40,000	70,000	II	P-1, G-1
	WPI	30,000	55,000	III	P-3, G-1
	WP 12	30,000	60,000	III	P-4, G-1
ASTM A 350 (Forgings)	LF 1	30,000	60,000	V	P-1, G-1
	LF 2	36,000	70,000	IV	P-1, G-2
				I	P-1, G-2
				I	P-3, G-1
ASTM A 352 (Castings)	LCA	30,000	60,000	II	P-1, G-1
	LCB	35,000	65,000	II	P-1, G-2
	LCC	40,000	70,000	II	P-1, G-2
	LC1	35,000	65,000	III	P-3, G-1
ASTM A 487	1N	55,000	85,000	IV	P-10A, G-1
	1Q	65,000	90,000	IV	P10A, G-1
	2N	53,000	85,000	IV	P-10F, G-6
	2Q	65,000	90,000	IV	P-10F, G-6
	4N	60,000	90,000	V	P-10F, G-6
	4Q	85,000	105,000	VI	P-10F, G-6
	A	30,000	60,000	II	P-1, G-1
	AN	30,000	60,000	I	P-1, G-1
	AQ	30,000	70,000	I	P-1, G-2
	B	36,000	70,000	II	P-1, G-2
	BN	36,000	70,000	I	P-1, G-2
	BQ	36,000	80,000	II	P-1, G-3
	C	40,000	70,000	II	P-1, G-2
	CN	40,000	70,000	I	P-1, G-2
	CQ	40,000	80,000	II	P-1, G-3

<b>Estándar de Fabricación</b>	<b>Grado de Designación</b>	<b>Resistencia Elástica Mínima lb/pulg<sup>2</sup></b>	<b>Resistencia Ténsil Mínima lb/pulg<sup>2</sup></b>	<b>Grupo de Material</b>	<b>ASME IX No P/G</b>
ASTM A 694 (Forgings)	F 42	42,000	60,000	I	P-1, G-1
	F 46	46,000	60,000	I	P-1, G-1
	F 48	48,000	62,000	II	P-1, G-2
	F50	50,000	64,000	II	P-1, G-2
	F 56	56,000	68,000	II	P-1, G-2
	F 60	60,000	75,000	II	P-1, G-2
	F 65	65,000	77,000	III	P-1, G-2
MSS SP-44 (Flanges)	F 36	36,000	60,000	I	P-1, G-1
	F 42	42,000	60,000	I	P-1, G-1
	F 46	46,000	60,000	II	P-1, G-1
	F 48	48,000	62,000	II	P-1, G-2
	F 50	50,000	64,000	II	P-1, G-2
	F 52	52,000	66,000	II	P-1, G-2
	F 56	56,000	68,000	II	P-1, G-2
	F 60	60,000	75,000	II	P-1, G-2
	F 65	65,000	77,000	III	P-1, G-3
MSS SP-45 (Fittings)	WPHY-42	42,000	60,000	I	P-1, G-1
	WPHY-46	46,000	63,000	II	P-1, G-2
	WPHY-52	52,000	66,000*	II	P-1, G-2
			72,000**	II	P-1, G-2
	WPHY-60	60,000	75,000*	II	P-1, G-2
			78,000**	II	P-1, G-2
	WPHY-65	65,000	77,000*	III	P-1, G-3

\* Para espesores de pared mayores que 0.375"

\*\* Para espesores de pared de 0.375" y menor

### 3.1.3.2 Grupos de espesores

Los materiales para tubería están agrupados en función de espesores a soldar como se muestra en la Tabla 2.0. Ver Figura 1 y 2 para ilustración de los espesores a soldar para varios diseños de juntas.

**Tabla 2.0**

#### **GRUPOS DE ESPESORES A SOLDAR**

0.063 pulg. a 0.187 pulg.
0.188 pulg. a 0.375 pulg.
0.376 pulg. a 0.750 pulg.
0.751 pulg. a 1.250 pulg.
1.251 pulg. a 2.000 pulg.
Sobre 2.000 pulg.

### 3.1.3.3 Metal de aporte

Los grupos de metales de aporte y su designación AWS se muestran en la Tabla 3.0. La mínima resistencia de los electrodos para soldadura a tope, para varias resistencias de material y espesores se muestran en la Tabla 4.0.

La mínima resistencia ténsil de una soldadura a tope basada sobre la medida de la resistencia ténsil de la soldadura o metal base, se muestran en la Tabla 5.0

\* Figuras 1 y 2 en Páginas 78 y 79 respectivamente.

**Tabla 3.0**  
**GRUPOS DE METAL DE APORTE**

<b>Clase AWS</b>	<b>Grupo ASME</b>
E 6010	FE-A1
E 7010-A1	FE-A2
E 7010-G	FE-AG*
E 8010-G	FE-AG*
E 9010-G	FE-AG*
E 7015	F4-A1
E 7016	F4-A1
E 7018	F4-A1
E 7018-A1	F4-A2
E 7018-G	F4-AG*
E 8018-B1	F4-A3
E 8018-BW	F4-A3
E 8018-C1	F4-A10
E 8018-C2	F4-A10
E 8018-C3	F4-A10
E-8018-G	F4-AG*
E 9018-B3	F4-A4
E-9018-D1	F4-A11*
E-9018-D2	F4-A11*
E 9018-G	F4-AG*
E 9018-M	F4-A10
E 10018 D2	F4-A11*
E 10018-G	F4-AG*
E 10018-M	F4-A10*
E 11018-G	F4-AG*
E 11018-M	F4-A10*
E 12018-G	F4-AG*
E-12018-M	F4-A12*

\* Consultar al fabricante/abastecedor de electrodos, que verifique el Grupo ASME ya que AWS 5.5 tiene limitado el rango de composición para algunas clases de electrodos.

Tabla 4.0

**MINIMA RESISTENCIA DE ELECTRODOS PARA SOLDADURA A TOPE**

<b>Resistencia mínima especificada del material</b>	<b>Espesores</b>	<b>Raíz</b>	<b>Relleno</b>	<b>Acabado</b>
Menor que 35,000 lb/pulg <sup>2</sup>	Ninguno	E60XX	E60XX	E60XX
De 35,000 a 42,000 lb/pulg <sup>2</sup>	0.250" o menor	E60XX	E70XX	E70XX
	Mayor que 0.250"	E60XX	E70XX	E60XX
Mayor que 42,000 a 52,000 lb/pulg <sup>2</sup>	0.250" o menor	E60XX	E80XX	E80XX
	Mayor que 0.250"	E60XX	E80XX	E70XX
Mayor que 52,000 a 60, lb/pulg <sup>2</sup>	0.500" o menor	E70XX	E90XX	E80XX
		E80XX	E80XX	E80XX
	Mayor que 0.500"	E60XX	E90XX	E70XX
		E70XX	E80XX	E80XX
Mayor que 60,000 a 65,000 lb/pulg <sup>2</sup>	0.250" o menor	E80XX	E90XX	E90XX
	0.250" a 0.500"	E70XX	E90XX	E80XX
	Mayor que 0.500"	E60XX	E90XX	E80XX
Mayor que 65,000 a 70,000 lb/pulg <sup>2</sup>	0.250" o menor	E90XX	E90XX	E90XX
	0.250" a 0.500"	E80XX	E90XX	E90XX
	Mayor que 0.500"	E70XX	E90XX	E90XX
Mayor que 70,000 a 80,000 lb/pulg <sup>2</sup>	0.250" o menor	E100XX*	E100XX	E100XX
	0.250" a 0.500"	E90XX	E100XX	E100XX
	Mayor que 0.500"	E80XX	E100XX	E90XX
Mayor que 80,000 a 90,000 lb/pulg <sup>2</sup>	0.250" o menor	E110XX*	E110XX	E110XX
	0.250" a 0.500"	E100XX	E110XX	E110XX
	Mayor que 0.500"	E90XX	E110XX	E100XX

\* Se requiere electrodo de bajo hidrógeno. El Backing ring puede ser necesario.

Tabla 5.0

**MINIMA RESISTENCIA TENSIL DE SOLDADURA A TOPE**

<b>Mínima resistencia elástica del metal base</b>	<b>Mínima resistencia ténsil de la soldadura o del metal base</b>
Menor que 35,000 lb/pulg <sup>2</sup>	60,000 lb/pulg <sup>2</sup>
De 35,000 a 42,000 lb/pulg <sup>2</sup>	65,000 lb/pulg <sup>2</sup>
Mayor que 42,000 a 52,000 lb/pulg <sup>2</sup>	75,000 lb/pulg <sup>2</sup>
Mayor que 52,000 a 60,000 lb/pulg <sup>2</sup>	80,000 lb/pulg <sup>2</sup>
Mayor que 60,000 a 65,000 lb/pulg <sup>2</sup>	85,000 lb/pulg <sup>2</sup>
Mayor que 65,000 a 70,000 lb/pulg <sup>2</sup>	90,000 lb/pulg <sup>2</sup>
Mayor que 70,000 a 80,000 lb/pulg <sup>2</sup>	100,000 lb/pulg <sup>2</sup>
Mayor que 80,000 a 90,000 lb/pulg <sup>2</sup>	110,000 lb/pulg <sup>2</sup>
Mayor que 90,000 a 100,000 lb/pulg <sup>2</sup>	120,000 lb/pulg <sup>2</sup>

La soldadura con electrodos de baja resistencia (Ver Tabla 4.0 y 5.0) es permitida si el análisis del esfuerzo máximo longitudinal es realizado para determinar si el electrodo de baja resistencia y la soldadura son aceptables, y si como resultado del análisis el Contratista estipula por escrito que una baja resistencia es aceptable.

Si una soldadura con resistencia ténsil baja es aceptable, los electrodos de baja resistencia, pueden ser usados para pase por raíz, caliente y final (acabado).

**3.1.3.4 Diseño de junta y electrodo**

Los diámetros de electrodos para varios espesores de pared y pases de soldadura están listados en las Tablas 6.0 y 7.0. Excepto para soldaduras que requieren control de dureza. Cuando un diámetro de electrodo es listado para un espesor de pared particular o para un pase de soldadura, un cambio en el diámetro del electrodo por un diámetro nominal es permitido.

La Tabla 8.0 provee información sobre el mínimo número de pases normalmente requeridos para varias juntas soldadas y espesores de pared.

Los detalles de los diseños de juntas se muestran entre las Figuras 3 a 8. \*

\* Figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8 en Página 80.



Tabla 6.0

**DIÁMETRO DE ELECTRODOS E XX10**

<b>Espesor de Junta Pulg.</b>	<b>Diámetro de Electrodo</b>			
	<b>Raíz</b>	<b>Callente</b>	<b>Relleno</b>	<b>Acabado</b>
0.141 a 0.180	3/32" o 1/8"	1/8"	1/8" (si req.)	1/8"
0.181 a 0.250	1/8"	1/8" o 5/32"	5/32"	5/32"
0.251 a 0.375	1/8" o 5/32"	5/32" o 3/16"	5/32" o 3/16"	5/32" o 3/16"
Mayor que 0.375	5/32"	5/32" o 3/16"	3/16"	3/16"

Tabla 7.0

**DIAMETRO DE ELECTRODOS E XX18**

<b>Espesor de Junta Pulg.</b>	<b>Diámetro de Electrodo</b>			
	<b>Raíz</b>	<b>Caliente</b>	<b>Relleno</b>	<b>Acabado</b>
0.141 a 0.180	3/32"	3/32"	3/32"	3/32"
0.181 a 0.250	3/32"	3/32" o 1/8"	3/32" o 1/8"	3/32" o 1/8"
0.251 a 0.375	3/32" ó 1/8"	1/8"	1/8"	1/8"
Mayor que 0.375	1/8"	1/8" o 5/32"	5/32"	5/32"

Tabla 8.0

**NUMERO DE PASES MINIMO**

<b>Tope Horizontal</b>					
<b>Espesor Pulg.</b>	<b>E XX10</b>	<b>E XX18</b>	<b>Tope-Vertical</b>	<b>Filete</b>	<b>Conexiones</b>
0.142 a 0.180	3	3	3	3	3
0.181 a 0.250	3	4	4	4	4
0.251 a 0.375	4	5	5	4	5
0.376 a 0.500	5	6	6	5	7
0.501 a 0.750	6	7	7	6	8

#### **3.1.3.5 Características eléctricas**

Con electrodos E XX10 y E XX18 usar corriente directa polaridad invertida (CC+). Revisar la Tabla 9.0 para rangos de corriente y de velocidad de aporte para varios diámetros de electrodos y posiciones de soldadura. Cuando la medida de la tensión (Voltaje) sea requerida, tal como es durante la prueba de Calificación del Procedimiento, las lecturas serán tomadas entre la tubería y porta electrodo.

Tabla 9.0

## PARAMETROS DE LA SOLDADURA PARA ELECTRODOS

Diámetro del electrodo Pulg.	Posición de Soldadura	Electrodo E XX10			Electrodo E XX18		
		Amps.*	Veloc	Ondulac.**	Amps.*	Veloc	Ondulac.**
3/32"	Vertical hacia abajo	-	-	-	-	-	-
	Vertical hacia arriba	-	-	-	70-100	5-10	2-3
	Horizontal	-	-	-	70-100	4-8	3-4
	Sobrecabeza	-	-	-	70-100	4-8	3-4
1/8"	Vertical hacia abajo	80-130	8-15	3-8	110-150	4-10	-
	Vertical hacia arriba	-	-	-	110-150	5-10	2-5
	Horizontal	80-110	6-10	3-8	110-150	5-10	-
	Sobrecabeza	80-110	6-10	3-8	110-150	5-10	-
5/32"	Vertical hacia abajo	120-180	8-15	3-8	-	-	-
	Vertical hacia arriba	100-150	4-8	2-4	130-200	5-10	2-5
	Horizontal	110-160	6-12	3-8	150-220	5-10	-
	Sobrecabeza	110-160	6-12	3-8	150-220	5-10	-
3/16"	Vertical hacia abajo	150-225	6-12	2-8	-	-	-
	Vertical hacia arriba	140-190	3-6	2-4	-	-	-
	Horizontal	150-200	5-10	2-8	-	-	-
	Sobrecabeza	-	-	-	-	-	-

\* Rango de tensión: 20-24 Volt. para E XX18

24-28 Volt. para E XX10

\*\* Límites de ondulación en aproximadamente 3 veces el diámetro del electrodo.

### **3.1.3.6 Secuencia y posición de soldadura**

Con los electrodos E XX10 la soldadura en posición vertical descendente es la normalmente usada y con los electrodos E XX18 la soldadura ascendente es la normalmente empleada. La soldadura ascendente se puede emplear con los electrodos E XX10 para producir depósitos de soldadura gruesos por que la velocidad de aporte puede ser reducida a niveles bajos que son compatibles con la soldadura descendente, especialmente cuando se emplea electrodos gruesos (5/32" y 3/16").

Una prueba de calificación separada se realizará cuando un electrodo E XX18 es usado en posición descendente o cuando un electrodo celulósico E XX10 es empleado en posición ascendente.

Durante la soldadura de la totalidad de la circunferencia, dos soldadores trabajaran simultáneamente en lados opuestos de la tubería. Las soldaduras longitudinales si existieran serán soldadas simultáneamente comenzando en el centro y progresando hacia los extremos finales. La soldadura circunferencial no se iniciará hasta que la soldadura longitudinal haya sido terminada. La soldadura circunferencial no será soldada de forma corrida. Dos soldadores trabajaran sobre los lados opuestos de la tubería y de manera simultánea soldarán por separado la parte correspondiente de la tubería (1/6" Ø circunf.) hasta completar la circunferencia. Los arranques y paradas serán limpiados, cubiertos y amolados para mejorar el contorno del cordón.

### **3.1.3.7 Secuencia del cordón y temperatura entre pases**

Cuando el material a ser soldado presenta relativa dificultad a la soldadura debido a la composición química, estructura de grano, espesor, etc. Los últimos pases de soldadura no serán contiguos a los bordes de la pieza que está siendo soldada. Los últimos depósitos o cordones serán localizados tal que no creen nuevas o mayores zonas afectada por calor en las piezas que están soldando.

Los cordones serán colocados de tal forma que las zonas afectadas por calor en la pieza soldada no sean recalentadas hasta 1,200 °F y se consiga el enfriamiento más lento posible. Esto ablandará o suavizará la zona afectada.

### **3.1.3.8 Enmantequillado**

En la Figura. 9\* se muestran detalles del enmantequillado por pase simple o múltiple usado para reducir la abertura o separación entre la tubería y una preparación previa de filete antes de la soldadura.

### **3.1.3.9 Requerimientos de relevamiento de tensiones**

La Tabla 10.0 especifica las combinaciones de material, electrodo y espesor en los que el cordón de soldadura debe tratarse térmicamente para el relevo de esfuerzos de acuerdo con los tiempos y temperaturas dados en ASME Sección VIII.

El relevado de esfuerzos es también aplicado para materiales de espesor de pared delgada y de resistencia elástica baja tal como muestra la Tabla 10.0

\* Figura 9 en Página 80.

Tabla 10.0

**CASOS EN LOS QUE SE REQUIERE RELEVAMIENTO DE ESFUERZOS**

Grupo de Material	Electrodo**	Espesores Pulg.
I	E XX10 E XX18	Mayores que 1.1/4 Mayores que 1.1/2
II	E XX10 E XX18	Mayores que 1.1/4 Mayores que 1.1/2
III	E XX10 E XX18	Mayores que 1 Mayores que 1.1/2
IV	E XX10 E XX18	Mayores que 3/4 Mayores que 1
V	E XX10 E XX18	Mayores que 1/2 Mayores que 3/4
VI	E XX18	Mayores que 1/2
VII	E XX18	Todos

\*\* Esta Tabla no se aplica cuando deben cumplirse las especificaciones ASME B31.3, ASME B31.8 o NACE MR-01-75, que normalmente tienen requerimientos más exigentes.

### **3.1.3.10 Control de la temperatura durante la soldadura**

En la mayoría de los casos, es deseable reducir la velocidad de enfriamiento del depósito de soldadura por:

Precalentamiento del metal base, minimizando el tiempo transcurrido entre pases.

Manteniendo un alto aporte calórico usando corriente de soldadura alta.

Usando una baja velocidad de deposición.

Las Tablas 11.0 y 12.0 muestran el valor mínimo de temperatura del metal base para aplicar un relevo de esfuerzos.

Para cumplir con la temperatura mínima del metal dado en las Tablas 11.0 y 12.0 deberá controlarse la temperatura de precalentamiento y de interpases. Si el precalentamiento es realizado con métodos de llama, el metal base será calentado a un mínimo de 300 °F.

Un precalentamiento bajo es aceptado si no se usa calentamiento por llama. Los depósitos de soldadura hechos con electrodos de bajo hidrógeno (E XX18) son menos susceptibles a la fisuración y serán usados cuando se sospeche de problemas de este tipo.

Al menos 2 soldadores, trabajarán simultáneamente sobre tuberías de 12" OD o mayores durante los pases de raíz y en caliente. Al menos 4 soldadores deberán estar trabajando simultáneamente sobre tuberías de 36" OD y mayores durante los pases de raíz y en caliente. Con esto se logrará un calentamiento homogéneo.



Tabla 11.0

**RECOMENDACIÓN DE MINIMA TEMPERATURA PARA EL RELEVO DE  
ESFUERZOS EN LA SOLDADURA**

Grupo (s) de material	Rango de espesor Pulg.	Revestimiento de Electrodo	Temperatura mínima °F	
			Junta Normal	Juntas de alto esfuerzo residual
I	Hasta 0.500	Celulósico	50	50
		Bajo hidrógeno	50	50
I	0.501 - 1.000	Celulósico	50	100
		Bajo hidrógeno	50	50
I	1-001 - 2.000	Celulósico	150	250
		Bajo hidrógeno	50	100
II	Hasta 0.500	Celulósico	50	100
		Bajo hidrógeno	50	50
II	0.501 - 1.000	Celulósico	50	200
		Bajo hidrógeno	50	100
II	1-001 - 2.000	Celulósico	200	300
		Bajo hidrógeno	100	150
III	Hasta 0.500	Celulósico	50	200
		Bajo hidrógeno	50	100
III	0.501 - 1.000	Celulósico	100	250
		Bajo hidrógeno	50	100
III	1-001 - 2.000	Celulósico	250	400
		Bajo hidrógeno	100	200
IV y V	Hasta 0.500	Celulósico	100	250
		Bajo hidrógeno	50	150
IV y V	0.501 - 1.000	Celulósico	200	350
		Bajo hidrógeno	100	150
IV y V	1-001 - 2.000	Celulósico	300	500
		Bajo hidrógeno	150	300
VI	Hasta 0.500	Bajo hidrógeno	100	200
VI	0.501 - 1.000	Bajo hidrógeno	200	300
VI	1-001 - 2.000	Bajo hidrógeno	300	500
VII	Hasta 0.500	Bajo hidrógeno	200	400
VII	0.501 - 1.000	Bajo hidrógeno	300	500

\*, \*\* : Ver nota de pie de pagina debajo de la Tabla 12.00

Tabla 12.0

**RECOMENDACIÓN DE MINIMA TEMPERATURA PARA EL NO-RELEVO DE  
ESFUERZOS EN SOLDADURA**

Grupo (s) de material	Rango de espesor Pulg.	Revestimiento de Electrodo	Temperatura mínima °F	
			Junta Normal	Junta de alto esfuerzo residual
I	Hasta 0.500	Celulósico	50	50
		Bajo hidrógeno	50	50
I	0.501 - 1.000	Celulósico	50	150
		Bajo hidrógeno	50	50
I	1.001 - 1.500	Celulósico	200	400
I	1.001 - 2.000	Bajo hidrógeno	70	200
II	Hasta 0.500	Celulósico	50	200
		Bajo hidrógeno	50	50
II	0.501 - 1.000	Celulósico	150	300
		Bajo hidrógeno	50	200
II	1.001 - 1.250	Celulósico	300	500
II	1.001 - 1.500	Bajo hidrógeno	150	300
III	Hasta 0.500	Celulósico	100	300
		Bajo hidrógeno	50	200
III	0.501 - 1.000	Celulósico	200	400
		Bajo hidrógeno	100	300
III	1.001 - 1.500	Bajo hidrógeno	200	400
IV y V	Hasta 0.500	Celulósico	300	500
		Bajo hidrógeno	100	300
IV y V	0.501 - 0.750	Celulósico	400	600
		Bajo hidrógeno	150	300
IV y V	0.751 - 1.250	Bajo hidrógeno	300	500
VI	Hasta 0.500	Bajo hidrógeno	100	300
VI	0.501 - 0.750	Bajo hidrógeno	300	500

\* Baja temperatura de metal es permitida si las pruebas de calificación de soldadura son hechas con rangos mínimos de temperatura.

\*\* No aplicar relevo de esfuerzos a juntas de alto esfuerzo residual, tales como intersección de uniones, tramos de tubería, reparación de parches y demás soldadura de acoples.

### **3.1.3.11 Alineamiento de juntas y posicionado durante la soldadura**

La separación entre los terminales de tubos a unir será tan pequeña como se pueda en la práctica. El martilleo de la tubería para obtener el alineamiento será reducido al mínimo. Si se emplean martillos, el peso de estos no excederán de 10 libras.

La tolerancia del desalineamiento debido al espesor de paredes, puede ser corregida por reducción interna del espesor de pared, siempre y cuando éste no sea reducido por debajo de las tolerancias que permita el fabricante.

Esta reducción interna, medida desde el eje longitudinal, no deberá ser mayor de  $30^\circ$  ni menor de  $14^\circ$  (reducción 1:4). Como se muestra en la Figura 10.\* Las juntas de las tuberías deben ser seleccionadas por parejas. Desalineamiento mayor en el diámetro no es posible corregirlo.

Cuando sea práctico y ventajoso, los alineadores (clamps) (ver Figura 11)\* serán usados para soldadura a tope. Los alineadores internos son preferidos a los externos; serán usados externos hasta que el pase de raíz sea prácticamente terminado, en algunos casos se puede retirar cuando se haya completado el 75% de éste.

La deposición del cordón de raíz debe hacerse por segmentos igualmente espaciados alrededor de la circunferencia, como mínimo debe realizarse con dos soldadores simultáneamente y ubicados en lados opuestos de este modo se evita que se reduzca la luz en la junta.

El desalineamiento entre la unión de dos tubos será lo estipulado por API 1104 ó ASME Sección VIII.

Si la separación de la junta entre dos miembros de la unión es mayor que  $1/8"$ , el método de enmantequillado mostrado en la Figura 9\* será usado para llenar la separación excesiva.

\* Figuras 9, 10 y 11 en Páginas 80, 81 y 82 respectivamente.

### **3.1.3.12 Preparación y limpieza de las juntas**

En todas las superficies a soldar se removerá y limpiará de grasa, óxido o herrumbre, pintura, recubrimiento, escoria y humedad existente. Las superficies del metal base estarán libres de rebabas, estrías, u otras condiciones superficiales que interfieran con la manipulación del electrodo y con la fusión del metal base. Herramientas de potencia suficiente serán empleadas para toda la limpieza. La escoria de los pases (cordones) pueden removerse por esmeriles con escobillas de alambre. El esmerilado será utilizado para remover o limpiar las protuberancias del refuerzo circunferencial y longitudinal de la soldadura, los depósitos de arranque, cráteres, sobremona de cordones y la excesiva convexidad.

### **3.1.3.13 Cuidados con electrodos recubiertos**

Solo se usarán electrodos recién sacados de sus contenedores o del horno para la prueba de calificación y para la soldadura de producción.

Los electrodos deben ser protegidos del medio ambiente, evitando su contacto con la lluvia, nevada u otra precipitación. Las tuberías y otras superficies a soldar deben ser secadas por calentamiento a temperatura de 300 °F aproximadamente .

Los electrodos de bajo hidrógeno deberán mantenerse tan secos como sea posible para mantener su capacidad de soldadura como bajo hidrógeno. Estos electrodos son empacados en recipientes herméticamente sellados. Una vez que el sello de la caja es abierto, los electrodos deberán usarse en un corto periodo de tiempo o almacenados en horno a una temperatura entre 250° a 300° F.

Solamente electrodos de bajo hidrógeno con recubrimiento resistente a la humedad serán usados en la soldadura de campo. Todo electrodo que ha estado fuera de su envase o fuera del horno por más de 2 horas, deberá ser secado en horno antes de usarse.

Para minimizar la humedad de los electrodos cuando son retirados de su caja o de los hornos cada soldador deberá almacenarlos en un porta-electrodos térmicamente aislado.

Los electrodos de bajo hidrógeno que se humedecen y que no estén almacenados en gabinetes de calentamiento o no son usados entre 30 a 60 minutos de abierta su caja, serán descartados o reacondicionados en un horno a temperatura dentro de 600° a 700° F por lo menos 1 hora. Los electrodos no serán resecados más de 3 veces. Los electrodos que llegan a humedecerse serán calentados a 160° - 200 °F por 1 hora y reacondicionado a temperatura de 600° a 700 °F. Después del reacondicionamiento a alta temperatura, todos los electrodos serán inspeccionados. Cualquier electrodo con fisuras visibles en el recubrimiento será descartado.

### **3.2. Calificación del Procedimiento de Soldadura**

#### **3.2.1. Validez de la Especificación del Procedimiento (WPS)**

Se requiere de un conjunto de pruebas , las cuales serán realizadas para calificar la Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS), apropiado para un material específico y para condiciones específicas de soldadura en Obra..

Los proyectos que no cumplan con los alcances de ASME B31.3, su WPS deberá calificarse de acuerdo con ASME Sección IX y los proyectos que no cumplan con el alcance de ASME B31.4 o ASME B31.8 , sus WPS deberán calificar de acuerdo con API 1104.

En adición a las pruebas descritas en ASME Sección IX o API 1104. La prueba de dureza será ejecutada para proyectos específicos.

### **3.2.2. Calificación de un nuevo wps**

Para proyectos que encierren un nuevo WPS fuera del alcance de esta especificación, las siguientes pruebas de calificación serán ejecutadas en adición a los requerimientos descritos en el ítem 3.2.5.

- Examen radiográfico de acuerdo con el ítem 3.2.6
- Prueba de dureza de acuerdo con el ítem 3.2.7.
- Prueba de ensayo charpy de acuerdo con el ítem 3.2.8 y
- Para tuberías de tamaño de 16" de diámetro o más, la prueba de susceptibilidad a la fisuración del cordón de raíz será de acuerdo con el ítem 3.2.9.

### **3.2.3. Variables esenciales**

Un procedimiento de soldadura individual está definido por las variables esenciales que limitan la aplicación del procedimiento. Cuando cualquiera de las variables esenciales es modificada se considera que el procedimiento ha cambiado y por consiguiente debe ser sometido a pruebas de calificación.

Las variables esenciales cuya modificación obliga a calificar el procedimiento de soldadura se listan a continuación:

- Un cambio en el proceso de soldadura o en la forma de alimentación del electrodo y/o consumible.
- Un cambio en el grupo del material de la tubería (Ver Tabla 1.0) \*
- Cambio en el grado para materiales mayores del Grupo II al Grupo VIII siempre y cuando la mínima resistencia elástica sea de 65,000 lb/pulg<sup>2</sup> o mayor.
- Cambio en la clasificación AWS del consumible para materiales con una mínima resistencia elástica de 65,000 lb/pulg<sup>2</sup> o más.
- Cambio en la designación AWS o de la manufactura del electrodo para materiales de grupo del IV al VII.

\* Tabla 1.0 en Página 32.

- Un cambio en el grupo del consumible (Tabla 3.0).\*
- Cambio en su manufactura para electrodos E XXXX-G.
- Cambio en la designación AWS para electrodos con especificación mínima de resistencia ténsil de 90,000 lb/pulg<sup>2</sup> o mayor.
- Cambio en el diámetro nominal del electrodo para aquellos con especificación mínima de resistencia ténsil de 80,000 lb/pulg<sup>2</sup> o más.
- Un cambio en el grupo de espesores de soldadura (Tabla 2.0) \*
- Un cambio en el diseño de la junta, incluyendo la eliminación del backing de raíz o reducción en la abertura de raíz o en el ángulo de acceso.
- Cambio en la posición u orientación de la pieza con respecto a la posición del electrodo.
- Cambio en la dirección de la soldadura vertical.
- Incremento sustancial en el lapso de tiempo entre primer pase y segundo pase.
- Cambio en la velocidad de deposición fuera de los rangos preestablecidos
- Disminución en la temperatura de precalentamiento y de interpases de 50 °F o mayor.
- Disminución en la temperatura de alivio de tensiones de 50 °F o mayor y/o una disminución en el tiempo de alivio de tensiones.

#### **3.2.4. Soldadura de las Probetas**

Normalmente, la Compañía proporcionará la tubería para pruebas. El Contratista proporcionará la prueba para la calificación del WPS ha ser empleado durante la construcción.

Una Compañía inspectora o supervisora estará presente durante la selección del material de ensayo, preparación de juntas, soldadura de juntas, retiro de testigos de ensayo y preparación de los testigos para la calificación del procedimiento de

\* Tablas 2.0 y 3.0 en Páginas 37 y 38 respectivamente



soldadura. La siguiente guía será empleada en el montaje de la prueba de la calificación del procedimiento:

#### **3.2.4.1 Material**

Se seleccionará el material de más alto grado dentro del grupo correspondiente o con el carbono equivalente mayor.

$$C_e = C + \frac{Mn + Si}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \dots\dots\dots (1)$$

Ce=Carbono equivalente

#### **3.2.4.2 Espesor de pared**

- \* Menores que 3/16" : Seleccionarán el menor espesor de pared que será soldado.
- \* De 3/16" a 1/2" : Seleccionarán espesor de pared de 3/8", si es práctico.
- \* Mayor que 1/2" : Seleccionarán el mayor espesor de pared disponible.

#### **3.2.4.3 Diámetro**

Seleccionar como mínimo un diámetro cercano a la mitad del tamaño del espesor a ser soldado con el procedimiento.

#### **3.2.4.4 Localización de la soldadura**

La soldadura se efectuará bajo condiciones similares a las que se van a experimentar durante la construcción y/o fabricación.

#### **• *Orientación de la tubería:***

El eje de la tubería será orientado  $\pm 15^\circ$  de la posición a calificar. En todas las posiciones la prueba con el eje a  $45^\circ$  es permitida para validar la WPS.

El constructor proveerá todo el equipo requerido para medir la corriente de soldadura y el voltaje durante la soldadura de las pruebas.

### 3.2.5. Prueba estándar de Calificación del Procedimiento

Los requerimientos para las pruebas de calificación del procedimiento de soldadura en ésta especificación están de acuerdo con los Códigos API 1104, API 1107 y ASME Sección IX. La Tabla 13.0 muestra los requerimientos de pruebas Estándar.

**Tabla 13.0**

#### **REQUERIMIENTOS DE PRUEBAS ESTANDAR**

<b>Prueba Estándar</b>	<b>Referencias</b>
Tracción	ASME IX - API 1104
Nick Break(*)	API 1104
Doblado por cara y raíz	ASME IX - API 1104
Macro-examen	API 1107

\* Prueba de doblez con carga impactante sobre una probeta con entalle, su objetivo es evaluar el grado de fragilidad de la junta.

El tipo y número de especímenes para la prueba de la soldadura se muestran en la Tabla 14.0 (Ver Figuras 12, 13, 14 y 15).\*

El tipo y número de especímenes para la soldadura por filete y de tubos laterales se muestran en la Tabla 15.0. Cada soldadura lateral o de filete tendrá muestras que serán sometidas primero a macro-examen y después a la prueba de Nick break.

\* Figura 12 en Página 83 ; Figura 13 y 14 en Página 84 y Figura 15 en Página 85.

Tabla 14.0

**TIPO Y NUMERO DE ESPECIMENES PARA PRUEBA DE SOLDADURA**

<b>Espesor y diámetro de tubería Pulg.</b>	<b>Número de Especímenes</b>					
	<b>Tracción</b>	<b>Nick Break</b>	<b>Doblado por raíz</b>	<b>Doblado por cara</b>	<b>Doblado lateral</b>	<b>Total</b>
Espesor de pared 1/2" o menores	-	-	-	-	-	-
Mayores 4.1/2" a 12.3/4" inclusive	2	2	2	2	0	8
Mayores que 12.3/4"	4	4	4	4	0	16
Espesor de pared mayores a 1/2"	-	-	-	-	-	-
Mayores 4.1/2" a 12.3/4" inclusive	2	2	0	0	4	8
Mayores que 12.3/4"	4	4	0	0	8	16

Tabla 15.0

**TIPO Y NUMERO DE ESPECIMENES PARA LA SOLDADURA  
POR FILETE Y DE TUBOS LATERALES**

<b>Tipo de espécimen</b>	<b>Número de especímenes</b>
Macro-examen	4
Nice break	4

### **3.2.6. Prueba radiográfica**

Todas las pruebas de las soldaduras serán sujetas a exámen radiográfico con un procedimiento de alta resolución. Para la aceptación de las pruebas de soldadura, las radiografías no contendrán indicaciones aisladas o grupales (imágenes) que sean mayores que 1.5 veces la dimensión límite establecido en la Sección 6 de API 1104.

Aquellos defectos superficiales (poros, socavaciones, etc.) que originen indicaciones en la placa radiográfica deberán ser analizados de acuerdo a la Sección 6 de API 1104 y dimensionados directamente (largo, ancho, profundidad) y registrados.

En el procedimiento radiográfico se usará películas Clase 1 o de grano fino para exposición con rayos gamma, o película de Clase 2 o de grano fino con exposición por rayos X. En cada prueba radiográfica se deberá usar indicador de calidad de imagen (ICI) según ASTM E142 y el agujero 1T del penetrametro será visible sobre la película expuesta.

### **3.2.7. Prueba de dureza**

Cuando la dureza es requerida para la calificación del procedimiento de soldadura, los valores máximos de dureza en el metal base, metal de aporte, línea de fusión y ZAC(“) se encontrarán en los límites indicados en la Tabla 16.0.

La prueba de dureza será ejecutada por lo menos en tres (03) especímenes o muestras tomadas en forma igualmente espaciada. La localización de las mediciones de dureza se muestra en la Figura 16\*.

\* Figura 16 en Página 85.

**Tabla 16.0**  
**LIMITES DE DUREZA**

Condición	Vickers*	
	Valor individual	Valor promedio de 3 mediciones
Servicio H <sub>2</sub> S	270	240
Electrodo con revestimiento celuloso	325	300
Electrodos de bajo hidrógeno	375	350
Soldadura por TIG o MIG	400	375

\* Se puede usar KNOOP y convertirlos a Vickers

### **3.2.8. Prueba de Fractura Charpy**

Cuando se requiera la prueba de impacto, ésta se realizará de acuerdo con la norma ASTM A370 sobre una probeta con entalle en V .

En la Figura 17\* se muestra la localización de las probetas Charpy y en la Figura 18\* se podrá observar los requerimientos de orientación del entalle en V.

Los especímenes serán ensayados a una temperatura igual o menor que la temperatura de exposición crítica. La temperatura de exposición crítica es la mínima temperatura esperada en servicio en la cual el nivel de esfuerzos es por lo menos igual a la mitad del esfuerzo límite de diseño admisible para los componentes de la tubería.

El tamaño de la muestra a ser usada será de 10mm x10mm, pero cuando se necesiten tamaños más pequeños, la temperatura de ensayo será más baja para permitir los efectos del espesor sobre la fractura a la temperatura de transición. La Tabla 17.0 proporciona temperaturas ajustadas para muestras de tamaño pequeño. La forma de ensayo se aprecia en la Figura 19\*.

\* Figuras 17, 18 y 19 en Páginas 86, 87 y 88 respectivamente.

Tabla 17.0

**TEMPERATURAS AJUSTADAS PARA MUESTRAS DE TAMAÑO PEQUEÑO**

<b>Tamaño de muestra mm x mm (pulg. x pulg.)</b>	<b>Temperaturas Ajustadas °F</b>
10 x 10 (0.394 x 0.394)	0
9 x 10 (0.355 x 0.394)	-10
8 x 10 (0.315 x 0.394)	-15
7 x 10 (0.276 x 0.394)	-22
6 x 10 (0.236 x 0.394)	-30
5 x 10 (0.197 x 0.394)	-40

Los requerimientos de la energía de absorción para la sección completa de la muestra se dan en la Tabla 18.0. La energía de absorción para muestras pequeñas será proporcional al área de fractura bajo la entalla en V. La Tabla 19.0 proporciona los valores de corrección para muestras pequeñas.

Tabla 18.0

**REQUERIMIENTOS DE LA ENERGIA DE ABSORCION PARA LA SECCION  
COMPLETA DE LA MUESTRA BAJO LA ENTALLA EN V**

<b>Máximo SMYS Kpsi</b>	<b>Energía de absorción en pie-lb*</b> <b>Espesores Pulg.</b>		
	<b>T &lt; 0.5</b>	<b>0.5 &lt; t &lt; 1</b>	<b>1 &lt; t &lt; 2</b>
35	13/10	15/12	15/12
42	15/12	15/12	20/16
52	15/12	20/16	25/20
65	20/16	25/20	35/28
75	25/20	35/28	40/32
100	35/28	40/32	50/40

\* Para la probeta normal, el primer valor es el promedio de tres ensayos , el segundo es el valor mínimo de energía de absorción en el conjunto de ensayos.

Tabla 19.0

**VALORES DE CORRECCION DE LA ENERGIA DE ABSORCION  
PARA MUESTRAS PEQUEÑAS**

<b>Tamaño de la muestra mm x mm (pulg. x pulg.)</b>	<b>Valores de Corrección de la Energía de Absorción*</b>
10 x 10 (0.394 x 0.394)	1.00
9 x 10 (0.355 x 0.394)	0.88
8 x 10 (0.315 x 0.394)	0.75
7 x 10 (0.276 x 0.394)	0.63
6 x 10 (0.236 x 0.394)	0.50
5 x 10 (0.197 x 0.394)	0.38

\* Multiplicar la energía de absorción requerida en la Tabla 18 por el valor apropiado del factor de corrección.



### **3.2.9. Prueba de susceptibilidad a la fisuración del cordón de raíz**

La prueba de susceptibilidad será realizada con una probeta de la unión como se muestra en la Figura 20a.\* La probeta de la prueba de susceptibilidad será preparada por conexión de dos tubos que tengan el bisel, talón y abertura de raíz iguales a los que se usarán durante la construcción. Los segmentos de juntas serán soldados totalmente dejando aproximadamente secciones de igual espaciado que el usado para el cordón de raíz. Completado el cordón de raíz se permitirá el enfriamiento hasta temperatura ambiente. Después de un periodo de enfriamiento de aproximadamente 1 hora, el cordón de raíz será limpiado y examinado visualmente, aplicando líquidos penetrantes o partículas magnéticas. Las áreas del cordón de raíz no deberán mostrar evidencia de fisuración (Ver Figura 20b).

Después que la prueba no destructiva ha sido completada se pulirá el cordón de raíz mínimo tres veces y se realizará un examen microscópico a 25X o más aumentos y subsiguientemente se hará una prueba de dureza Vickers.

Las muestras serán tomadas de las posiciones 1, 3 y 7 del reloj. La prueba será realizada después de 24 horas o más de terminada la soldadura. El cordón de raíz bajo el examen microscópico no deberá exhibir fisuras o socavaciones en exceso del límite establecido en la Sección 6 de API 1104. La localización y número de indentaciones de dureza serán similares al gráfico que se muestra en la Figura 16.\*

\* Figura 16 en Página 85 y Figuras 20a y 20b en Página 89.

### 3.3. Calificación de Soldadores

#### 3.3.1. Alcances

Aquí se detallan los requerimientos de calificación de soldadores para tuberías de alta presión (100 lb/pulg<sup>2</sup> o mayor). Los soldadores para tuberías de alta presión encontrarán los requerimientos de calificación en la Tabla 20.0.

**Tabla 20.0**

#### **REQUERIMIENTOS PARA CALIFICACION DE SOLDADORES**

<b>Descripción de la Tubería</b>	<b>Código/Standard requerido</b>
Tuberías de cruces	API 1104
Tuberías dentro de Refinerías, Plantas Químicas y Plantas de Gas	ASME IX
Tuberías fabricadas en taller	ASME IX

El propósito de las pruebas es poder determinar la habilidad de los soldadores para ejecutar soldaduras seguras usando un procedimiento calificado previamente. Los soldadores no se desviarán en más del 25% de cualquiera de las variables del procedimiento de soldadura que ha sido calificado para usar durante la soldadura de producción. Los soldadores que ejecuten las probetas para las pruebas de calificación de procedimiento y resulten aprobados se considerarán calificados, ya que las pruebas de calificación de procedimientos son más estrictas que las de calificación de soldador.

La calificación de soldador será conducida en presencia de un representante de la Compañía. La prueba inicial de calificación será por examen destructivo.

Antes de iniciar la prueba de calificación, los soldadores contarán con un tiempo razonable para ajustar el equipo empleado en la prueba.

### **3.3.2. API Estándar 1104**

Este estándar permite la calificación de nivel simple o múltiple. Una prueba de calificación simple restringe a los soldadores a parámetros de soldadura similares a los que existen durante la soldadura de la junta.

La prueba de calificación múltiple está basada en dos pruebas diferentes permitiendo mayor variación en las condiciones de soldadura que la prueba de calificación simple.

Los soldadores pueden ser certificados a través de probetas de calificación de desempeño o por la evaluación radiográfica del primer tramo de soldadura en Obra.

#### **3.3.2.1 Prueba de calificación simple**

Los soldadores que han completado las pruebas de calificación de desempeño sobre una junta y posición serán calificados dentro de los límites de las variables esenciales abajo descritas.

El soldador será nuevamente sometido a prueba de calificación de desempeño si cualquiera de las variables siguientes es cambiada:

- Diseño de la junta:
  - Cambio de ángulo.
  - Cambio en el backing.
  - Cambio en el tipo de bisel (bisel V a bisel U ó viceversa).
- Posición de la tubería:
  - Cambio de posición (fija a giratoria).
  - Cambio en el ángulo del eje de tubería en más de 15 grados.

- Proceso de soldadura o método de aplicación :
  - Cambio en el proceso o en la combinación de procesos.
  - Cambio en la aplicación (manual a automática).
- Cambio en la dirección de soldadura vertical .
- Cambio en el grupo F, del metal de aporte .
- Cambio en el grupo de diámetros:
  - Menores que 2.3/8"
  - De 2.3/8" a 12.3/4"
  - Mayores que 12.3/4"
- Cambio en el grupo de espesores (cambio de  $\pm 25\%$  del espesor de prueba, no requiere recalificar) :
  - Menores que 3/16".
  - De 3/16" a 3/4".
  - Mayores que 3/4".

El tipo, número y requerimientos de probetas serán las establecidas por la última edición de API 1104.

### **3.3.2.2 Calificación múltiple**

Todos los soldadores que efectúen soldadura de mantenimiento de línea bajo una presión de 100 lb/plg<sup>2</sup> o mayor, tendrán que pasar la prueba de calificación múltiple en API 1104.

Los soldadores harán primero una soldadura a tope con backing (refuerzo) con el eje de la tubería en el plano horizontal o inclinado con respecto al original en un ángulo no mayor de 45°. Esta soldadura será realizada sobre una tubería de 6. 5/8" de diámetro como mínimo y un espesor de pared no menor de 1/4". La soldadura

será aceptable si satisface los requerimientos de inspección visual, ensayos mecánicos y radiografías de acuerdo con API 1104.

La segunda prueba será la preparación, corte fijación y soldadura de una conexión (branch) con una tubería de 6.5/8" de diámetro mínimo y un espesor nominal no menor de 1/4". La soldadura exhibirá penetración total en toda la circunferencia y se considerará aceptable si satisface los requerimientos de ensayo tipo nick break.

### **3.3.3. ASME Sección IX**

Cuando la soldadura es efectuada dentro de los límites de Refinerías, Plantas Químicas y Plantas de Gas, los soldadores serán calificados de acuerdo con ASME Sección IX. Los soldadores que ejecuten soldadura bajo condiciones de los metales del Grupo I ó II pueden ser calificados bajo ASME Sección IX, aún cuando la tubería pueda ser instalada en cruces de línea( Ver Figuras 21 y 22).\*

#### **3.3.3.1 Re-examen de Soldadores**

Si un soldador no aprueba la calificación de desempeño por condiciones inevitables o condiciones fuera del control, de común acuerdo entre la compañía calificadora y el contratista, se le podrá dar una segunda oportunidad. Las pruebas adicionales no serán dadas hasta que el soldador haya presentado evidencia de su experiencia y entrenamiento.

#### **3.3.3.2 Registros**

Los resultados de las pruebas de calificación de soldadores y las variables esenciales serán registrados totalmente en los formatos previstos por la compañía.

\* Figuras 21 y 22 en Páginas 90 y 91 respectivamente.

### **3.4. Reparación de Soldadura**

Todas las soldaduras que no se encuentren dentro del estándar de aceptabilidad de la Sección 6.0 de API 1104 o estándares alternativos, serán reparadas tal como lo permite el código ASME B31.4 ó ASME B31.8. Excepto para quemadura de arco, cuyas reparaciones de soldadura deberán ser realizadas por soldadores calificados usando procedimiento de reparación calificados.

Los cráteres de arcos serán removidos por esmerilado, si la profundidad del esmerilado es menor que la tolerancia de manufactura para el espesor de pared, se determinará por ataque químico si este defecto ha sido o no eliminado. Si la profundidad de esmerilado es mayor que la tolerancia del espesor de pared, o el espesor remanente de pared es menor que la tolerancia menor del espesor nominal de pared, la tubería que contenga esta área será removida y reemplazada.

Si la soldadura no puede ser reparada por remoción del metal que contenga el defecto y reemplazado el metal por soldadura, la sección de la tubería que contenga el defecto será removida (cambiándose de tubería o colocándose un niple de acuerdo con la Norma).

#### **3.4.1. Especificación del Procedimiento**

Este procedimiento cubre la soldadura por arco eléctrico manual con electrodo recubierto dado en la Tabla 3.0\* y para materiales de acero al carbono y de baja aleación con resistencia elástica hasta 80,000 psi y espesores de pared hasta 2".

Este procedimiento de reparación está de acuerdo con el estándar API 1104. Para reparaciones usando otros procesos o materiales fuera del alcance de esta especificación, se deberá desarrollar nuevos procedimiento de reparación y calificarlos. Sin embargo es intención de este documento que la especificación

\* Tabla 3.0 en Página 38.

cubra materiales de alta resistencia y/o gruesos , al menos semejante a los requerimientos establecidos por las especificaciones de reparación.

### **3.4.2. Diseño de junta y electrodo de soldadura**

El detalle para el diseño de las juntas a reparar y la secuencia de cordones y cantidad de éstas se dan en las Figuras 23 y 24\*. Una soldadura será reparada con un mínimo de dos pases, sobre todo si parte del último pase, ha de ser removida por esmerilado para mantener la soldadura en las dimensiones dentro de los límites especificados.

Es importante hacer notar que para reparación por la parte interior, la junta reparada será sobremontada de tal forma que el metal depositado en la última pasada pueda ser removido por esmerilado. Solamente el metal de soldadura refinado por pases sucesivos permanecerá en la reparación y el último cordón será removido por esmerilado.

Solo se permitirá el uso de electrodos de bajo hidrógeno para reparar las soldaduras que unen materiales del Grupo II o mayor.

### **3.4.3. Características eléctricas**

En la Tabla 9.0\* se aprecian valores de corriente y velocidades de aporte para varios electrodos. El valor medio superior del rango de corriente será el empleado normalmente para la reparación de soldaduras.

### **3.4.4. Dirección vertical de soldadura**

La dirección vertical descendente es la normal para electrodos E XX10, y la vertical ascendente, es la normal para electrodos de bajo hidrógeno tipo E XX18 .

*\* Figuras 23 y 24 en Página 92 y Tabla 9.00 en Página 44.*



#### **3.4.5. Relevo de Refuerzos**

La Tabla 21.0 muestra los requerimientos del tratamiento térmico de alivio de tensiones de acuerdo con el tiempo y temperatura que especifica la Sección VIII del código ASME.

#### **3.4.6. Control de Temperaturas**

Cuando sea posible, el área comprendida entre las 3" de la soldadura reparada será precalentada a más de 50 °F por encima de las temperaturas indicadas en las Tablas 22 y 23.

Si el precalentamiento se ejecutará con soplete, el metal será calentado a un mínimo de 300 °F, asegurando que la mezcla asociada en la combustión se evapore. La temperatura será frecuentemente controlada con crayolas u otros métodos aceptables para determinar la temperatura del material.

Tabla 21.0

**REQUERIMIENTOS CUANDO EL TRATAMIENTO TÉRMICO DE ALIVIO DE  
TENSIONES ES NECESARIO EN REPARACIONES POR SOLDADURA**

<b>Aporte requerido para la reparación</b>	<b>Espesores Pulg.</b>	<b>Profundidad en Junta a tope Pulg.</b>
E 6010	Mayores que 1-1/2	Mayores que 1
E 7010-A1	Mayores que 1-1/4	Mayores que 3/4
E 7010 G	Mayores que 1-1/4	Mayores que 3/4
E 7018	Mayores que 1-1/2	Mayores que 1
E 9018-A1	Mayores que 1-1/2	Mayores que 1
E 8010-G	Mayores que 1	Mayores que 3/4
E 8018-B2L	Mayores que 1	Mayores que 3/4
E 8018-C1	Mayores que 1	Mayores que 3/4
E 8018-C2	Mayores que 1	Mayores que 3/4
E 8018-C3	Mayores que 1	Mayores que 3/4
E 9010-G	Mayores que 1	Mayores que 1/2
E 9018-B2L	Mayores que 3/4	Mayores que 1/2
E 9018-D1	Mayores que 3/4	Mayores que 1/2
E 9018-G	Mayores que 3/4	Mayores que 1/2
E 9018-M	Mayores que 3/4	Mayores que 1/2
E 10018-D2	Mayores que 1/2	Mayores que 1/4
E 10018-G	Mayores que 1/2	Mayores que 1/4
E 10018-M	Mayores que 3/4	Mayores que 1/2
E 11018-G	Mayores que 1/2	Mayores que 1/4
E 11018-M	Mayores que 1/2	Mayores que 1/4
E 12018-G	Ninguno	Ninguno
E 12018-M	Ninguno	Ninguno

Tabla 22.0

**TEMPERATURA MINIMA DE APOORTE PARA REPARACIONES POR****SOLDADURA****(Aplicación de Relevé de Esfuerzos)**

<b>Metal depositado a ser reparado</b>	<b>Espesor de extremo de cordón Pulg.</b>	<b>Electrodo de reparación</b>	<b>Temperatura mínima °F</b>
E 6010	Hasta 0.500	E XX10	50
	0.501 a 1.000	E XX18	50
		E XX10	100
	1.001 a 2.000	E XX18	50
		E XX10	250
		E XX18	150
E 7010-X	Hasta 0.500	E 7010-X	50
	0.501 a 1.000	E 7018-X	50
		E 7010-X	200
	1.001 a 2.000	E 7018-X	100
		E 7010-X	400
		E 7018-X	200
E-7018-X	Hasta 0.500	E 7018-X	50
	0.501 a 1.000	E 7018-X	100
	1.001 a 2.000	E 7018-X	200
E 8010-X	Hasta 0.500	E 8010-X	200
	0.501 a 1.000	E 8018-X	100
		E 8010-X	300
	1.001 a 2.000	E 8018-X	200
		E 8010-X	400
		E 8010-X	400
E 8018-BXX	Hasta 0.500	E 8018-BX	100
	0.501 a 1.000	E 8018-BX	200
	1.001 a 2.000	E 8018-BX	400
E 8018-CX	Hasta 0.500	E 8018-X	50
	0.501 a 1.000	E 8018-X	100
	1.001 a 2.000	E 8018-X	300

<b>Metal depositado a ser reparado</b>	<b>Espesor de extremo de cordón Pulg.</b>	<b>Electrodo de reparación</b>	<b>Temperatura mínima °F</b>
E 9010-X	Hasta 0.500	E 9010-X	250
		E 9018-X	100
	0.501 a 1.000	E 9010-X	400
		E 9018-X	200
	1.001 a 2.000	E 9010-X	400
E 9018-BXX	Hasta 0.500	E 9018-BXX	150
	0.501 a 1.000	E 9018-BXX	250
	1.001 a 2.000	E 9018-BXX	400
E 9018-DX, G o M	Hasta 0.500	E 9018-X	150
	0.501 a 1.000	E 9018-X	250
	1.001 a 2.000	E 9018-X	400
E 10018-DX o G	Hasta 0.500	E 11018-X	150
	0.501 a 1.000	E 11018-X	250
	1.001 a 2.000	E 11018-X	400
E 10018-M	Hasta 0.500	E 10018-M	150
	0.501 a 1.000	E 10018-M	250
	1.001 a 2.000	E 10018-M	400
E 11018-G o M	Hasta 0.500	E 11018-M	200
	0.501 a 1.000	E 11018-M	300
	1.001 a 2.000	E 11018-M	450
E 12018-G o M	Hasta 0.500	E 12018-X	250
	0.501 a 1.000	E 12018-X	400
	1.001 a 2.000	E 12018-X	600

**Tabla 23.0**

**TEMPERATURA MINIMA DE APOORTE PARA REPARACIONES POR**

**SOLDADURA**

**(Después del Relevo de Esfuerzos)**

<b>Metal depositado a ser reparado</b>	<b>Espesor de extremo de cordón Pulg.</b>	<b>Electrodo de reparación</b>	<b>Temperatura mínima °F</b>
E 6010	Hasta 0.500	E XX10	100
	0.501 a 1.000	E XX18	50
	1.001 a 1.500	E XX10	250
E 7010-X	Hasta 0.500	E XX18	100
	0.501 a 1.000	E XX18	300
	1.001 a 1.250	E XX18	300
E-7018-X	Hasta 0.500	E 7010-X	200
	0.501 a 1.000	E 7018-X	50
	1.001 a 1.500	E 7010-X	300
E 8010-X	Hasta 0.500	E 7018-X	200
	0.501 a 1.000	E 7018-X	300
	1.001 a 1.500	E 7018-X	300
E 8018-BXX	Hasta 0.500	E 8018-X	50
	0.501 a 1.000	E 8018-X	200
	1.001 a 1.500	E 8018-X	300
E 8018-CX	Hasta 0.500	E 8018-X	250
	0.501 a 1.000	E 8018-X	150
	1.001 a 1.500	E 8010-X	400
E 9010-X	Hasta 0.500	E 8018-X	250
	0.501 a 1.000	E 8018-BX	200
	1.001 a 1.500	E 8018-BX	350
E 9018-BXX, DX, G o M	Hasta 0.500	E 8018-X	100
	0.501 a 1.000	E 8018-X	200
	1.001 a 1.500	E 8018-X	200
E 10018-DX o G	Hasta 0.500	E 9010-X	300
	0.501 a 1.000	E 9018-X	150
	1.001 a 1.500	E 9018-X	300
E 11018-G o M	Hasta 0.375	E 9018-X	300
	0.376 a 0.750	E 9018-X	450
	0.751 a 1.500	E 9018-X	450
E 10018-M	Hasta 0.500	E 11018-X	500
	0.501 a 1.000	E 11018-X	500
	1.001 a 1.500	E 11018-X	500
E 11018-G o M	Hasta 0.375	E 10018-M	300
	0.376 a 0.750	E 10018-M	500
	0.751 a 1.500	E 10018-M	500

#### **3.4.7. Método de remoción de defecto**

El esmerilado es el método aconsejable para remover defectos y es aceptado para la remoción de fisuras. Después que éstas han sido removidas, el área donde el defecto estuvo localizado será examinada por Partículas Magnéticas o Líquidos Penetrantes para determinar si el defecto fue removido totalmente. Cuando es usado el exámen visual para determinar defectos, un adecuado sistema de iluminación será provisto.

#### **3.4.8. Cuidados con los electrodos**

Los cuidados estarán de acuerdo con el ítem 3.1.3.13.\*

#### **3.4.9. Preparación de la junta a reparar**

La unión a reparar y los pases de soldadura serán ejecutados de acuerdo con los Ítems contenidos en el Acápite 3.4\*

#### **3.4.10. Ensayos no destructivos aplicados a la reparación**

Cada reparación de soldadura será examinada visualmente después de la limpieza y antes de aplicar los pases siguientes. Para mantener la temperatura alta del área soldada hasta que la reparación sea completada no se permite inspección entre pases con Partículas Magnéticas o Líquidos Penetrantes.

Terminada la soldadura y después de remover el exceso de metal de la sobremonta, se efectuará un examen no destructivo de acuerdo a la misma técnica que originalmente se uso para la detección del defecto reparado.

*\* Ítem 3.1.3.13 en Página 52 e Ítem 3.4 en Página 68.*



### 3.4.11.2 Pruebas de calificación

La supervisión estará presente durante la selección del material de prueba, elaboración de la junta, elaboración de la soldadura y toma de las muestras para ensayos, para calificar el procedimiento de reparación.

Las muestras para la calificación del procedimiento de reparación se muestran en las Figuras 12, 13 y 15.\*

### 3.4.11.3 Tipo y número de muestras

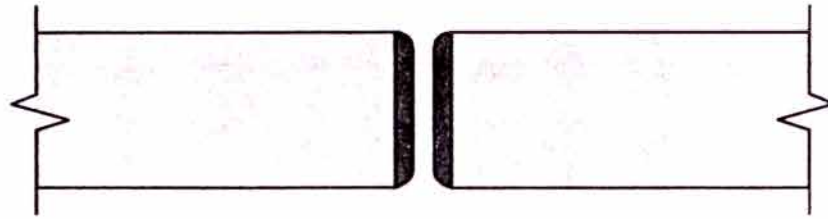
El tipo y número de muestras estándar para la calificación de la soldadura de reparación se listan en la Tabla 24.0 y para la extracción de probetas se localizarán como se observa en la Figura 18.\*

**Tabla 24.0**

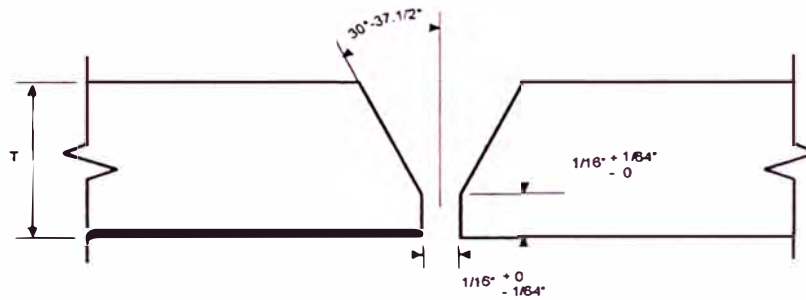
**TIPO Y NUMERO DE MUESTRAS ESTANDAR PARA LA CALIFICACIÓN  
DE LA SOLDADURA DE REPARACIÓN SE MUESTRAN**

	Tracción	Doblado de raíz	Doblado de cara	Doblado lateral	Total
Fuera de la línea central	1	0	1	2	4
Fuera de la línea de fusión	1	0	1	2	4
Dentro de la línea central	2	2	0	2	6

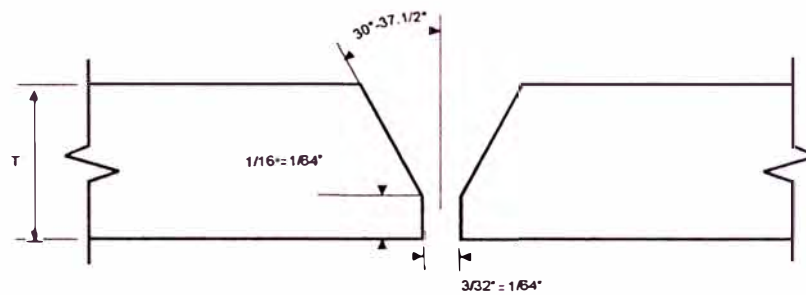
\* Figuras 12, 13, 15 y 18 en Páginas 83, 84, 85 y 87 respectivamente .



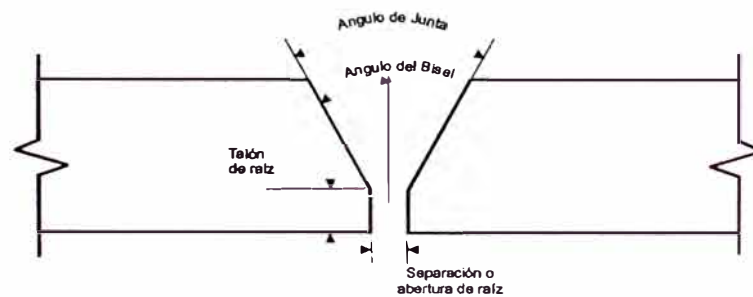
FORMA TÍPICA DE UNION DE TUBERIAS



DIMENSIONADO DE JUNTAS A TOPE PARA  
PROCESO POR ARCO ELECTRICO  
VERTICAL DESCENDENTE EN  
ESPESORES (T) HASTA 1/2"

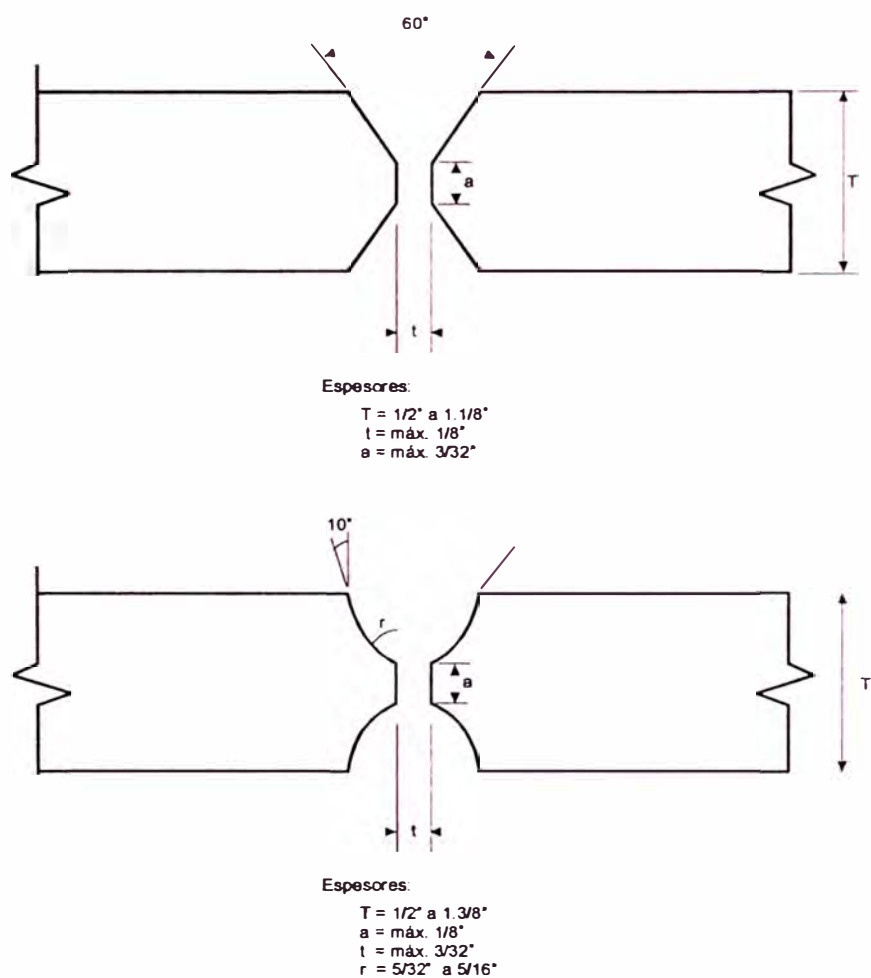


DIMENSIONADO DE JUNTAS A TOPE PARA  
PROCESO POR ARCO ELECTRICO  
VERTICAL DESCENDENTE EN  
ESPESORES (T)  $\geq 1/2$ "



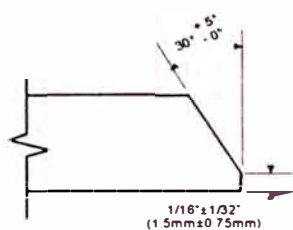
TERMINOLOGIA PARA JUNTA A TOPE

Figura 1 – Juntas típicas en V



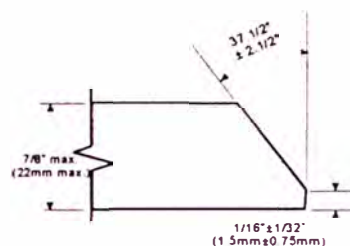
**DIMENSIONADO DE JUNTAS PARA ARCO ELECTRICO  
MANUAL EN ESPESORES MAYORES A  $1/2''$**

**Figura 2 – Juntas típicas para espesores mayores de  $1/2''$**



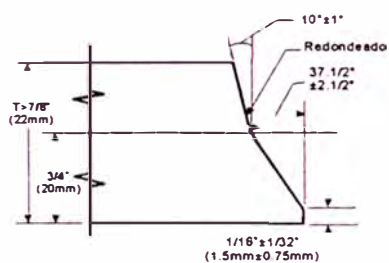
Preparación de Junta para tubería

Figura No 3



Preparación de Junta a tope de accesorios y tubería de 7/8" (22mm) y menores

Figura No 4



Preparación de junta sugerida para tubería y accesorios mayores a 7/8" (22mm) espesor

Figura No 5

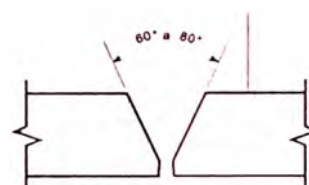


Figura No 6

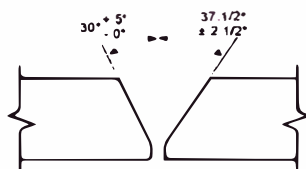


Figura No 7

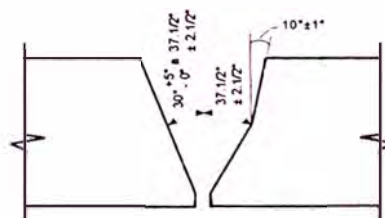


Figura No 8

### RECOMENDACIONES ANSI/ASME B31.4 PARA LA PREPARACIÓN DE JUNTAS PARA UNIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

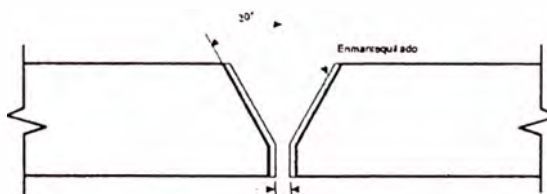


Figura 9 – Enmantequillado par reparar bordes

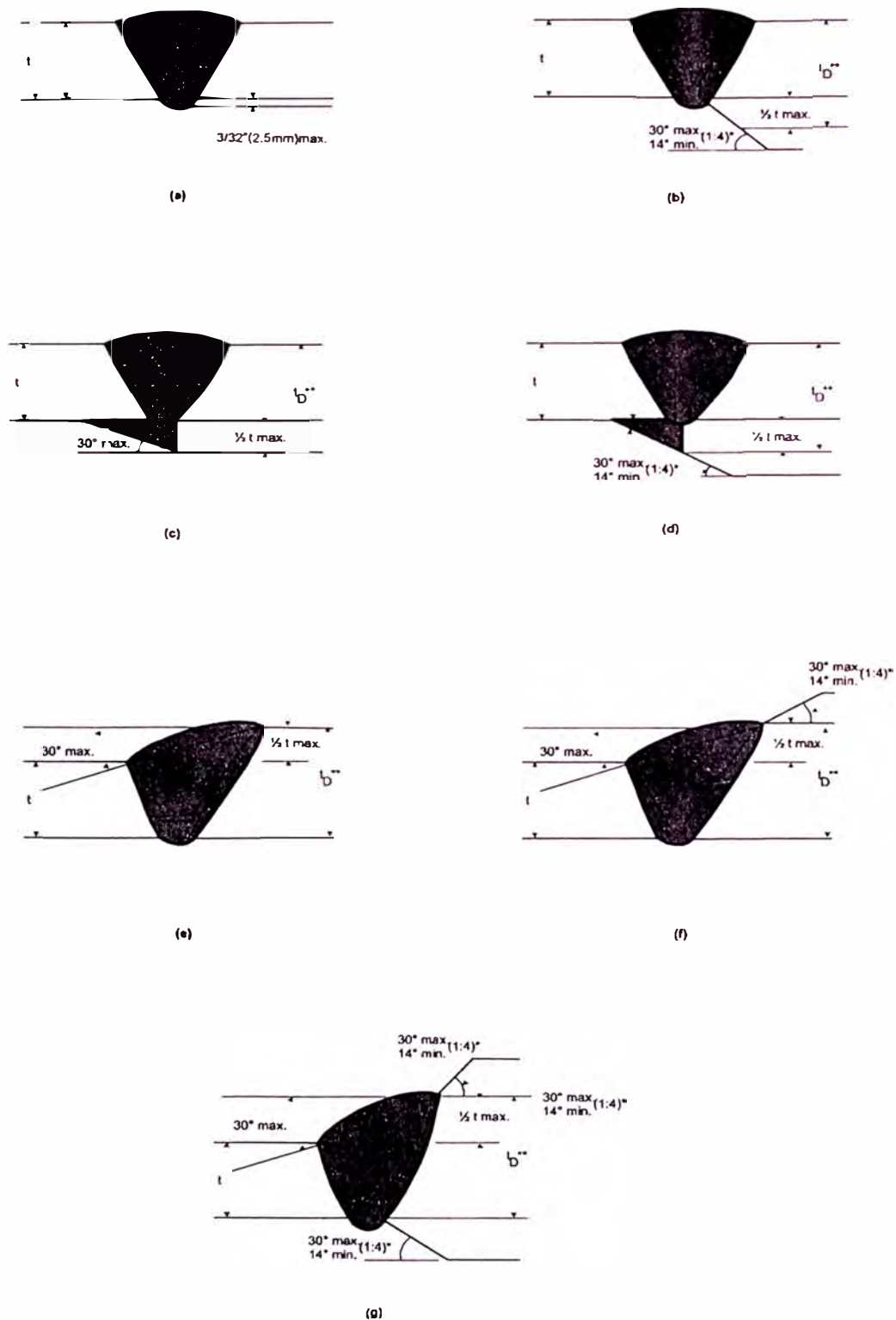


Figura 10 – Juntas típicas de espesores desiguales

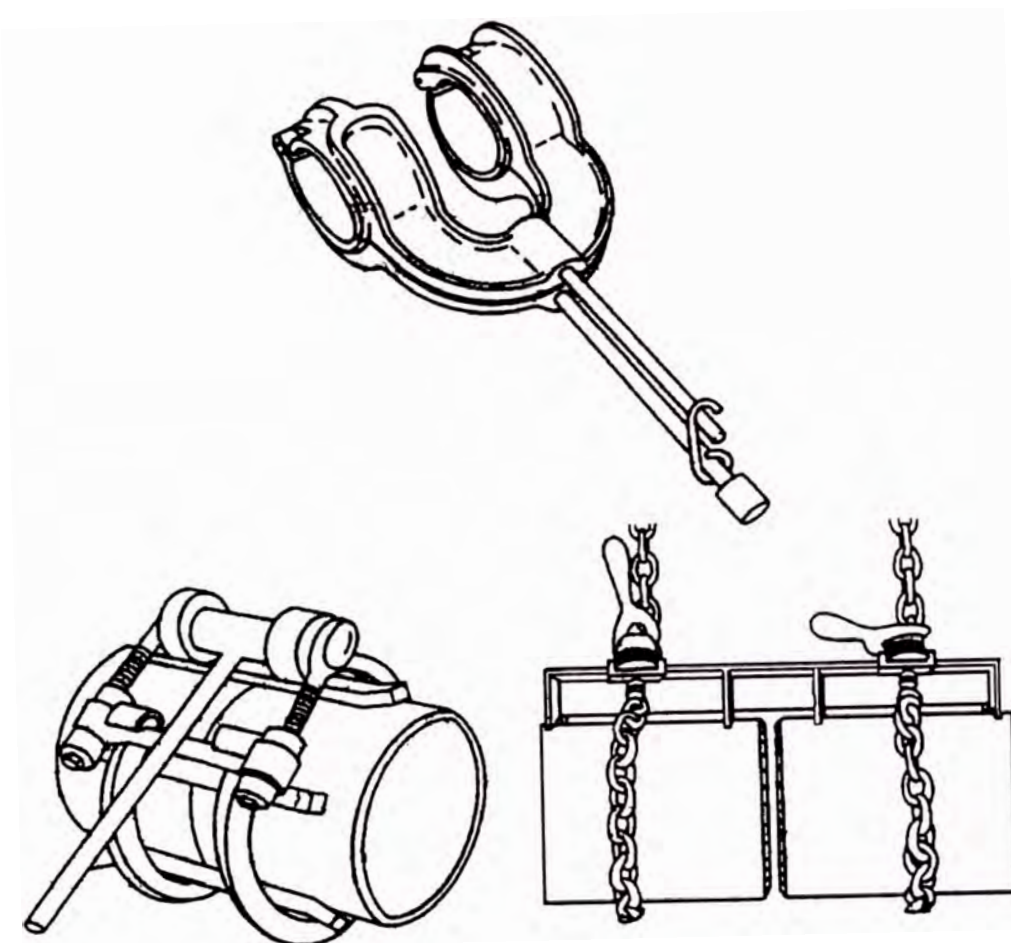


Figura 11 – Alineadores externos (Clamps) para tubos



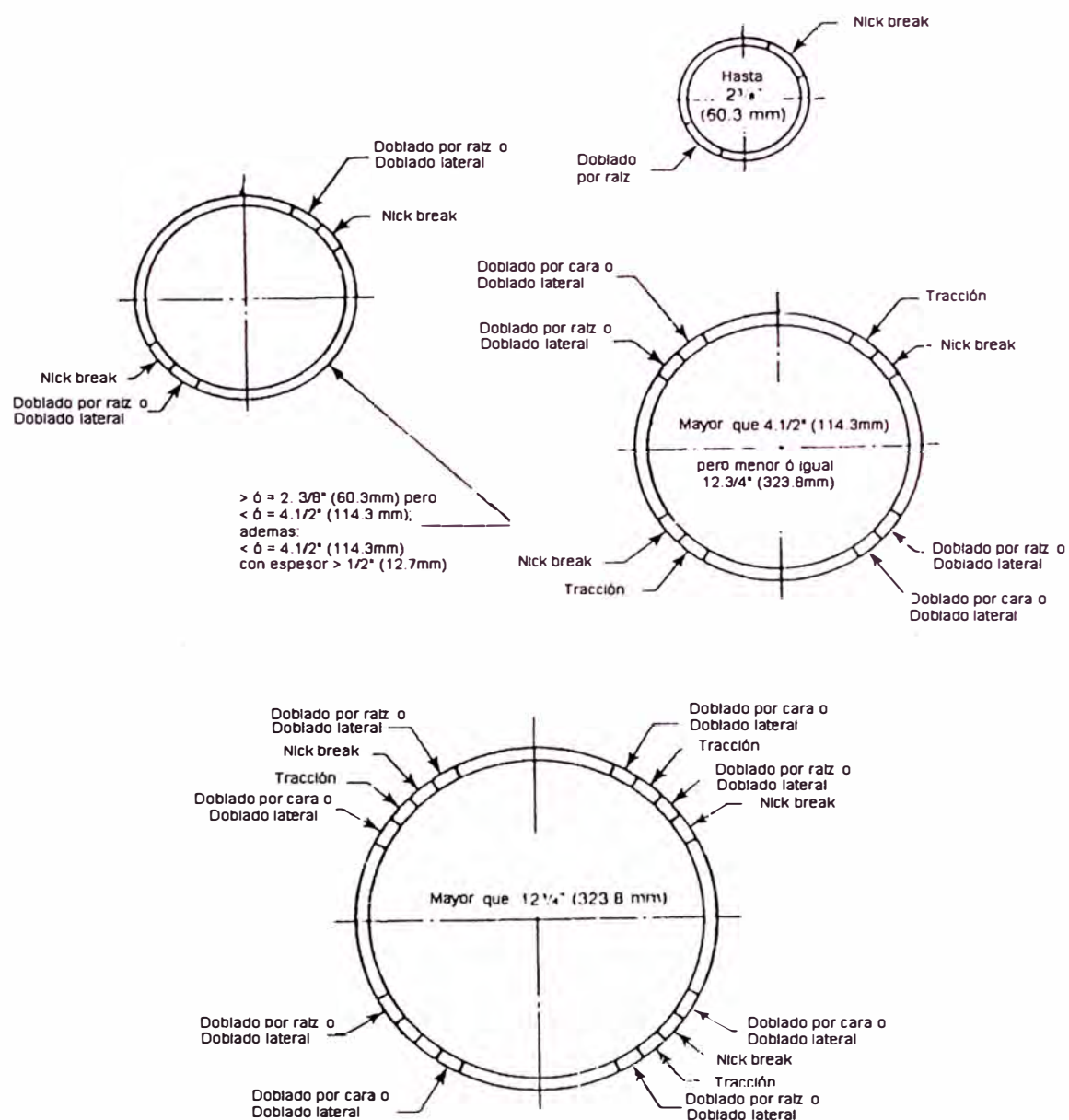


Figura 12 – Localización de probetas para calificación de procedimiento Soldadura a tope (API 11-04)

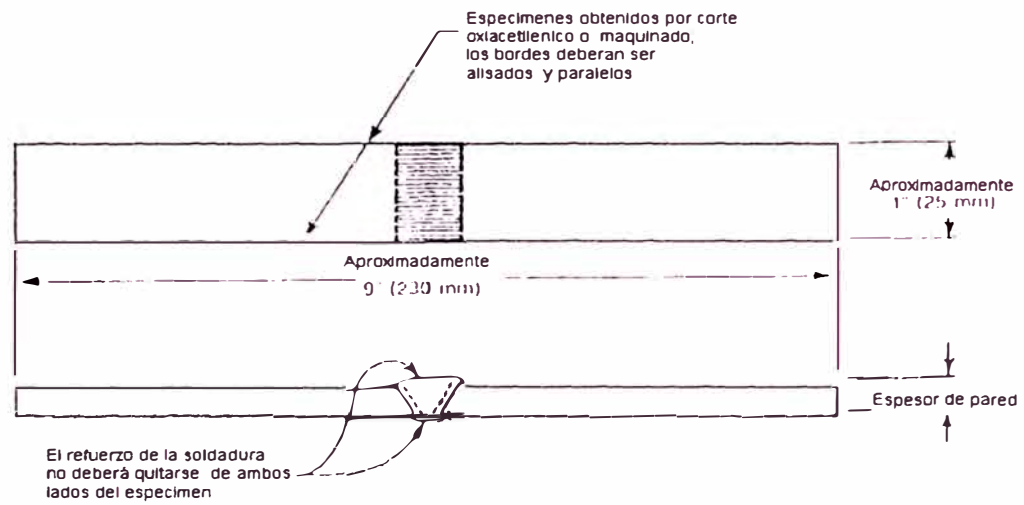


Figura 13 – Probeta para ensayo de tracción

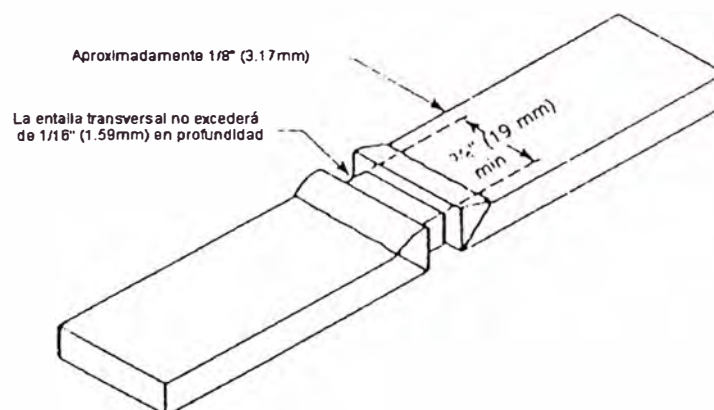
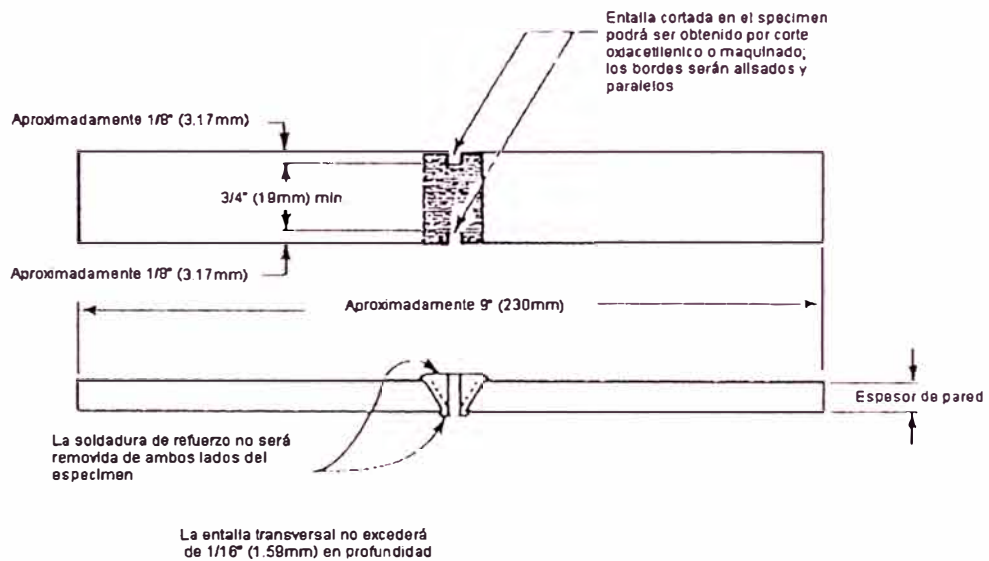
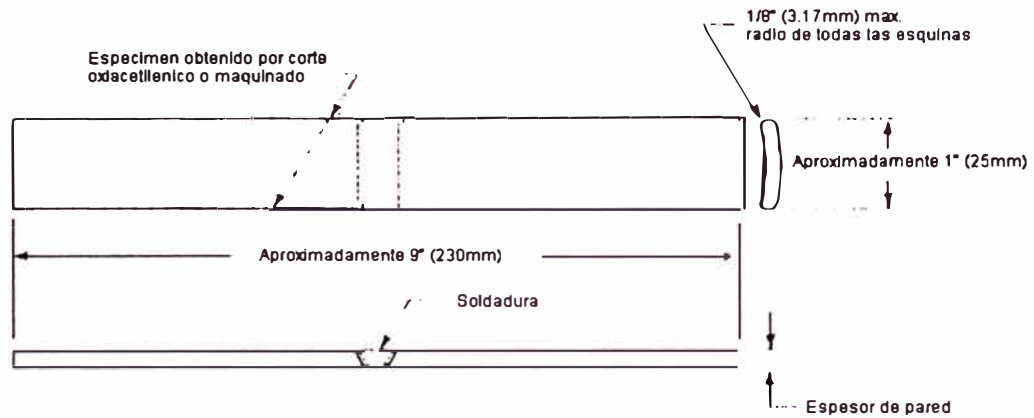
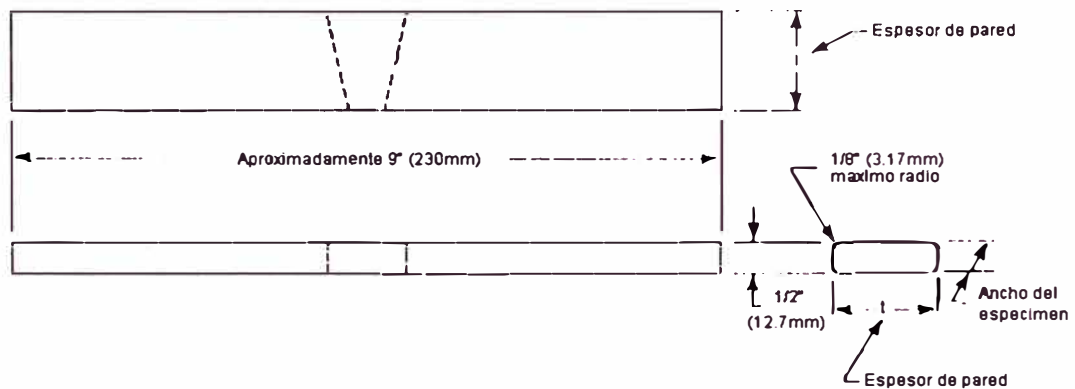


Figura 14 – Probeta para ensayo de Nick Break



Doblado por cara y raiz espesor de pared menor o igual a 1/2" (12.7mm)

Figura 15a - Probeta para ensayo de doblez por cara y raiz



Doblado lateral : espesor de pared mayor que 1/2" (12.7mm)

Figura 15b- Probeta para ensayo de doblez lateral

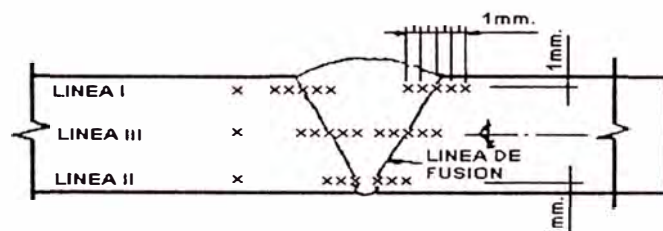
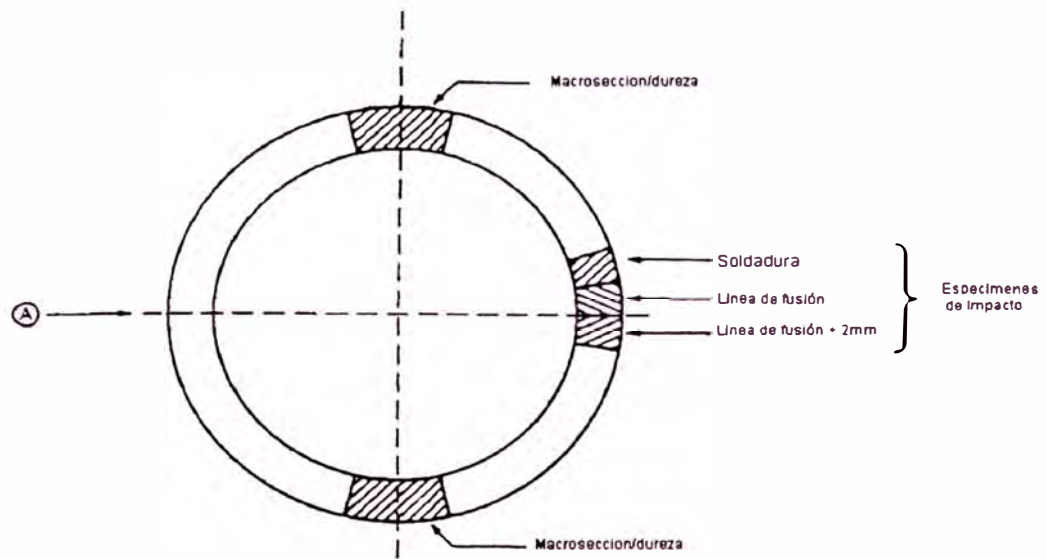
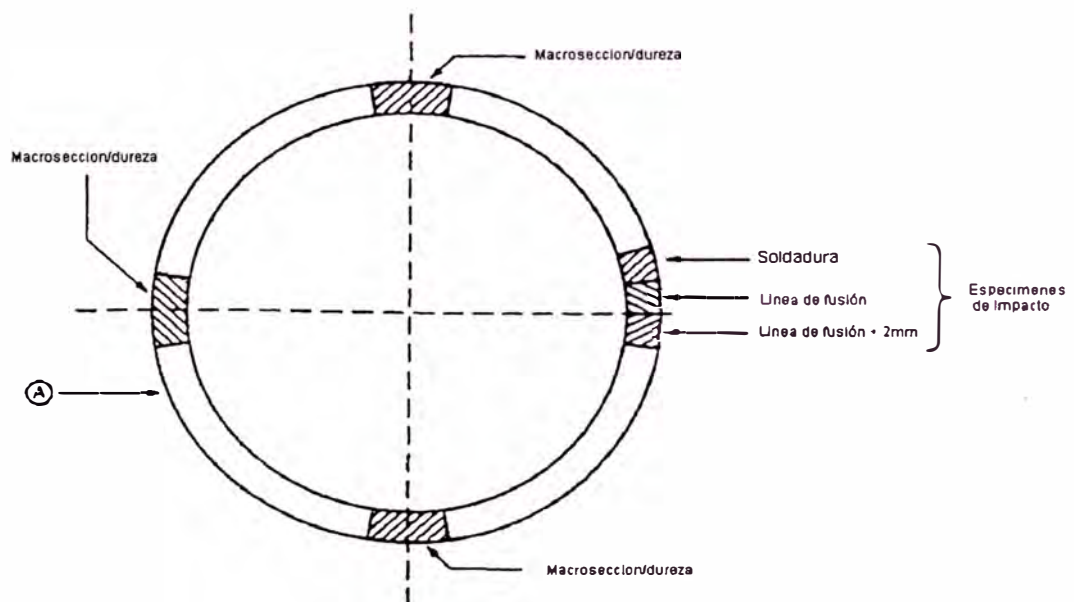


Figura 16 – Localización de zonas de control de dureza en soldadura a tope



a) Diámetro de tubería hasta 4" (114.3mm)



b) Diámetro de tubería mayores que 4" (114.3mm)

Nota: Si adicionalmente son requeridos mas especímenes de impacto porque el espesor de pared excede los 20mm, estas serán tomadas de la Sección A.

Figura 17 – Localización de probeta para macrosección e impacto en el procedimiento de calificación de soldadura a tope

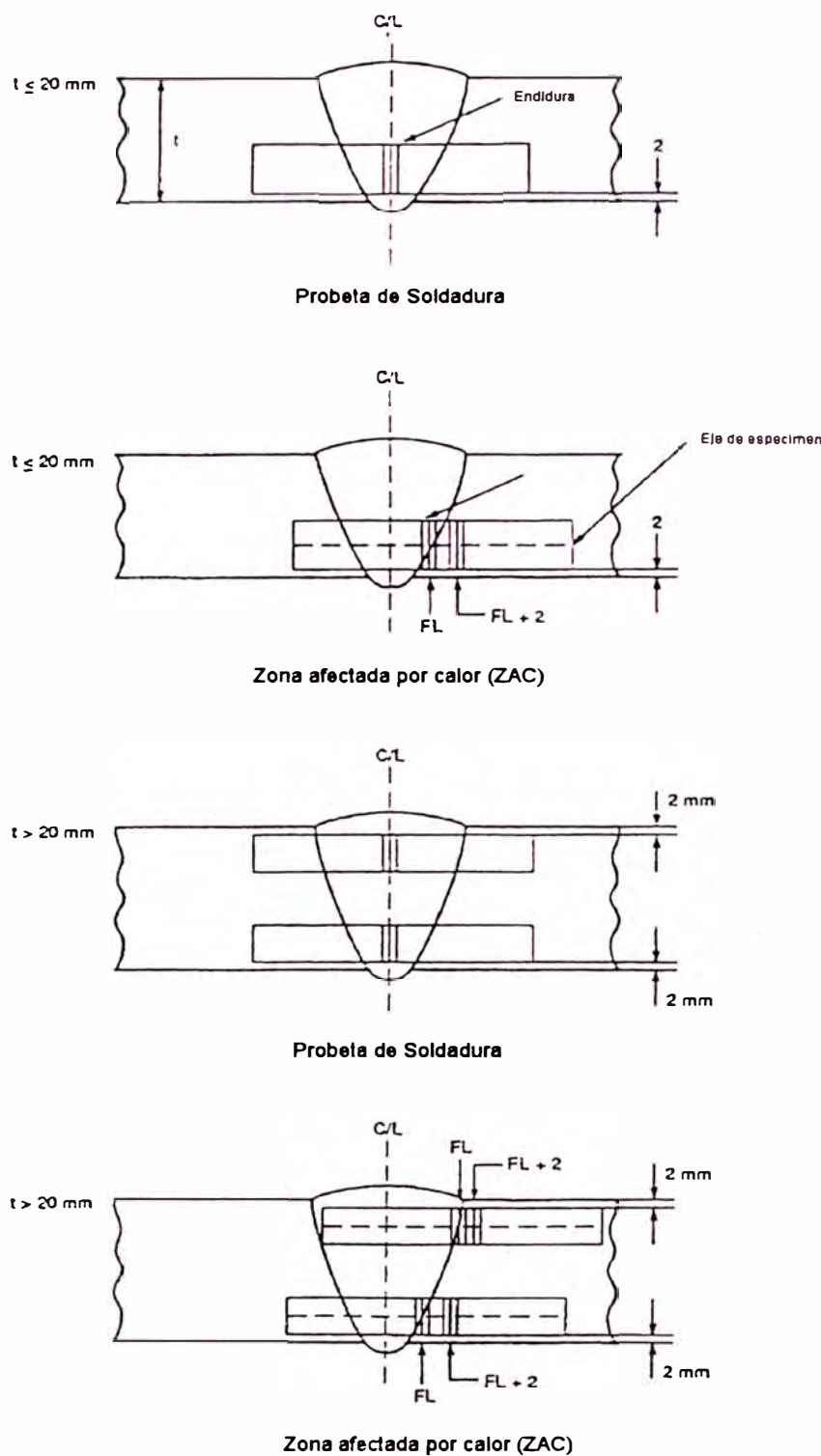


Figura 18 – Orientación de los especímenes de impacto para la calificación de procedimiento de soldadura a tope

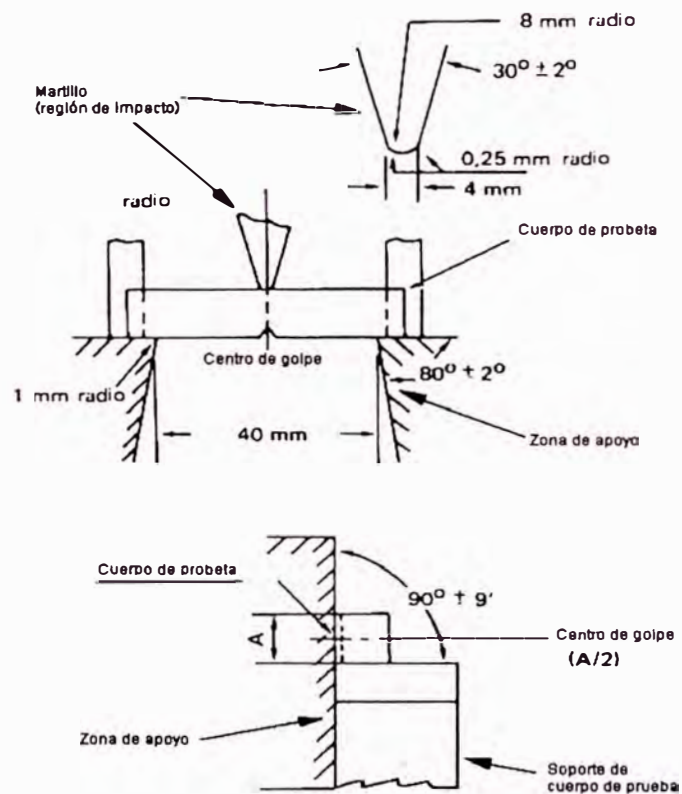
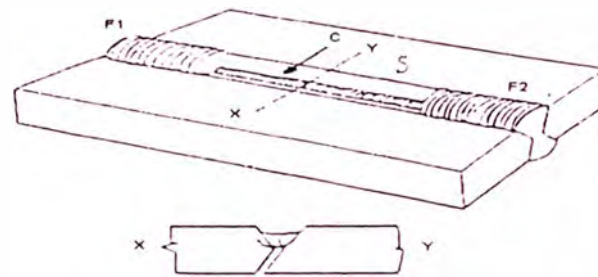


Figura 19 – Prueba de impacto Charpy





F1 y F2 = CORDONES DE FUSIÓN  
C = CORDON DE ENSAYO, EXAMINADO SOBRE UN CORTE X-Y

Figura 20a – Probeta para prueba de susceptibilidad


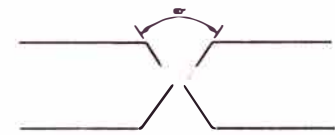
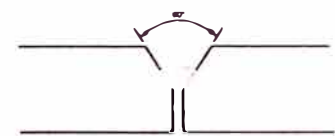

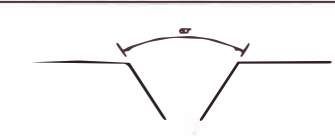

TIPO DE JUNTA		K <sub>t</sub>
Y (RAIZ)		4
DOBLE V (RAIZ)		3.5
Y (RAIZ)		4~5
BISEL SIMPLE (RAIZ)		6~8
V (RAIZ)		1.5
Y,X,Y,V,U (BORDE)		1.5

Figura 20b – Factor de concentración de esfuerzos en raíz y borde de soldadura

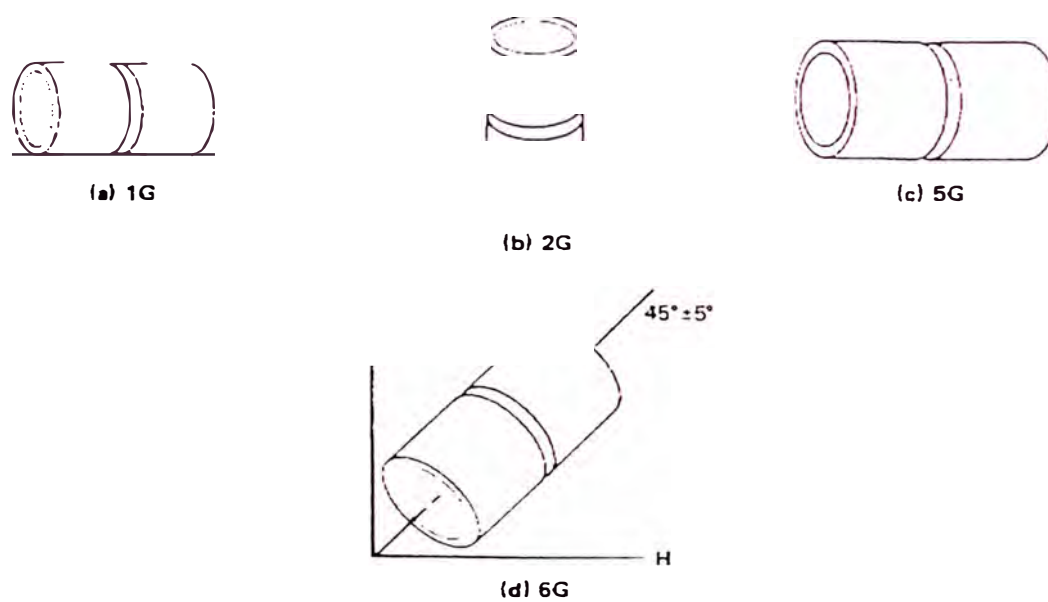
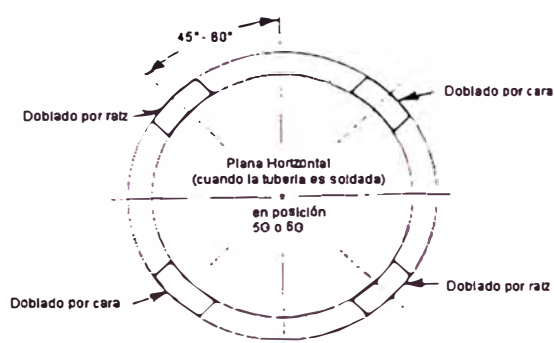
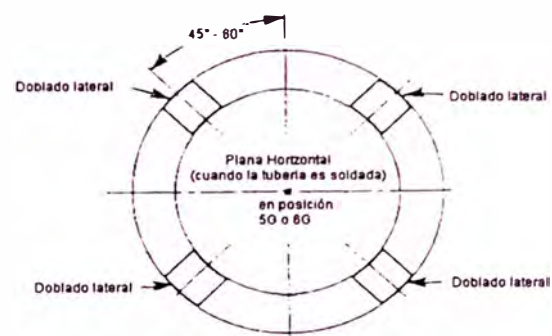


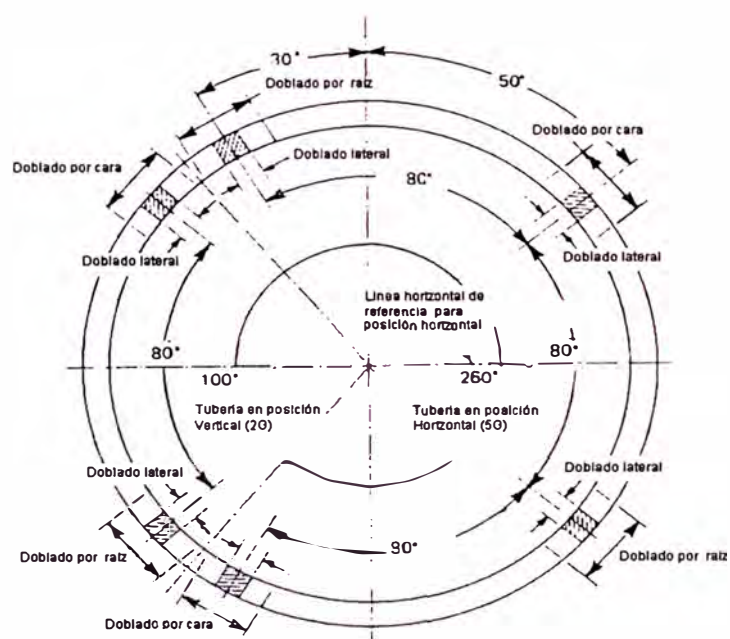
Figura 21 – Posición de probetas para soldadura a tope de tuberías



CALIFICACION DE PERFORMANCE



CALIFICACION DE PERFORMANCE



TUBERIA DE 10" Ø - LOCALIZACION DE PROBETAS PARA CALIFICACION  
DE PERFORMANCE DE SOLDADOR -ASME SEC. IX

Figura 22 – Localización de probetas de ensayo en función de la posición de soldadura, para calificar soldadores

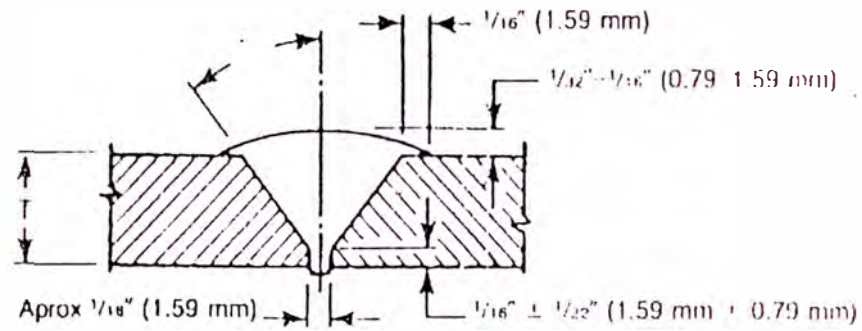


Figura 23 – Diseño de junta de reparación para soldadura a tope con bisel en V

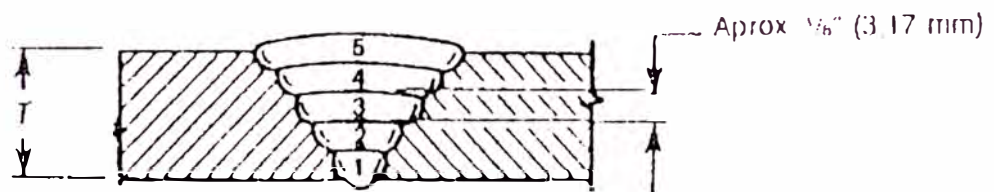


Figura 24 – Secuencia de cordones

### **3.5. Recubrimiento de las juntas soldadas**

#### **3.5.1. Preparación de superficies, aplicación e inspección de recubrimiento de las juntas soldadas**

##### **3.5.1.1 Alcance**

En este punto se establecen los requisitos mínimos para la preparación de superficies, aplicación e inspección de recubrimientos para la protección anticorrosiva de la tubería.

##### **3.5.1.2 Terminología**

- a) El término **recubrimiento** se refiere a todas las pinturas y productos que se usan para aislar la superficie del medio ambiente y evitar su corrosión a consecuencia de la acción del medio.
- b) Por **condiciones de exposición**; se entiende al medio ambiente a que están expuestas las instalaciones.

##### **3.5.1.3 Referencias**

ASTM	American Society for Testing and Materials.
PEMEX Norma 3.132.01	Preparación de superficies ,aplicación e inspección de recubrimiento para protección anticorrosiva.
SSPC-SP	Steel Structures Painting Council “ Practical Surface preparation Std. for Painting Steel Structures.

#### **3.5.1.4 Materiales**

1. Todos los materiales adquiridos, así como los proporcionados por el Contratista para trabajos de protección anticorrosiva deberán cumplir con los requisitos indicados en las normas.
2. Todos los materiales deberán transportarse y mantenerse adecuadamente, evitando que los recipientes que contengan dichos materiales se golpeen o caigan.
3. Los recubrimientos anticorrosivos se almacenarán en recipientes cerrados desde su fabricación hasta su utilización en obra.
4. Todos los recipientes que contengan pinturas y productos anticorrosivos deberán identificarse, indicando la fecha de fabricación del lote, número de pedido y requisición; y el tipo de recubrimiento.

#### **3.5.2. Requisitos de ejecución-preparación de superficie**

Para el buen comportamiento de un recubrimiento es indispensable la correcta preparación de la superficie a cubrir. Los métodos que se emplearán según lo indique el proyecto son los siguientes:

1. Limpieza Química.
2. Limpieza Manual.
3. Limpieza con abrasivos.

##### **3.5.2.1 Limpieza química**

###### **3.5.2.1.1 Generalidades**

Es el método con el que se eliminará óxido, aceite, grasa, contaminantes y recubrimientos por acción física o química. El procedimiento que se menciona a continuación, puede ser considerado como un proceso completo de preparación de superficies o como un procedimiento auxiliar en combinación con otro.



### 3.5.2.1.2 Procedimiento

La limpieza química consta de las siguientes operaciones, que podrán ser modificadas o alteradas de acuerdo con las condiciones y especificaciones de cada obra:

- a) Eliminación de las capas gruesas de grasa y contaminantes deberán eliminarse con rasqueta, espátula u otro medio.
- b) Eliminación de los nódulos de corrosión con herramientas de impacto.
- c) Aplicación con brocha o por aspersión de la solución del producto químico seleccionado, dejándose sobre la superficie el tiempo de contacto suficiente para su acción. Si se emplean productos de marcas comerciales deberán prepararse y aplicarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- d) El lavado de la superficie será con agua dulce para eliminar todos los residuos.

Para probar la efectividad del lavado debe hacerse la prueba con papel indicador de pH sobre el acero húmedo, hasta obtener un valor de pH igual a la del agua empleada. El lavado también puede hacerse con solvente, siendo los más recomendados los siguientes:

	<b>Solvente</b>	<b>Especificación ASTM</b>
1	Naftar de Petróleo	D-838
2	Tolueno (Tolual)	D-362
3	Tricloroetileno	—
4	Percloroetileno	D-3316
5	Xileno (xilol)	D-364
6	Metil isobutilcetona	D-1153
7	Benceno	D-836
8	Dimetil Formamida	D-2764

### **3.5.2.1.3 Aspecto**

Para aceptar una superficie preparada con limpieza química, deberá tener el mismo aspecto que una área de un metro cuadrado seleccionada previamente como patrón, y representativa de las condiciones de la superficie por limpiar.

### **3.5.2.1.4 Precauciones**

Para la ejecución de estos trabajos deberá atenderse los lineamientos de seguridad dados por los fabricantes de los productos.

## **3.5.2.2 Limpieza manual**

### **3.5.2.2.1 Generalidades**

Las etapas del procedimiento de limpieza manual para la preparación de superficies que puede constar se indican a continuación, pudiendo eliminarse parcial o totalmente algunos de los pasos que se mencionan:

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| a) Eliminación de costras | Con ayuda de cincel y martillo se quitarán las costras de óxido, escamas y restos de soldadura o escoria.                           |
| b) Lavado                 | Mediante el uso de solvente o detergentes se elimina toda clase de materias extrañas como aceites y grasas.                         |
| c) Raspado                | Las superficies se raspan usualmente con unas raquetas para eliminar depósitos de óxidos, pintura o cualquier otra materia extraña. |
| d) Cepillado              | La superficie se frota con cepillo de alambre de acero, hasta desaparecer los restos de óxido, pintura u otras materias extrañas.   |

- |   |  |
|---|--|
| e) Lijado                                   | Los restos de óxido, pintura, etc. que no se desprendan por medio de las operaciones anteriores, deberán lijarse, para obtener un anclaje adecuado.  |
| f) Eliminación de polvo                     | <p>Limpieza con brocha de cerda o cepillo para eliminar las partículas de polvo. También se podrá hacer este trabajo soplando la superficie con un chorro de aire seco y limpio.</p> <p>Tratándose de tableros e instrumentos eléctricos y neumáticos se usará una aspiradora.</p> |
| g) Uso de herramienta neumática o eléctrica | Algunas de las etapas antes señaladas pueden realizarse mediante el uso de herramientas neumáticas o eléctricas portátiles.  |

#### **3.5.2.2.2 Aspecto**

Se considera la superficie limpia o preparada para recubrirse, cuando solo presenta restos de óxido o pintura bien adheridos y que no exista huellas de grasa, aceite y otras sustancias extrañas.

#### **3.5.2.2.3 Aceptación de la superficie limpia:**

Para aceptar una superficie preparada manualmente, deberá tener el mismo aspecto que un área de un metro cuadrado, seleccionado previamente como patrón y representativa de las condiciones generales.

### **3.5.2.3 Limpieza con abrasivos**

#### **3.5.2.3.1 Generalidades**

Se refiere a la limpieza de superficies metálicas aplicando un chorro de abrasivos a presión. Los abrasivos comúnmente empleados son arena y granalla metálica.

#### **3.5.2.3.2 Procedimiento**

Consta de las siguientes operaciones y de acuerdo con las condiciones de la superficie o especificaciones de cada obra, se podrá eliminar o modificar la ejecución de cualquiera de estas operaciones:

- a) Se hará un descostrado como se especifica en el procedimiento de Limpieza Manual.
- b) Los depósitos de óxido, pintura y cualquier otra sustancia extraña serán totalmente removidas de la superficie por medio del chorro de abrasivo.
- c) El agente abrasivo será clasificado entre mallas 16 y 30, de acuerdo al patrón de anclaje requerido, cuando se use arena cuarzosa o silicosa, lavada, seca y no contaminada con sales. Cuando se use granalla metálica, ésta será del tipo munición acerada limpia, seca; escoria de coke o escoria de cobre.
- d) La rugosidad o máxima profundidad del perfil que se obtenga en la superficie limpia y que servirá como anclaje para el recubrimiento, estará comprendida entre 0.001" y 0.0025", de acuerdo con el espesor de película del primario, el cual deberá ser mayor que la profundidad del perfil o anclaje.
- e) El aire usado deberá estar exento de agua, aceite o grasa.
- f) Una vez efectuada la limpieza cuando se emplee chorro de arena, se hará una eliminación del polvo como se detalla en el procedimiento de Limpieza Manual.

- g) La granalla metálica podrá usarse nuevamente en limpiezas posteriores, siempre y cuando este libre de contaminantes, seca y tamizada de acuerdo a mallas señaladas en el inciso "c".

#### **3.5.2.3.3 Aspecto**

De acuerdo con las especificaciones se exigirá que la superficie preparada tenga uno de los aspectos que se indican a continuación :

- a) Metal blanco; la superficie deberá quedar de color gris claro, metálico y uniforme. No deberá mostrar óxido, pintura, aceite, grasa ni otra sustancia extraña.
- b) Comercial; la superficie deberá quedar de color gris oscuro y no se requiere que sea uniforme, pero no deberá tener restos de pintura, grasa, aceite o materias extrañas.

#### **3.5.2.3.4 Aceptación de la superficie limpia**

- a) Para aceptar una superficie preparada con abrasivo deberá tener el mismo aspecto que una área de dos metros cuadrados seleccionada como patrón y representativa de las condiciones de la superficie por limpiar.
- b) Para comprobar que la profundidad de anclaje es la especificada, la superficie preparada se comparará con el patrón aceptado, utilizando la lámpara comparadora de anclaje.

#### **3.5.2.3.5 Tiempo máximo para recubrir**

En cualquier caso en que se haya especificado preparación con abrasivo el tiempo máximo que se permitirá que transcurra entre la limpieza y la protección de la superficie dependerá del ambiente en que se opere, pero nunca podrá ser mayor de 4 horas.

### **3.5.3. Requisitos de los materiales para arenado**

De acuerdo con la especificación técnica de PETROLEOS DEL PERU ING-12096, los requisitos de los materiales para arenado son:

**a) Arena:**

Procedencia : la arena deberá ser de cantera o de río lavada y seca, no se deberá usar arena de playa.

Composición: Deberá ser del 95% de cuarzo, el 5% restante podrá ser mica, feldespato y rocas diversas.

No deberán usarse arenas contaminadas con sustancias orgánicas (calcita, etc), u oxidantes (salitres, pirita, etc) .

Granulometría: Deberá pasar malla 16 y ser retenidas por la malla 30.

Aspecto: Deberá ser limpia y con color uniforme .

Cloruros: No mayor de 40 ppm.

**b) Aire comprimido:**

Presión: Aproximadamente 100psi, a la salida del compresor.

Caudal : Aproximadamente 200cfm por cada tobera de arenado.

Composición: Libre de agua y aceite

**c) Solvente:**

Se usará solvente PETROPERU No 2 o aguarrás mineral.

**d) Condiciones ambientales:**

Humedad relativa no mayor al 85% .

Si fuera mayor al 85% el arenado deberá hacerse en un ambiente acondicionado con humedad controlada, en taller o en campo.

### **3.5.4. Aplicación del recubrimiento**

#### **3.5.4.1 Generalidades**

Una vez cumplidos los requisitos de preparación de las superficies, la aplicación de los recubrimientos se efectuará por aspersión , brocha o rodillo. En algunos casos se emplean los procedimientos de inmersión.

Nunca debe recubrirse superficies mojadas o húmedas. El límite de humedad relativa para que las operaciones de recubrimiento se suspendan, debe ser superior al 90%.

No se deberá aplicar ningún recubrimiento cuando la temperatura ambiente sea menor a 10° C.

#### **3.5.4.2 Con brocha de pelo o rodillo**

Este método se empleará cuando se requiera una gran humectación de la superficie o cuando las condiciones de trabajo así lo requieran.

#### **3.5.4.3 Aspersión**

Este método de aplicación es el más rápido y la película resultante es más uniforme en espesor.

Deben seguirse las recomendaciones de los fabricantes de los equipos empleados.

##### **3.5.4.3.1 Equipos de aspersión**

La pistola de aspersión es el principal componente de este sistema de aplicación.

Hay dos métodos para transportar el fluido a la pistola: con aire o sin él. En el primero puede ser por alimentación, succión o por alimentación por presión, en el



segundo la aspersión se produce forzando el material por alta presión a través de un orificio en la pistola. El aire usado deberá estar seco y libre de aceite y contaminantes.

### **3.5.5. Fallas de recubrimiento**

#### **3.5.5.1 Generalidades**

Cuando la protección no ha sido efectiva durante el plazo esperado, puede atribuirse a fallas originadas por mala preparación de la superficie, selección inadecuada del material, deficiente calidad del mismo, incorrecta aplicación el recubrimiento, condiciones atmosféricas inapropiadas durante la aplicación, inspección deficiente o por la combinación de algunas de estas causas.

Las características más comunes de las fallas que se presentan en los recubrimientos son los que se describen a continuación.

#### **3.5.5.2 Discontinuidades de la película**

Si la corrosión se presenta en forma de puntos de oxidación se debe a discontinuidades de la capa del recubrimiento (poros) motivados por mala calidad del material, incorrecta aplicación con pistola de aire, uso de solventes inadecuados y/o falta de fluidez del material.

#### **3.5.5.3 Falta de adherencia**

La película del recubrimiento queda adherida a la superficie metálica por atracción molecular o por la unión metálica entre ambas. Al no ocurrir lo anterior, la película se desprende fácilmente. Para evitar esta falla, es necesario emplear recubrimientos base que tengan una buena adherencia sobre la superficie metálica

y que ésta se prepare convenientemente, para eliminar cualquier material extraño que impida el contacto entre ambos.

La falta de adhesión entre las diferentes capas del recubrimiento se presenta cuando:

- a) El tiempo de secado duro, exceda al especificado para cada material.
- d) Hay incompatibilidad de recubrimiento y solvente.
- c) Hay humedad o contaminación entre capas.

Para el caso de repintado, se recomienda que el recubrimiento viejo haya sido "revivido" aplicando el solvente especificado, o en casos particulares, lijando con el fin de aumentar la rugosidad.

#### **3.5.5.4 Ampollamiento**

Es causado por el entrapamiento de solvente, gases o líquidos en la película o bajo la misma, y que ejercen una presión mayor que la adhesión de la película en el área bajo esfuerzo.

El ampollamiento se presenta principalmente en los recubrimientos , cuando estos se encuentran expuestos a ambientes húmedos y a contaminación entre etapas, o cuando el recubrimiento seca superficialmente con mayor rapidez a lo especificado para cada tipo de material.

#### **3.5.5.5 Agrietamiento**

Es el resultado de esfuerzos mecánicos que actúan sobre la película y su magnitud depende de la flexibilidad, adhesión de los recubrimientos.

#### **3.5.5.6 Corrugado**

Se presenta en recubrimientos que han sido aplicados en capas gruesas que secan rápidamente por efecto de la temperatura o por un exceso de agentes secantes en la superficie.

#### **3.5.5.7 “Caleo”**

Consiste en la flotación de polvo sobre la superficie del recubrimiento, ocasionado por la degradación de la resina a consecuencia de la acción combinada de los rayos solares y el oxígeno. Los recubrimientos con un bajo contenido de vehículo se “calean” rápidamente.

#### **3.5.5.8 Corrosión bajo película**

Ataca al metal debajo de la película y se presenta en dos formas: granular y filiforme. La primera se caracteriza por la presencia de áreas granulosas e irregulares, la segunda tiene aspecto de filamentos.

Se debe a defectos en la preparación de la superficie, porosidad, permeabilidad del recubrimiento o falta de adhesión del mismo.

#### **3.5.6. Inspección del recubrimiento**

Luego de aprobar la calidad de los materiales de recubrimiento se deberá efectuar la inspección de los trabajos de aplicación de recubrimientos:

Preparación de la superficie.

Revisión del equipo de preparación de superficies, del de aplicación y condiciones de operación de los mismos.

Viscosidad del recubrimiento para su aplicación.

Espesor de película.

Tiempo de secado.

Continuidad de película.

Adherencia.

### **3.5.6.1 Preparación de la superficie**

1. Limpieza manual y química; Se aprobará o rechazará la superficie mediante la inspección visual, por comparación con el aspecto de los patrones de referencia,.
2. Limpieza con abrasivos; Para estos casos se usará la lámpara comparadora de anclaje o el medidor de perfil de anclaje, que por comparación óptica con la superficie que se limpió o por medición directa, determinarán la profundidad que ha dejado el abrasivo en el metal (Ver Figura 25)\*.

Las superficies deberán tener un aspecto final como el que se muestra en los patrones de referencia de acuerdo al estado inicial de la superficie, la cual fue aprobada como representativa para la aceptación de la misma. (Ver Figura 26 de Láminas I, II, III y IV)\*

### **3.5.6.2 Revisión del equipo**

Se deberá poner especial cuidado en que el estado y funcionamiento del equipo de compresión, filtros, etc., sea el apropiado y deberá comprobarse que el aire a la salida este limpio y seco, además el equipo deberá estar operando dentro de límites y capacidad especificados por su fabricante. También se deberá contar con manómetros a la salida del tanque de la compresora, al final de las mangueras de abrasivos y en los recipientes de aplicación de materiales. Antes de iniciar la aplicación se verificará que los recipientes, líneas y pistolas estén perfectamente limpios y exentos de contaminantes tales como residuos, solventes, etc.

\* Figura 25 en Página 114 y Figura 26 (Láminas I, II, III y IV) en Páginas 115, 116, 117 y 118.

### 3.5.6.3 Viscosidad del recubrimiento

Se verificará la viscosidad óptima de aplicación mediante una copa Ford No 4 o con espátula de viscosidad. En función del tiempo de escurrido se determinará si se aplica con brocha, o por aspersión con equipo convencional. Este punto será verificado por el representante técnico del fabricante de pinturas.

### 3.5.6.4 Espesor de Película

#### 3.5.6.4.1 Espesor de películas húmedas.

se emplea un medidor semejante al mostrado en la Figura 27\*. El instrumento se coloca perpendicularmente a la superficie y el espesor de recubrimiento se lee directamente. Si el calibrador se usa para medir espesores de capas subsiguientes a la primera, debe tenerse cuidado de que las capas inferiores parcialmente endurecidas no sean penetradas bajo la presión del calibrador, lo que originaría lecturas más altas.

En caso de que el recubrimiento que esta siendo medido, se haya suavizado con solventes, el calibrador no puede emplearse con precisión

El espesor de película podrá determinarse por:

$$e.p.h.(mils) = e.p.s \times \frac{100}{100 - (V + a)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

e.p.h. = Espesor de película

e.p.s. = Espesor de película seca

V = Porcentaje de volátiles del producto

a = Porcentaje de adelgazador, agregado para ajustes a la viscosidad óptima de aplicación

#### 3.5.6.4.2 Espesor de película seca

Para medir el espesor de película seca se podrá emplear calibradores tipo magnético, tales como el mostrado en la Figura 28.\*

\* Figuras 27 y 28 en Página 119.

### **3.5.6.5 Continuidad de la película**

Se efectúa con detector eléctrico no destructivo similar al de la Figura 29\* y sirve para detectar cualquier irregularidad (poros, rebabas, gotas de soldadura, etc) de la superficie metálica que no fue recubierta .

### **3.5.6.6 Adherencia**

La prueba de adherencia con el peine de ranuras permite evaluar la adherencia de sistemas de recubrimiento al sustrato así como la adherencia entre capas. El instrumento para efectuar esta medición (ver Figura 30)\* consta de 6 cuchillas equidistantes entre si, (un milímetro para espesores totales hasta de 2.0 mils, dos milímetros para espesores entre 2.0 y 10.0 mils, y para espesores superiores se deberá usar una separación entre cuchillas de tres milímetros). Se efectúan cortes paralelos a través del recubrimiento en una dirección y luego cortes en dirección transversal para formar 25 cuadros.

El nivel de adherencia del recubrimiento para la aceptación o rechazo se ubica entre 0% y 5 % de área de los 25 cuadros y depende del tipo de pintura (determinar el nivel con el fabricante) . La Figura 31\* muestra una gráfica ilustrativa de los diversos grados del área desprendida.

### **3.5.7. Recubrimiento epóxico fusión-bonded para las juntas soldadas**

El polvo epóxico está compuesto por resina epóxica, agentes de curado, catalizadores, colorantes, agentes de control de flujo, rellenos y agentes resistentes a la luz ultravioleta. Cuando se aplica a la pieza un precalentamiento, el polvo epóxico se funde uniformemente y cura produciendo una película uniforme.

Cuando este recubrimiento es aplicado interna y externamente, es preferible aplicar un precalentamiento a la tubería y aplicar el recubrimiento interno primero e

*\* Figuras 29 y 30 en Página 120 y Figura 31 en Página 121.*

inmediatamente el exterior. Ya que durante el proceso se requiere temperatura elevada. El recubrimiento epóxico debe ser aplicado antes de aplicar otro recubrimiento o forro, a menos que los recubrimientos o forros sean resistentes al proceso por calor.

#### **3.5.7.1 Preparación superficial**

La superficie a recubrir estará libre de lodo, barniz, ceras, carbón, asfalto, aceite, grasa, cloruros o cualquier otro material perjudicial. Previo a la limpieza por arenado, las superficies serán inspeccionadas, y si requiere, la pre-limpieza, ésta se efectuará de acuerdo a SSPC SP1 para remover aceite, grasa y depósitos blandos adheridos.

La grasa y el aceite visibles serán extraídos con un paño con solvente. Solo solventes aceptados por los Códigos y que no dejen residuos serán aceptados. La remoción por calentamiento del aceite, escamas, agua, etc., puede emplearse en la tubería y accesorios siempre que se realice un precalentamiento uniforme que evite distorsiones.

Si después del arenado existen cloruros u otros contaminantes inorgánicos, la remoción química, chorro de agua u otro método puede requerirse.

#### **3.5.7.2 Inspección superficial**

La limpieza exterior de la superficie de la tubería será inspeccionada para asegurar una adecuada preparación. Las imperfecciones superficiales tales como astillas, costras, salpicadura de soldadura, rebabas y estrías serán removidas por esmerilado para prevenir zonas sin pintar en la aplicación del recubrimiento.



### **3.5.7.3 Aplicación del recubrimiento**

#### **3.5.7.3.1 Precalentamiento**

La tubería que ha sido limpiada será precalentada a una temperatura entre 425 °F y 475 °F (218 °C y 246 °C). La temperatura de precalentamiento estará de acuerdo con las recomendaciones del fabricante pero no excederá de 500 °F (260 °C). Temperaturas más altas pueden alterar las propiedades físicas del acero. La fuente de calor no debe contaminar la superficie de la tubería. Controladores, crayolas, etc. serán usados para medir la temperatura superficial. La oxidación debido al calentamiento no será aceptada.

#### **3.5.7.3.2 Terminal de tubería**

El recubrimiento será retirado  $2\frac{1}{2}'' \pm \frac{1}{2}''$  (64mm  $\pm$  13mm) en los extremos de las tuberías en las zonas que se van a unir por soldadura de campo, este requerimiento se aplica a ambas superficies interna y externa de la tubería.

#### **3.5.7.3.3 Espesores**

El polvo de recubrimiento será aplicado a la tubería precalentada y se reproducirá una película uniforme no menor de 12 mils (305  $\mu$ m) en el exterior y no menor a 15 mils (380  $\mu$ m) en el interior.

#### **3.5.7.3.4 Enfriamiento**

Después que el recubrimiento ha sido curado con los requerimientos de temperatura y tiempo, éste puede ser enfriado con aire o agua en spray a una temperatura debajo de 200 °F (93 °C) para facilitar la manipulación por el inspector y las reparaciones.

#### **3.5.7.3.5 Imperfecciones**

Cuando se ha completado la operación del recubrimiento se inspeccionará visualmente para determinar ampollas, burbujas, vacíos, u otras discontinuidades.

El recubrimiento también será inspeccionado eléctricamente por “hollydays detector”. La inspección y reparación puede comenzar después que las tuberías ha enfriado a 200 °F (93 °C) o menos (Ver Registro Fotográfico – Item 4).

#### **3.5.7.4 Reparaciones del recubrimiento**

##### **3.5.7.4.1 Defectos menores**

Los recubrimientos que se requieren reparar debido a rasguños, tajos y otros pequeños defectos serán reparados usando material del mismo fabricante como el fusion- bonded epoxy o cualquier otro material compatible aprobado.

Los defectos menores serán reparados en el taller. Amoladores, limadores o arenadores serán empleados para remover los defectos. El polvo será removido previo a la aplicación del material de reparación.

Los defectos menores exteriores serna reparados en el taller usando liquid epoxy 3M.

Terminadas las reparaciones, las áreas reparadas serán eléctricamente inspeccionadas usando el hollyday detector.

##### **3.5.7.4.2 Defectos mayores**

Las superficies de la tubería con defectos en el recubrimiento, tales como recubrimiento parcial, inadecuado espesor de película, recubrimiento no bien enlozado, será procesado partiendo desde la preparación superficial

### **3.5.8. Juntas soldadas en campo**

#### **3.5.8.1 Preparación**

Cuando la resina epóxica fusion-bonded es usada en las uniones soldadas de campo, la soldadura deberá estar libre de aceite , grasa, escoria, salpicaduras y otros contaminantes y el material expuesto en la zona soldada deberá ser arenada de acuerdo con PSC-SP10.

##### **3.5.8.1.1 Aplicación de la resina;**

La resina epóxica puede ser aplicada sobre la junta en la parte interna y externa usando un inductor de calor. La resina epóxica usada sobre la junta deberá ser totalmente compatible con el material usado en la tubería. El constructor consultará con el fabricante del material para los requerimientos mínimos de temperatura de aplicación de la resina.

El área soldada será calentada antes aplicar el recubrimiento a una temperatura que no exceda los 500 °F (260 °C). Usando un calentador de bobina por inducción de ancho y tamaño suficiente, y de potencia necesaria para calentar la zona.

Inmediatamente después de calentar la soldadura, el recubrimiento será aplicado hasta obtener el mínimo espesor indicado. El recubrimiento sobremontará el recubrimiento original de la tubería en no menos de 1" (25 mm) de ancho.

Concluida la operación del recubrimiento, éste será inspeccionado con el hollyday detector y los defectos serán reparados.

Como alternativa de recubrimiento exterior de las juntas se puede cubrir también con recubrimiento epóxico liquido 3M, cuando por razones de aplicación no fuera posible aplicar el fusion-bonded.

### 3.5.8.1.2 Inspección

El constructor proporcionará y operará un detector pulsante-tipo hollyday-detector con capacidad de alto voltaje, igual o mayor del requerido.

- Para recubrimientos de TF, TGF, polietileno extruido, y polipropileno, el voltaje requerido se determinará por la siguiente formula:

$$\text{Volt} = 1250 \times t \quad \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

t = espesor de recubrimiento en mils

- Para recubrimientos tipo fusion-bonded epoxy, coal-tar epoxy y coal-tar mastic, el voltaje se determinará por :

$$\text{Volt} = 125 \times t \quad \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

t = espesor de recubrimiento en mils

Toda la tubería será inspeccionada y cualquier daño del revestimiento será reparado. Si el área de daño es suficientemente grande, ésta será totalmente limpiada, recubierta e inspeccionada.

### 3.5.8.2 Recubrimiento externo Powercrete

- Este recubrimiento es un polímero de concreto que se aplica a la circunferencia soldada en campo.
- Para su aplicación la superficie del recubrimiento primario debe estar libre de aceite, polvo, grasa, humedad y otros contaminantes.
- Inmediatamente de aplicado el powercrete, el recubrimiento debe ser inspeccionado en su totalidad.
- El recubrimiento deteriorado del powercrete puede ser removido por arenado y la limpieza final con acetona.

- La primera capa será aplicada uniformemente y el espesor de la película seca no será menos de 18 mils.
- Capas sucesivas de 20-40 mils pueden ser aplicadas, tomando un tiempo de 10min. entre aplicación.
- El recubrimiento tendrá una dureza Shore tipo "D" con mínima lectura de 75 después de 24 horas.

#### **3.5.8.2.1 Reparaciones**

- Cualquier daño detectado por la inspección visual será reparado.
- Las ralladuras, abolladuras, grandes depresiones, áreas dañadas serán limpiadas y se eliminará con cepillos manuales o eléctricos la herrumbre, escamas, tierra o lodo u otro material extraño así como recubrimientos sueltos.

El área a ser parchada deberá estar rugosa antes de la aplicación del parche.

El polvo generado por el arenado será removido con cepillo o paño seco y limpio antes del parchado.

- Las áreas que no satisfagan los requerimientos de dureza serán removidas usando métodos que no dañen el recubrimiento inicial de la tubería.
- Las superficies a parchar serán calentadas con una antorcha pequeña hasta que el área este completamente seca. El powercrete se mezclará y aplicará sobre el área calentada.
- Los parches serán sobremontados en los alrededores del recubrimiento no dañado en un mínimo de  $\frac{3}{4}$ " (19 mm).
- Las reparaciones están sujetas a inspecciones según el juicio del inspector.

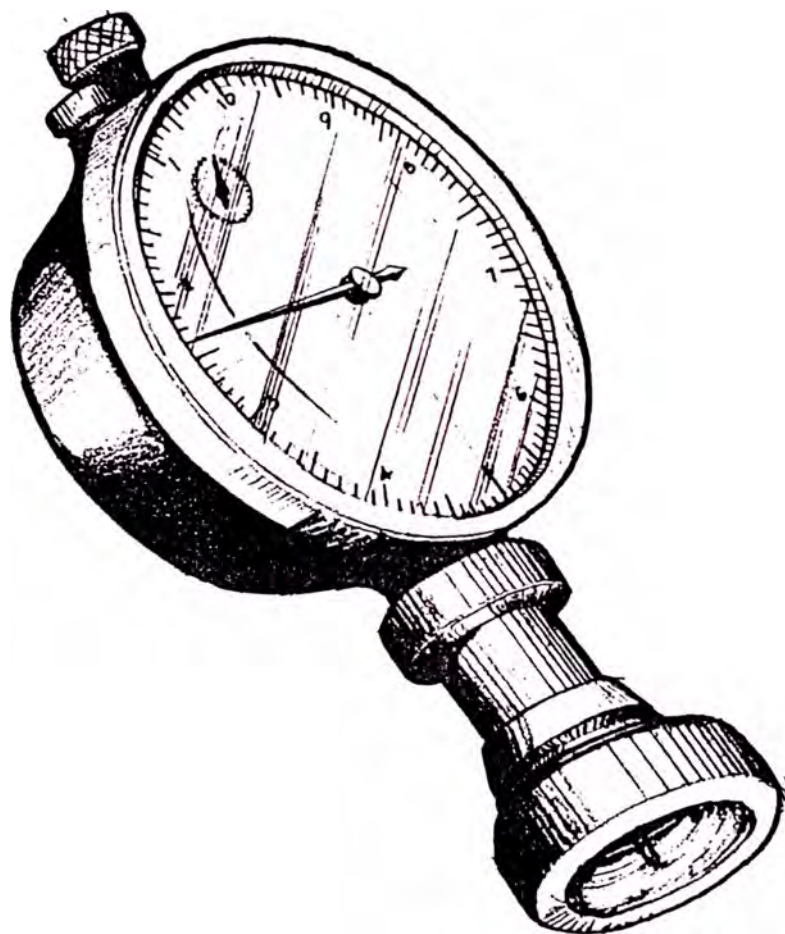


Figura 25 – Medidor del perfil de anclaje

I. LAMINA NUEVA SIN CORROSION.



ESTADO ORIGINAL



LIMPIEZA MANUAL



CHORRO DE ABRASIVO,  
ACABADO COMERCIAL



CHORRO DE ABRASIVO  
A M TAL BLANCO

Figura 26 – Aspecto de las muestras patrones, después de la preparación superficial



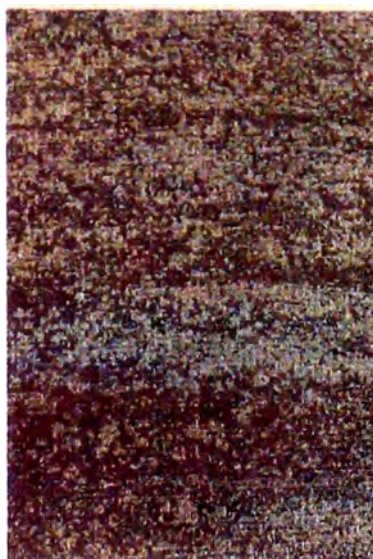
II. LAMINA CON CORROSION LEVE (Exposición de 3 meses aproximadamente, a la intemperie en un ambiente húmedo y + fino, sin protección).



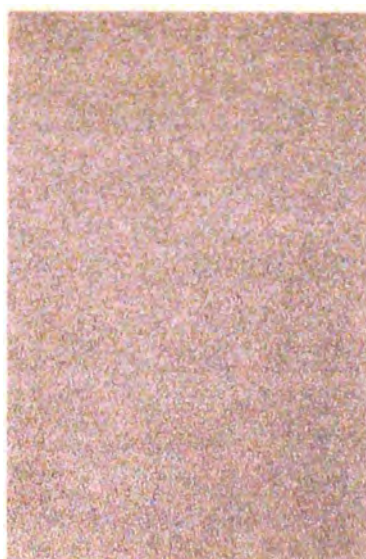
ESTADO ORIGINAL



LIMPIEZA MANUAL



CHORRO DE ABRASIVO,  
ACABADO COMERCIAL



CHORRO DE ABRASIVO  
A METAL BLANCO

III. LAMINA CON CORROSION MODERADA (Exposición sin protección de 1 año aproximadamente a la intemperie en un ambiente húmedo y salino).



ESTADO ORIGINAL



LIMPIEZA MANUAL



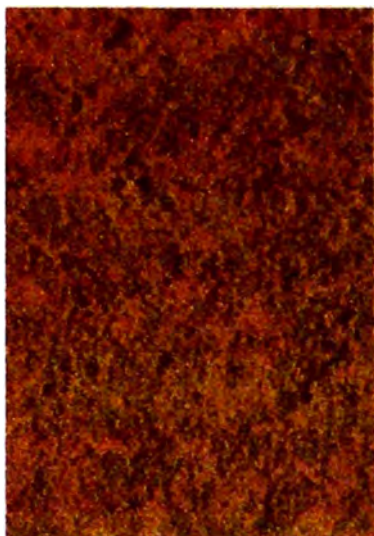
CHORRO DE ABRASIVO,  
ACABADO COMERCIAL



CHORRO DE ABRASIVO  
A METAL BLANCO



IV. LAMINA CON CORROSION SEVERA (Exposición sin protección de 3 años aproximadamente, a la intemperie en un ambiente húmedo y salino).



ESTADO ORIGINAL



LIMPIEZA MANUAL



CHORRO DE ABRASIVO,  
ACABADO COMERCIAL



CHORRO DE ABRASIVO  
A METAL BLANCO

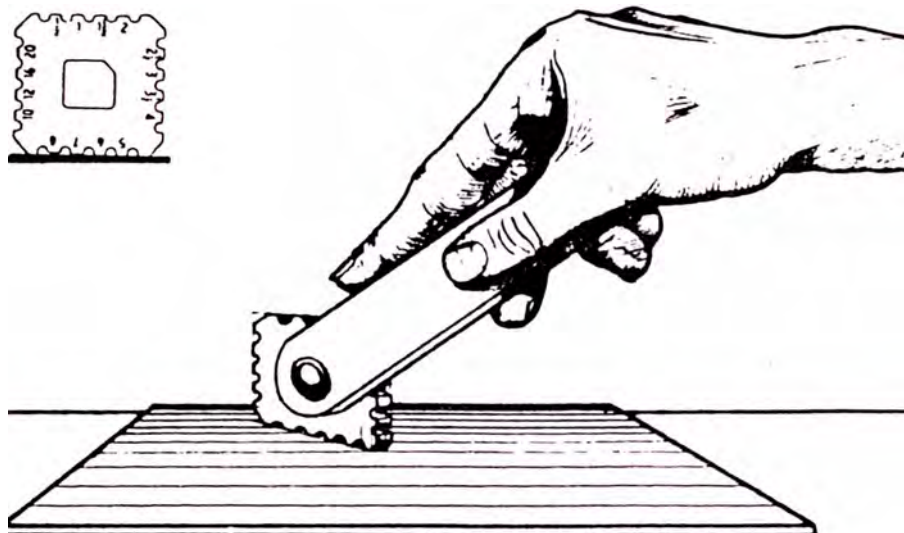


Figura 27 – Medidor de espesor de película húmeda

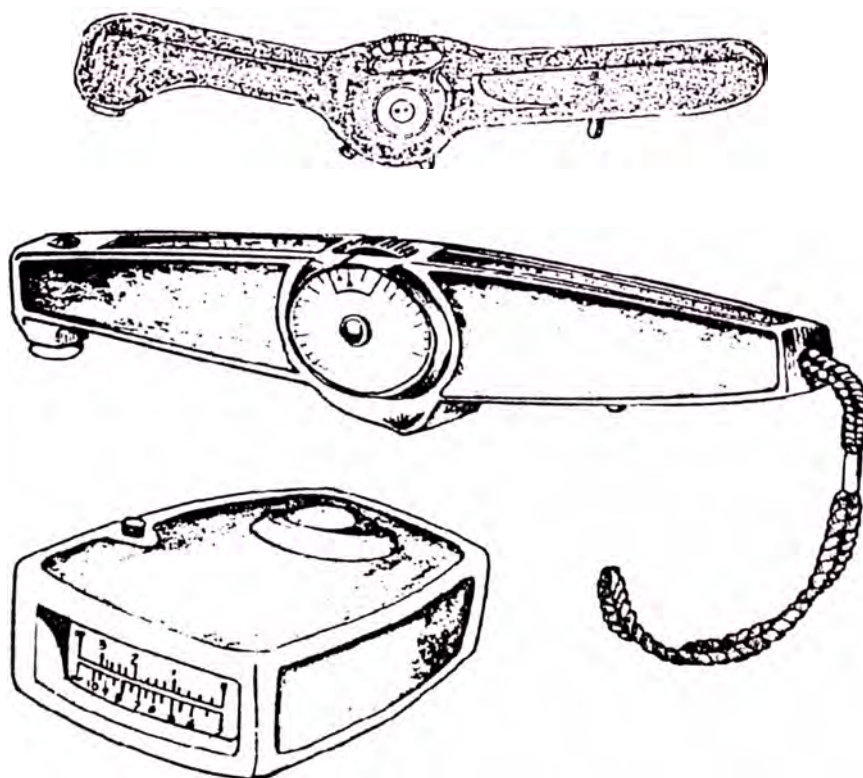


Figura 28 – Medidores de espesor de película seca

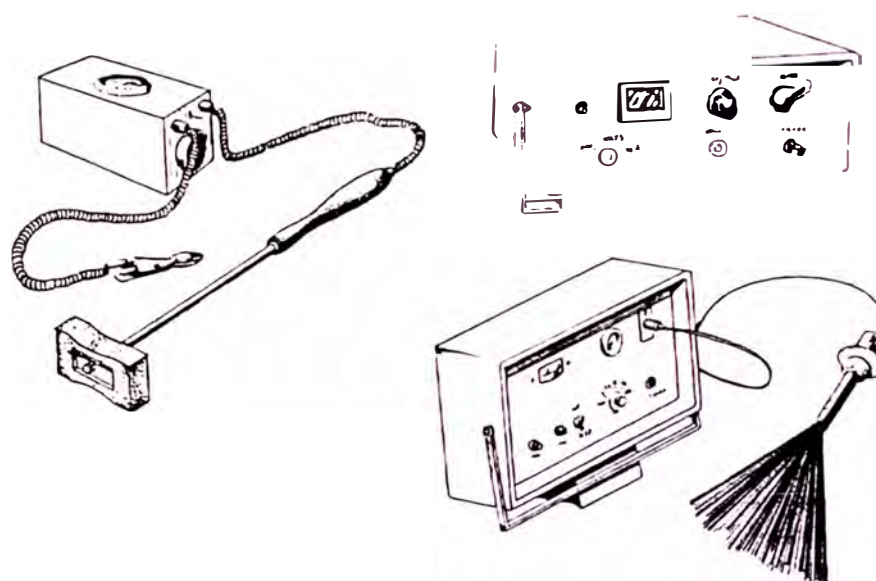


Figura 29 – Detectores de continuidad de película

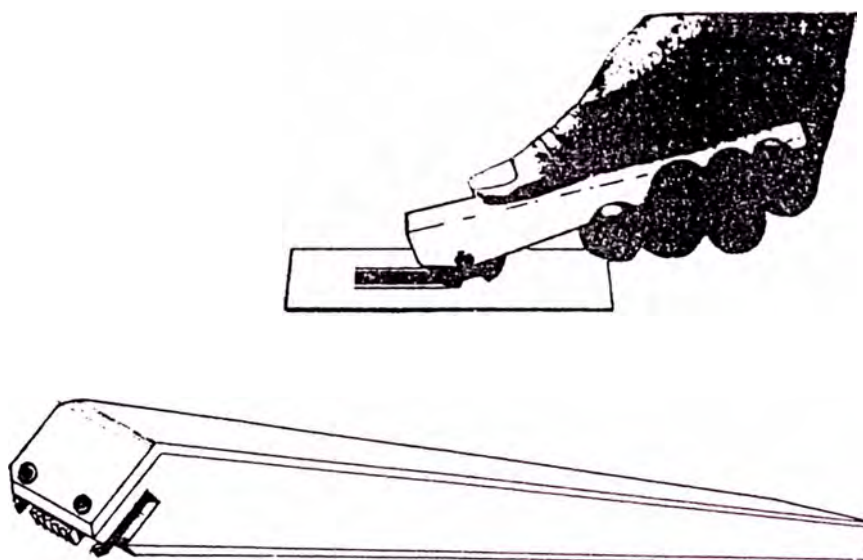


Figura 30 – Peine con ranuras para la prueba de adherencia






DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN DE LA SUPERFICIE DESPRENDIDA	GRADO
La pintura se desprende en los bordes de los cortes en franjas amplias y total o parcialmente en un solo fragmento. Superficie desprendida : aproximadamente 65% ó más del área total		E
La pintura se desprende total o parcialmente en los bordes de los cortes en franjas amplias y total o parcialmente en un solo fragmento. Superficie desprendida : aproximadamente 35% del área total.		D
La pintura se desprende en los bordes de los cortes en franjas amplias y en los puntos de intersección de las líneas del enrejado. Superficie desprendida : aproximadamente 15% del área total.		C
La pintura se desprende en pequeños fragmentos en los puntos de intersección de las líneas del enrejado. Superficie desprendida : aproximadamente 5% del área total.		B
La pintura no se desprende. Los bordes del corte permanecen intactos		A

Figura 31 – Clasificación del grado de adherencia

## CAPITULO IV

### INSPECCIÓN DE SOLDADURA

#### **4.1. Especificaciones del procedimiento de Inspección Visual**

##### **4.1.1. Alcance**

- Este procedimiento fija las condiciones del ensayo no destructivo por medio de la visión, auxiliado o no por dispositivos ópticos.
- Este procedimiento se aplica a la verificación de irregularidades superficiales detectables por el examen visual a juntas soldadas, piezas fundidas, forjadas, laminadas, revestimientos superficiales, acabados superficiales y también para la verificación de deformaciones y averías mecánicas, alineamiento de piezas, acabado y preparación de los bordes de las juntas soldadas y de piezas maquinadas y forjadas, evidencias de fugas e identificación de estados superficiales.

##### **4.1.2. Normas, Códigos o Estándares aplicados**

ASME Sección V	Exámenes no destructivos (1992)
PETROBAS No 1597 a	Ensayos no destructivo- visual ( 1988)
ASTM D610	Evaluación del grado de herrumbre en superficies pintadas de acero (1992)



SIS 05-59-00	Grados de herrumbre en superficies de acero y grados de preparación.
PETROBRAS No 1738	Discontinuidades en juntas soldadas, fundidas, forjadas y laminadas (1988).
ANSI/AWS D1.1	Estructural Welding Code (1992).
ASME Sección IX	Calificación de procedimientos de soldadura y de soldadores (1992).
MSS-SP-55	Estándar de calidad para aceros fundidos para válvulas, bridas y accesorios, y otros componentes para tuberías.

#### **4.1.3. Condiciones Generales**

##### **4.1.3.1 Procedimiento de inspección**

El procedimiento debe constar de los siguientes ítems, en la secuencia indicada:

- a) Objetivo.
- b) Normas de referencia.
- c) Relación de discontinuidades e irregularidades de ser examinadas y/u observaciones.
- d) Condiciones requeridas de la superficie a ser examinada o métodos de preparación.
- e) Método de ensayo visual (directo, remoto o translucido).

- f) Iluminación especial, aparatos e instrumentos ha ser empleados si es necesario.
- g) Criterios de aceptación .
- h) Secuencia de realización de ensayo, cuando sea aplicable .
- i) Forma de registro de resultados.
- j) Formulario para el reporte de registro de resultados .

#### **4.1.3.2 Método de ensayo**

1. Debe estar de acuerdo con ASME Sección V T940 .
2. Para la detección de pequeñas discontinuidades con el método de ensayo visual directo, el ángulo de observación en relación a la superficie ensayada no debe ser inferior a 30 grados y la distancia del ojo observador al punto de inspección no debe ser superior a 600 mm.
3. El método de ensayo visual remoto, cuando sea empleado deberá garantizar una capacidad de resolución igual o mayor que el ensayo visual por el método directo.

#### **4.1.3.3 Iluminación**

1. Los métodos de ensayo visual directo y remoto deben ser realizados con una iluminación mínima de 160 lux para el examen general y de 540 lux para la detección o estudio de pequeñas discontinuidades.
2. Se deben definir del rango del ángulo de incidencia de la luz sobre la superficie y el ángulo de observación cuando se utilice luz artificial para contrastes irregulares.

#### **4.1.3.4 Estado de las superficies**

Debe ser definido en función de la norma aplicable conforme al ítem 4.1.2 o de acuerdo a los requisitos del trabajo.

#### **4.1.3.5 Preparación de las superficies**

1. El método a ser empleado en la preparación de la superficie a ser ensayada/inspeccionada, no debe conducir a un nivel de acabado inferior al original.
2. En la preparación de las superficies no se deben emplear productos o métodos que puedan contaminar el material a inspeccionar.
3. Las escobillas, lijas o discos que se empleen se utilizarán exclusivamente para esos materiales y deberán satisfacer los siguientes requisitos:
  - a) Escobillas de acero inoxidable o revestidos con este material.
  - b) Discos de corte y esmerilado con alma de nylon o similar.

#### **4.1.3.6 Registro de resultados**

1. Los resultados de la inspección deben ser registrados por medio de un sistema de identificación y rastreabilidad que permita correlacionar o localizar la superficie inspeccionada y relacionarla con el resultado del informe que le corresponda.
2. La terminología para la denominación de las discontinuidades debe estar de acuerdo con la Norma PETROBRAS No 1738 aplicable, adjunto el procedimiento específico.

3. Se debe emitir un informe que contenga :

- a) Nombre del inspector.
- b) Identificación numérica.
- c) Identificación de la pieza, equipo o tubo.
- d) Número y revisión del procedimiento.
- e) Registro de resultados.
- f) Normas y/o valores de referencia para la interpretación de resultados.
- g) Observaciones respecto a la aceptación , rechazo o recomendaciones de ensayos complementarios.
- h) Fecha.
- i) Identificación y firma del inspector responsable.

#### **4.1.3.7 Calificación del procedimiento de inspección**

El procedimiento será considerado calificado cuando posibilite la detección de una discontinuidad artificial o natural correspondiente a una ranura de 0.8mm de ancho con una longitud de 10mm como máximo, localizado en una superficie similar o en el área menos favorable de la superficie a inspeccionar.

#### **4.1.3.8 Revisión o recalificación del procedimiento**

Siempre que cualquiera de las variables citadas en el procedimiento de inspección fuera alterada, se debe realizar una revisión del procedimiento y recalificación . Una sustitución de la marca comercial de equipos similares o la alteración en el posicionamiento de los accesorios no implica recalificación.

## **4.2. Procedimiento de inspección visual**

### **4.2.1. Objetivo**

Controlar la calidad de la soldadura durante cualquier operación de soldadura teniendo por finalidad

- a) Detectar discontinuidades o defectos en la junta, antes de iniciar la soldadura.
- b) Verificar y controlar parámetros principales de soldeo que afectan la operación de soldadura.
- c) Detectar discontinuidades al término de la soldadura, tales como apariencia y defectos superficiales, dimensiones y tratamiento posterior.

Normas de referencia:

ASME Sección IX	Calificación de soldadores
ASME Sección VIII - Div. I	Reglas para la construcción de recipientes a presión.
PETROBAS No 1738	Discontinuidades en juntas soldadas.

## **4.2.2. Discontinuidades a ser examinadas**

### **4.2.2.1 Bisel**

#### **4.2.2.1.1 Bisel de fábrica**

Los extremos de las tuberías deben estar provistos con biseles de fábrica de acuerdo al diseño de acoplamiento usado en las especificaciones del procedimiento de soldadura.

#### **4.2.2.1.2 Bisel de campo**

Los extremos de la tubería deben ser biselados fuera de la fábrica por herramientas mecánicas o con máquina de corte por oxígeno. Las terminaciones deben ser razonablemente lisas y uniformes y las dimensiones deben estar de acuerdo con las especificaciones del procedimiento de soldadura (Ver Figura 32).\*

#### **4.2.2.2 Alineamiento**

El alineamiento de los extremos colindantes debe ser tal que minimice el rebajo entre superficies. Cualquier reducción de espesor ocasionado por variaciones dimensionales, debe ser equitativamente distribuida alrededor de la circunferencia de la tubería. El martilleo de la tubería para obtener un adecuado alineamiento debe mantenerse a un mínimo (Ver Figura 33).\*

#### **4.2.2.3 Limpieza entre costuras**

La cascarilla y la escoria deben ser removidas de cada costura y ranura. Las herramientas eléctricas podrían utilizarse cuando sea especificado por el procedimiento de soldadura, de lo contrario la limpieza deberá ser a mano.

Cuando se observen agrupaciones de porosidades en las superficies, comienzos de costuras y puntos sobresalientes deberán ser retirados por esmerilado de la superficie antes de depositar metal de soldadura sobre ella.

#### **4.2.2.4 Penetración inadecuada**

Es definida como el llenado incompleto del bisel del metal base con metal de soldadura (Ver figura 34).\*

Se presentan dos tipos:

- a) Penetración inadecuada de raíz
- b) Penetración inadecuada por desalineamiento.

\* Figuras 32, 33 y 34 en Página 139.

#### **4.2.2.5 Falta de fusión**

Es la falta de unión entre costuras o entre el metal base y el metal de aporte (Ver Figura 35).\*

#### **4.2.2.6 Concavidad**

Cuando una costura ha sido apropiadamente fusionada y penetra completamente en el espesor de la pared del metal base por ambos lados del bisel, pero en el centro de la costura se encuentra ligeramente por debajo de la superficie interior de la pared del metal base (Ver Figura 36)\*

#### **4.2.2.7 Socavación**

Es el quemado de las paredes laterales de las ranuras del bisel en los filos de una capa de metal o reducción en el grosor de la pared del metal base (ver Figura 37).\*

#### **4.2.2.8 Porosidades**

Son bolsas de gas que ocurren en el metal de soldadura y en la superficie del cordón se pueden presentar como se esquematiza (Ver Figura 38).\*

#### **4.2.2.9 Fisuras**

Fisuras crateriformes superficiales o estrelladas que están colocadas en los puntos de terminación de los rebordes de soldadura y que son resultado de la contracción del metal de soldadura (Ver Figura 39).\*

#### **4.2.2.10 Refuerzos o sobremonta**

Exceso de material de aporte que puede originar rigidez de la junta y ser causa de probable falla (Ver Figura 40).\*

*\* Figuras 35, 36 y 37 en Página 140; Figuras 38, 39 y 40 en Páginas 141, 142 y 143 respectivamente.*



#### **4.2.2.11 Otros (Ver Figura 41)\***

- Inicio o arranque de arco.
- Salpicaduras.
- Sobreposición (Overlap).
- Deposición insuficiente.
- Cráteres.

### **4.2.3. Relación de Items a verificar durante la obra soldada**

#### **4.2.3.1 Antes del inicio de la soldadura**

##### **4.2.3.1.1 Ambiente de trabajo**

La zona de la trinchera preparada para la operación de soldadura se encuentre despejada de maleza , como consecuencia de la geografía de la zona.

##### **4.2.3.1.2 Ambiente de la soldadura:**

Que los tubos a unir se encuentren posicionados de forma tal que faciliten la continuidad de la soldadura, verificando que la parte inferior del tubo esté por encima del nivel del suelo en más de 16" que es la longitud que le permitirá a los soldadores posicionarse cómodamente.

##### **4.2.3.1.3 Condiciones de seguridad e higiene**

Aplicar el estándar de seguridad correspondiente (PETROPERU S.A.).

En este caso las cuatro máquinas seleccionadas fueron equipos multiprocesos-motogeneradores en corriente alterna y continua, marca Hobart modelo Titanbo y 4030D.

\* Figura 41 en Página 143.

**4.2.3.1.4 Materiales consumibles**

Electrodo	Shield Arc X70 DC(+)
AWS	E 8010 - G
Fabricante	Lincoln
Diámetros	1/8", 5/32" y 3/16"

**4.2.3.1.5 Estado de los materiales de consumo**

Verificar un adecuado almacenamiento de los consumibles en latas cerradas, cuando éstas se hayan abierto deberán mantenerse en hornos para reducir la humedad de la zona.

**4.2.3.1.6 Estado de los equipos disponibles**

- Cantidad de máquinas de soldar	4
- Cantidad de equipos oxiacetilenos	2
- Estado de equipos	Nuevos
- Estado de cables	Nuevos
- Estado de portaelectrodos	Nuevos
- Estado de esmeriles	Nuevos
- Estado de ruedas de esmeril y escobillas de cerdas	Nuevos
- Sopletes de corte	Nuevos
- Sopletes de calentamiento	Nuevos

**4.2.3.1.7 Etapa de fabricación**

Ver Registro Fotográfico – Ítems 3, 5, 6, 9, 10, 11, 12, y 13.

**4.2.3.1.8 Limpieza de superficies a soldar**

Con escobilla de acero montados en esmeriles.

#### **4.2.3.1.9 Precalentamiento**

A una temperatura de 40 °C con soplete de calentamiento, solo al inicio de obras a las 6:00am horas, por efecto de humedad.

#### **4.2.3.2 Relación de Ítems a verificar durante la soldadura**

##### **4.2.3.2.1 Corriente de soldadura**

<i>ELECTRODO</i>		<i>CORRIENTE</i>
1/8" Ø	=	75 a 130 A
5/32" Ø	=	90 a 185 A
3/16" Ø	=	140 a 225 A

##### **4.2.3.2.2 Tensión de soldeo**

20 - 24 V .

##### **4.2.3.2.3 Secuencia de soldeo**

La permitida por el alineador interior o exterior usado y la establecida en el procedimiento de soldadura.

##### **4.2.3.2.4 Manipulación de electrodos**

Que se usen los diámetros adecuados que se especifican en el procedimiento, para raíz y caliente, como de relleno y acabado.

##### **4.2.3.2.5 Disposición de cordones**

El establecido por el procedimiento de soldadura.

##### **4.2.3.2.6 Condiciones superficiales entre cordones intermedios**

Esmerilado y limpieza de escoria y polvo.

##### **4.2.3.2.7 Diámetro de los electrodos**

Usar los diámetros adecuados y establecidos en el procedimiento.

**4.2.3.2.8 Temperatura entre pases**

Que no transcurra más de 5 minutos entre pase de raíz y pase en caliente (después de limpiar el pase de raíz/esmerilado).

**4.2.3.2.9 Remoción de escoria de cordones después del pase en caliente**

Con cepillo eléctrico (no se necesita esmerilar, salvo que exista escoria adherida en los bordes).

**4.2.3.3 Ítems a inspeccionar al término de la soldadura****4.2.3.3.1 Apariencia y defectos**

- Uniformidad de la superficie del cordón.
- Cráteres.
- Superposición.
- Mordeduras.
- Fisuras superficiales.
- Porosidades.

**4.2.3.3.2 Dimensiones**

- Refuerzo o sobremona.
- Desalineamiento final.

**4.2.3.3.3 Tratamiento final**

- Salpicaduras.
- Inicio de arco.

**4.2.3.3.4 Defectos internos**

Por radiografía industrial.

#### **4.2.4. Condiciones requeridas de la superficie a ser examinada**

Con la finalidad de inspeccionar soldaduras cuya operación recién se va a realizar o aquellas que hace algún tiempo fueron realizadas, la preparación se realizará de acuerdo con las especificaciones para el recubrimiento protector.

En nuestro caso específico se requiere el grado de preparación arenado blanco.

#### **4.2.5. Métodos de ensayo visual**

El examen visual se clasifica en:

- a) *Directo*; El examen se realizará de forma directa al ojo con ayuda de una lupa.
- b) *Remoto*; El examen será realizado con la ayuda de instrumentos ópticos simples o de control remoto como: lupas, linternas, espejos, telescopios, boroscopios, fibroscopios, etc.

Los métodos de inspección visual son:

- a) *Reproductivo*; El examen emplea equipos de reproducción que permite comparar posteriormente con patrones estándar, tener un registro y a su vez reduce la fatiga visual durante la inspección; los equipos a emplear son:
  - Fotografía.
  - Video-tape.
- b) *Subjetivo*; El examen es realizado de manera directa tomando una decisión inmediata en función de lo observado.

Este método produce fatiga visual, y depende de la competencia y capacidad visual del inspector.

El caso específico de nuestra inspección será **directo** y **subjetivo**.

#### **4.2.6. Equipos e instrumentos empleados**

##### **4.2.6.1 Calibradores de soldadura**

###### **4.2.6.1.1 Calibradores de campo**

Son dispositivos fabricados por el usuario para controlar la conformidad del trabajo con las especificaciones de soldadura.

- a) *Ventajas:*
  - Dar buenos resultados, si son fabricados correctamente
  - Es un proceso de rápida verificación.
- b) *Desventajas:*
  - Deben ser fabricadas con gran precisión.
  - Solo se pueden emplear para una clase.

\* Verificador del refuerzo de soldadura .

\* Verificador de la abertura de raíz.

\* Verificador de junta.

##### **4.2.6.2 Calibradores especiales**

Son instrumentos simples, bastante prácticos los cuales permiten la verificación dimensional con mucha facilidad, ya que poseen escalas graduadas para la lectura.

\* Calibrador de soldadura en ángulo y de refuerzo.

\* Calibrador de finalidad múltiple.

#### 4.2.7. Criterios de aceptación

##### 4.2.7.1 Socavación

API 1104-6.3.10

Profundidad	Longitud
$\leq 1/64"$ (0.4mm) o 6% del espesor de la pared, el que sea más pequeño	Aceptable en toda su longitud
$> 1/64"$ (0.4mm) o $> 6\% - 12.5\%$ del espesor de pared, el que sea más pequeño.	2" (50.8 mm) en una longitud continua de soldadura de 12" o 1/6 de la longitud soldada, el que sea menor.
$> 1/32"$ (0.79mm) o $> 12.5\%$ del espesor de la pared, el que sea más pequeño.	No aceptable

##### 4.2.7.2 Alineamiento

a) Según API 1104 - 4.2

No excederá de  $1/16"$  (1.59mm)

b) Según ASME -Sección VIII-Div I (UW - 33)

Espesores - Pulg.	Categorías de juntas	
	A	B, C y D
Hasta $1/2"$	$1/4 t$	$1/4 t$
$> 1/2"$ a $3/4"$	$1/8"$	$1/4 t$
$> 3/4"$ a $1.11/2"$	$1/8"$	$3/16"$
$> 1.1/2"$ a $2"$	$1/8"$	$1/8" t$
$> 2"$	La menor de $1/16"$ o $3/8"$	La menor de $1/8 t$ o $3/4"$

##### 4.2.7.3 Refuerzo o sobremonta

a) Según API 1104 - 2.2

De  $1/32"$  a  $1/16"$  (0.79 a 1.59mm)



b) Según ASME Sección VIII - Div. I (UW - 35)

Espesor nominal- Pulg.	Máximo refuerzo - Pulg.	
	Junta circunf.	Otras soldaduras
> 3/32"	3/32"	1/32"
> 3/32" a 3/16"	1/8"	1/16"
> 3/16" a 1/2"	5/32"	3/32"
> 1/2" a 1"	3/16"	3/32"
> 1" a 2"	1/4"	1/8"

#### 4.2.8. Inspección visual- Calificación de Soldador

##### 4.2.8.1 API 1104 - 3.4

Para la calificación de soldadores, los requerimientos de inspección visual son:

- Libre de fisuras.
- Libre de falta de penetración.
- Libre de falta de fusión.
- Libre de quemones.
- Poros aislado en último cordón no mayor de 1/8" Ø.
- Porosidad agrupada en último cordón en área no mayor de 1/2" Ø, con cualquier poro del grupo que no exceda de 1/16".
- La socavación no excederá del menor valor entre 1/32" de profundidad o 12.5% del espesor de pared, y no debe haber más de 2" de socavación en una longitud de soldadura de 12".
- La porosidad alineada no deberá exceder de 1/2" de longitud en 12" de longitud de soldadura continua.

**4.2.8.2 Otros**

- a) Cráteres; Deberán repararse, no se aceptan .
- b) Deposición insuficiente; no se acepta, deberá esmerilarse y rellenarse.
- c) Salpicaduras y arranque de arco; deberán ser eliminadas para preparar la superficie para su recubrimiento protector

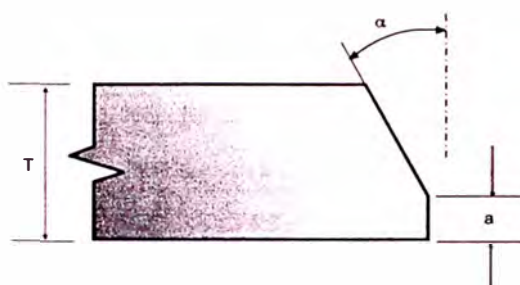


Figura 32 – Bisel de campo

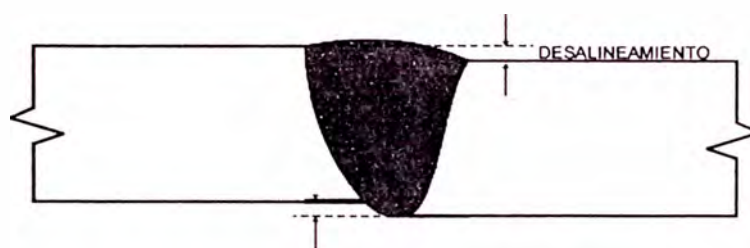


Figura 33 – Desalineamiento

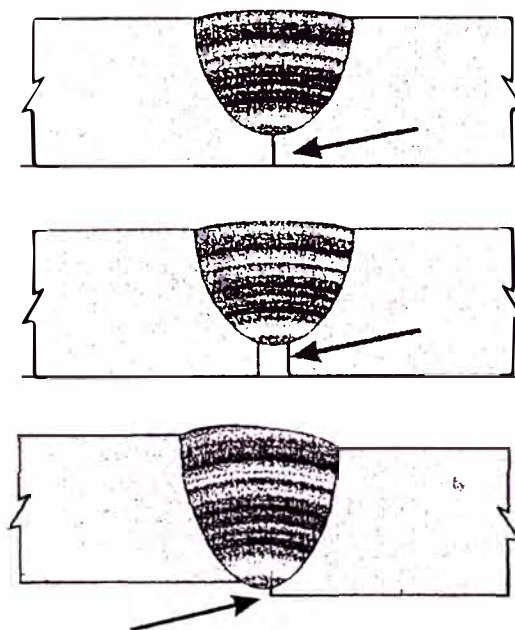


Figura 34 – Penetración inadecuada

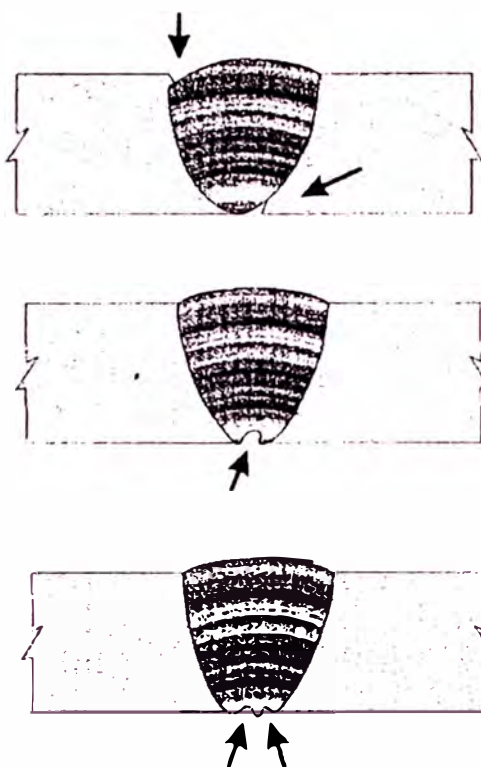


Figura 35 – Falta de fusión

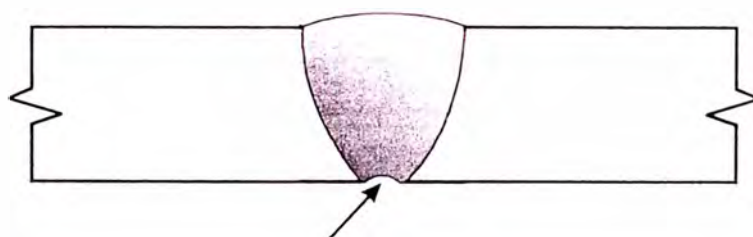


Figura 36 – Concavidad

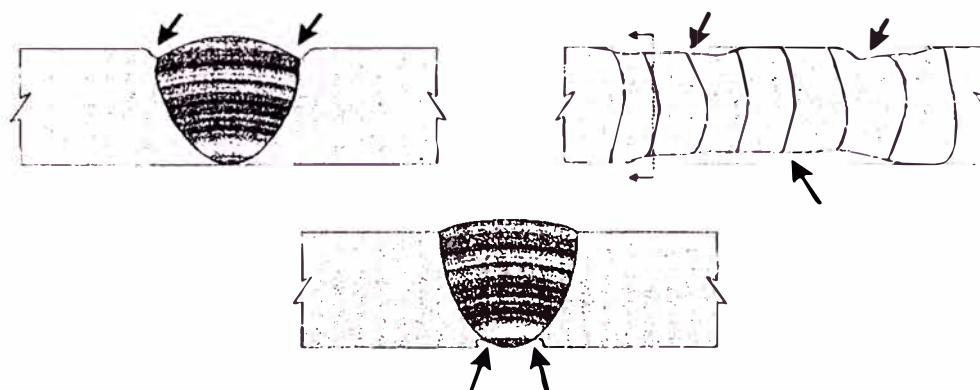
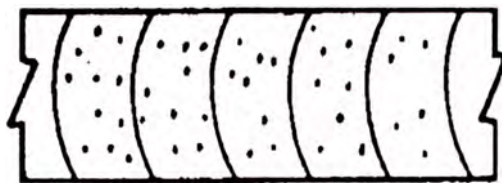
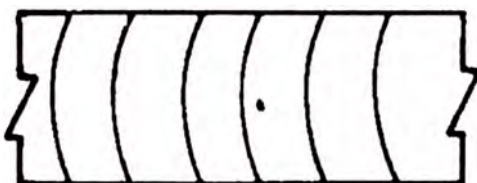


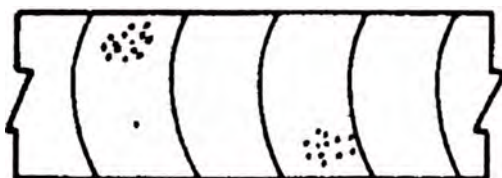
Figura 37 – Socavación



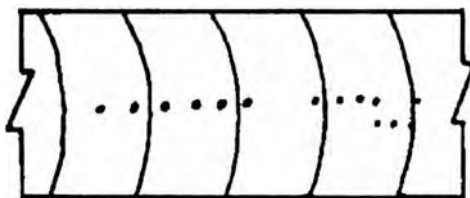
POROSIDAD SUPERFICIAL



PORO SUPERFICIAL



POROSIDAD SUPERFICIAL AGRUPADA



POROSIDAD SUPERFICIAL ALINEADA

Figura 38 - Porosidades

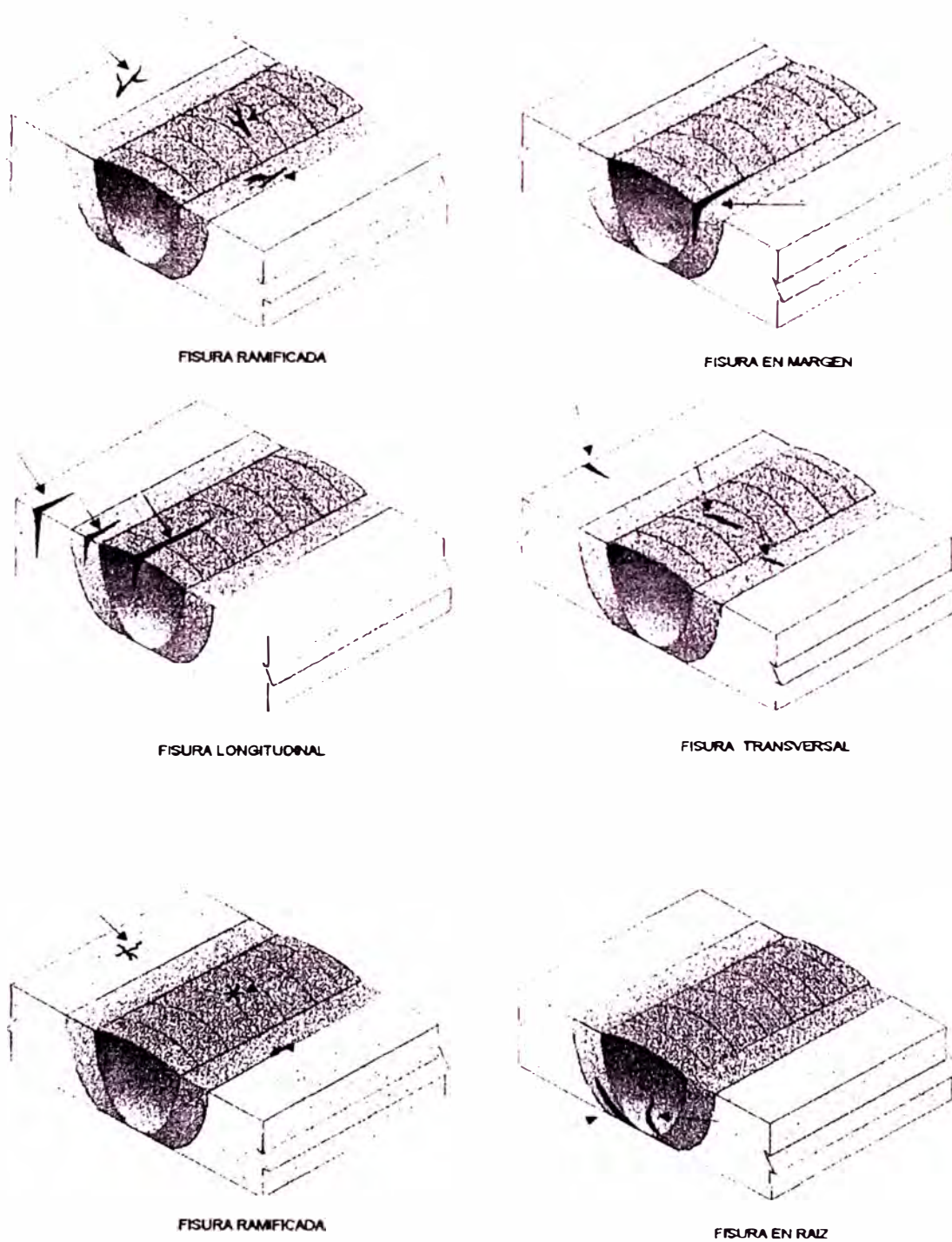


Figura 39 - Fisuras

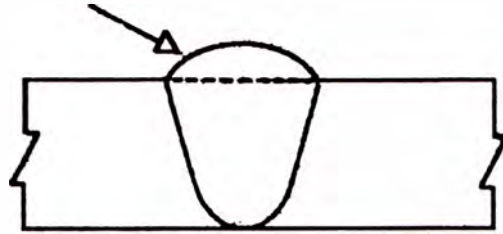


Figura 40 – Sobremonta

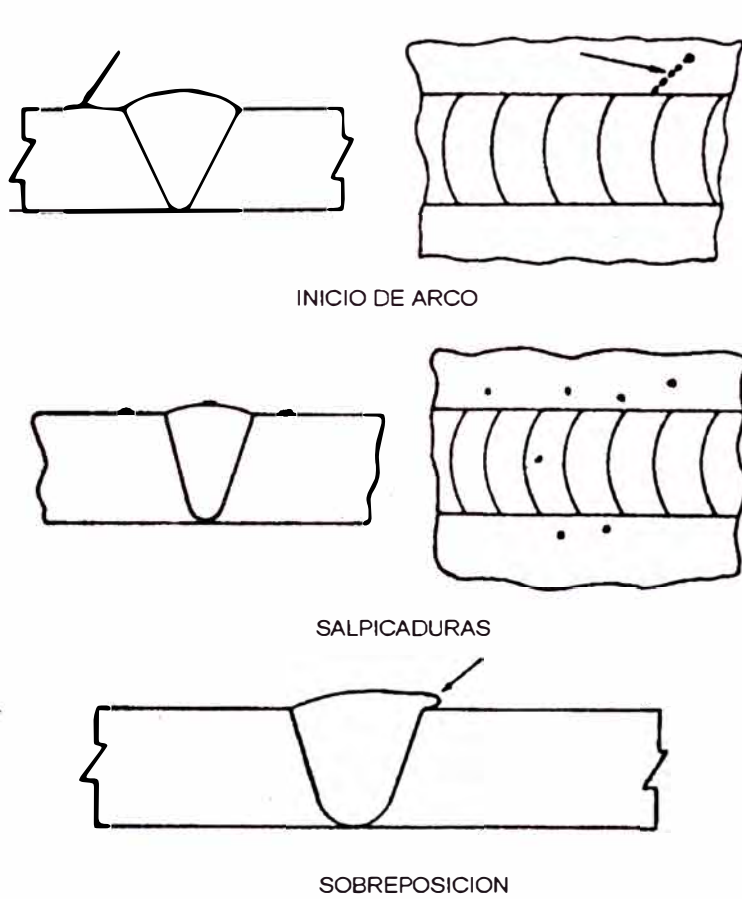


Figura 41 – Otras discontinuidades



#### **4.3. Resultados de inspección visual.**

A continuación se indica en formatos el registro de características del material de la línea, así como un formato de calificación de soldador y de procedimiento de soldadura.

En el Apéndice se podrán revisar los registros de calificación de soldadores así como el procedimiento de soldadura empleado y su calificación respectiva.

Los resultados de la inspección visual se tabulan acompañado de los trazados del Varillón, de la conexión desde la excavación protegida a válvula en la margen derecha, el montaje del Varillón en la margen izquierda, el montaje del Varillón desde la válvula en la margen derecha hacia la ubicación del punto de unión al Oleoducto y las dos uniones finales tanto en margen derecha como en margen izquierda.

## REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE LA LINEA

<b>Línea</b>	:	CRUCE RIO MARAÑON-PETROPERU S.A.
<b>Tipo de Acero</b>	:	API-5L-X65
<b>Longitud Nominal</b>	:	40 pies (12m)
<b>Min. Long. Promedio</b>	:	38 pies (11.6m)
<b>Max. Long. Simple</b>	:	42 pies (12.8m)
<b>Min. Long. Simple</b>	:	33 pies (10.1m)
<b>Tolerancia del espesor</b>	:	+12.5%, -5.0%
<b>Espesor</b>	:	0.525pulg. (12.33mm)
<b>Tolerancia en OD</b>	:	+3/16" (4.76mm), -1/16"(1.59mm)
<b>Diámetro exterior (OD)</b>	:	24" (609mm)
<b>Tolerancia en alineamiento</b>	:	0.1% de longitud de tubo.
<b>Extremos con bisel</b>	:	∠ 30°
<b>Tolerancia del ∠ bisel</b>	:	+5° , -0°
<b>Talón de raíz</b>	:	1/16" (1.59mm)
<b>Tolerancia de talón</b>	:	+1/32" (0.8mm) , -0"
<b>Composición química, %</b>	:	

<i>Carbono</i>	0.13	<i>Azufre</i>	0.005 max.
<i>Manganeso</i>	1.65 máx.	<i>Aluminio</i>	0.02-0.06
<i>Silicio</i>	0.55 máx.	<i>Culombio</i>	0.06 max.
<i>Fósforo</i>	0.02 max	<i>Vanadio</i>	0.09 max.

**Equivalente de carbono** :

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn + Cu + Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \leq 0.21$$

**Propiedades mecánicas** : Según API.5L Tabla 4.1

**Observaciones** : Los terminales de las tuberías serán chequeados por ultrasonido y deberán estar libres de defectos de laminación que excedan de ¼" (6.35mm) al final del bisel.

CALIFICACIÓN DE SOLDADOR				Número	s/n
Obra / Proyecto		CRUCE RIO MARAÑON		Fecha	29.09.94
Nombre Soldador				E.P.S #	436
Empresa		PETROLEOS DEL PERU		Rev. E.P.S#	—
				Referencia	API-1104

Variables		Valores Usados en la Calificación		Rango Calificado	
Proceso		Arco Eléctrico		SMAW	
Tipo de Proceso		Electrodo revestido			
Cubrejunta		—			
Material Base		API 5L.AX52 PN:1		PN:1 A PN:1	
Espesor		0.625"		MAX. 1.250"	
Diámetro de tubería		16" OD		12.3/4" y mayores	
Metal de Aporte	Espec.	SFA-5.5		SFA -5.5	
	Diámetro	1/8"	5/32"	1/8"	5/32"
	Clase	AWS E8010G		AWS E8010G	
	F - No.	3		3	
Posición		3G		3G	
Progresión		Descendente		Descendente	
Caract. Eléctricas	CA / CC	CC		CC	
	(+) / (-)	(+) / (-)		(+) / (-)	
	Amper.	95-130	100-140	75-130	90-185
	Volt.	18-32		—	
Otros	Tipo de Electrodo	Lincoln-Shield Arc 70'+		—	

Diseño de Junta:

NUMERO DE PASES Y CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS									
Pase No	Diámetro Electrodo	Corriente y Polarid.	Amper.	Volt.	Pase No	Diámetro Electrodo	Corriente y Polarid.	Amper.	Volt.
1	1/8"	CC +	75-130	18-32	5	5/32"	CC +	90-185	20-38
2	1/8"	CC +	75-130	18-32	6	5/32"	CC +	90-185	20-38
3	5/32"	CC +	90-185	20-38	7	5/32"	CC +	90-185	20-38
4	5/32"	CC +	90-185	20-38					

**Observaciones:** Realizar prueba de tracción a metal base para comprobar si es compatible con API 5L.AX52.

## REGISTRO DE CUALIFICACIÓN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA API Std 1104, 2.3

Nombre de la Empresa : **PETROLEOS DEL PERU S.A. (PETROPERU)**

Registro cualificación de procedimiento No: **436**

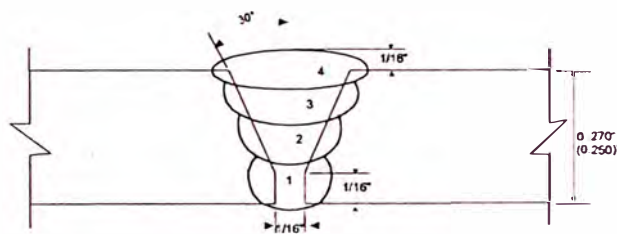
Fecha : 10.09.94

Especificación de soldadura: **API 1104 – Sección 2.0**

Proceso(s) de soldadura : **ARCO ELECTRICO (SMAW)**

Tipo: **Electrodo  
Revestido**

### UNIONES



Tipo de chaflan usado en V-60°

### MATERIALES BASE

Especif. Materiales **API 5L**  
 Tipo o Grado **X65**  
 P No. **1** a P No **1**  
 Espesor **0.270" (0.250")**  
 Diámetro **24 OD (16")**  
 Otras variables **---**

### POSICIÓN

Posición del chaflan **5G**  
 Progresión soldadura **Descendente**  
 Otras variables **—**

### METALES DE APORTACION

Análisis metal depositado A No **1.**  
 Sección electrodo **Ø18"–Ø532"**  
 Grupo F Metal aport. **3**  
 Especificación SFA **5.5**  
 Clasific. AWS **E8010-G**  
 Otras variables **.Shield Arc 70+.**

### PRECALENTAMIENTO

Temperatura precalentamiento **—**  
 Temperatura entre pasadas  
 Otras variables  
 -Lapso de tiempo entre raíz y caliente: 4min.  
 - Lapso de tiempo entre caliente y 3(4):5min

### TRATAMIENTO POSTCALENTAMIENTO

Temperatura **—**  
 Tiempo **—**  
 Otras variables. **—**

### GAS

Tipo de gas o gases **—**  
 Composición mezcla **—**  
 Otras variables **—**

### CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Corriente **CC**  
 Polaridad **+**  
 Amperios **75-130, 90-185** Voltios **18-32**  
 Velocidad avance **—**  
 Otras variables **—**

### TECNICA

Avance simple o comp. **Simple**  
 Oscilación **Media luna**  
 Pasada simple o múltiple **Múltiple**  
 (por lado) **(4pases)**  
 Electrodo único o múltiple **Unico**

## TRAZADO DE VARILLON PRINCIPAL



Total : 70 tubos de 0.505" x 24" OD x 40'  
Número de Juntas : 69 Juntas

### RESULTADO DE INSPECCION VISUAL - VARILLON PRINCIPAL

Junta No	Tubo No	Sobremonta (máx. 1/8")	Desalineamiento (máx. 1/8")	Socavación (1/64" en máx. 2")	Overlap	Crater	Poros	Fisuras	Deposito insuficiente	Salpicaduras	Observaciones
J1	1-2	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J2	2-3	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J3	3-4	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J4	4-5	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J5	5-6	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J6	6-7	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J7	7-8	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J8	8-9	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J9	9-10	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J10	10-11	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J11	11-12	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J12	12-13	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J13	13-14	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J14	14-15	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J15	15-16	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J16	16-17	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J17	17-18	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J18	18-19	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J19	19-20	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado



Junta No	Tubo No	Sobremonta (max. 1/8")	Desalineamiento (máx. 1/8")	Socavación (1/64" en max. 2")	Overlap	Crater	Poros	Fisuras	Deposito insuficiente	Salpicaduras	Observaciones
J20	20-21	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J21	21-22	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J22	22-23	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J23	23-24	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J24	24-25	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J25	25-26	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J26	26-27	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J27	27-28	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J28	28-29	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J29	29-30	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J30	30-31	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J31	31-32	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J32	32-33	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J33	33-34	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J34	34-35	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J35	35-36	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J36	36-37	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J37	37-38	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J38	38-39	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J39	39-40	<1/8"	=1/32"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J40	40-41	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado



Junta No	Tubo No	Sobremonta (max. 1/8")	Desalineamiento (max. 1/8")	Socavación (1/64" en max. 2")	Overlap	Crater	Poros	Fisuras	Deposito insuficiente	Salpicaduras	Observaciones
J41	41-42	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J42	42-43	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J43	43-44	<1/8"	<1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J44	44-45	<1/8"	<1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J45	45-46	<1/8"	1/8" en 2"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J46	46-47	<1/8"	5/64" en 1"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J47	47-48	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J48	48-49	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J49	49-50	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J50	50-51	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J51	51-52	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J52	52-53	<1/8"	1/8" en 8"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J53	53-54	<1/8"	1/8" en 3"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J54	54-55	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J55	55-56	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J56	56-57	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J57	57-58	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J58	58-59	<1/8"	=3/32" en 2"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J59	59-60	<1/8"	=5/64" en 4"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J60	60-61	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J61	61-62	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado

Junta No	Tubo No	Sobremonta (max. 1/8")	Desalineamiento (max. 1/8")	Socavación (1/64" en max. 2")	Overlap	Crater	Poros	Fisuras	Deposito insuficiente	Salpicaduras	Observaciones
J62	62-63	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J63	63-64	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J64	64-65	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	Esmerilar	Aceptado
J65	65-66	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J66	66-67	<1/8"	=1/32"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J67	67-68	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J68	68-69	=1/8"	=5/64" en 5"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado
J69	69-70	=1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	OK	Aceptado

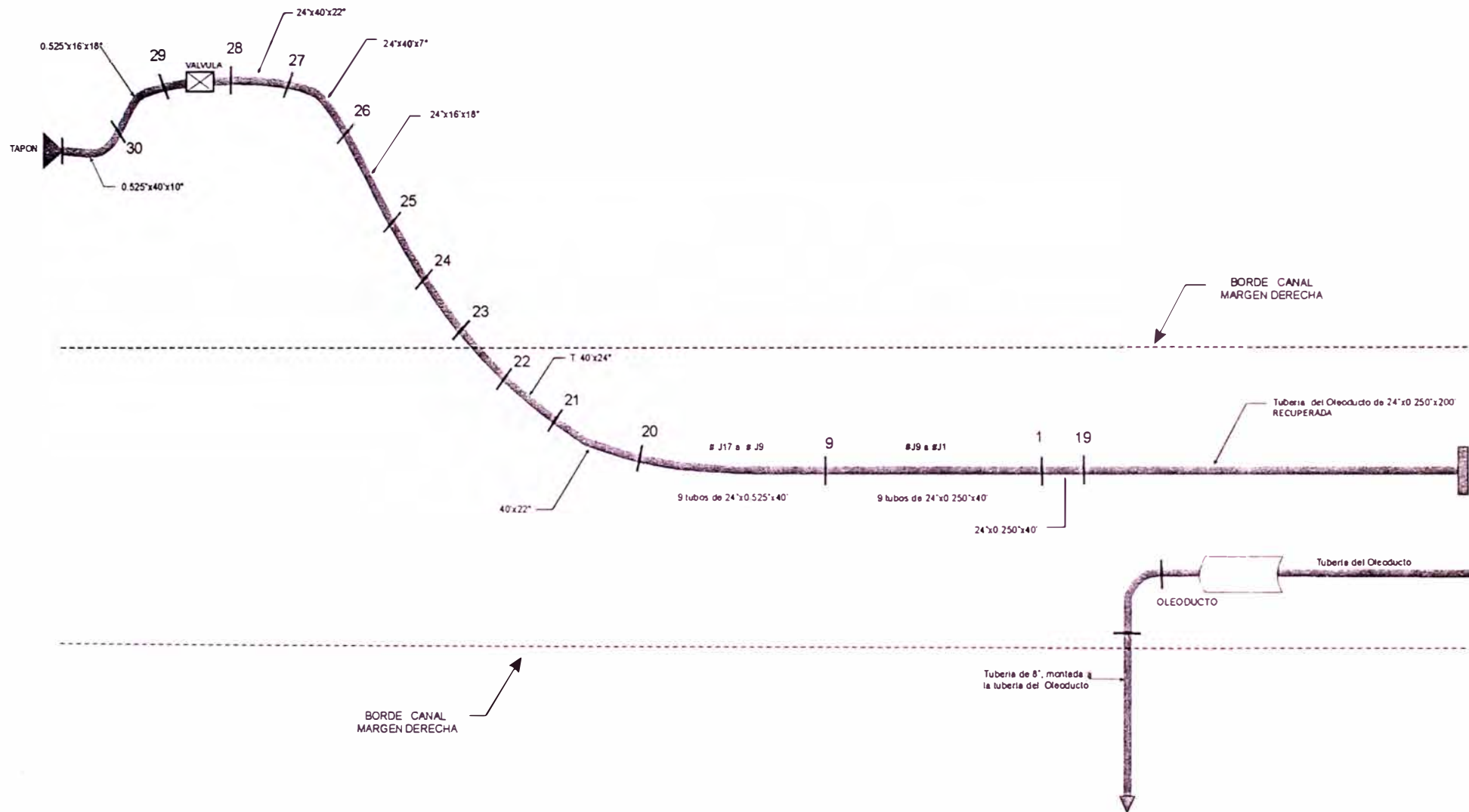
- Con los 70 tubos se completó el Varillón con una longitud aproximada de 2,800 pies.
- Se revisaron todas las juntas con indicaciones de esmerilar salpicaduras, emitiendo el visto bueno correspondiente.
- Varillón aceptado visualmente, faltando concluir con las radiografías.
- El Varillón se inició el 11.10.94 concluyéndose el 19.10.94.

### RESULTADO DE INSPECCION VISUAL - VARILLON MARGEN IZQUIERDA

Junta No	Sobremonta (max. 1/8")	Desalineamiento (max. 1/8")	Socavación (1/64" en max. 2")	Overlap	Crater	Poros	Fisuras	Deposito insuficiente	Salpicaduras	Observaciones
J1-1	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
J1-2	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
J1-3	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
J1-4	<1/8"	<1/8"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
J1-5	<1/8"	<1/8"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
J1-6	<1/8"	<1/8"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>

- El 25.10.94 se dejaron 03 Varillas en Margen izquierda de 03 tubos de cada uno

## MONTAJE DE VARILLON - MARGEN DERECHA



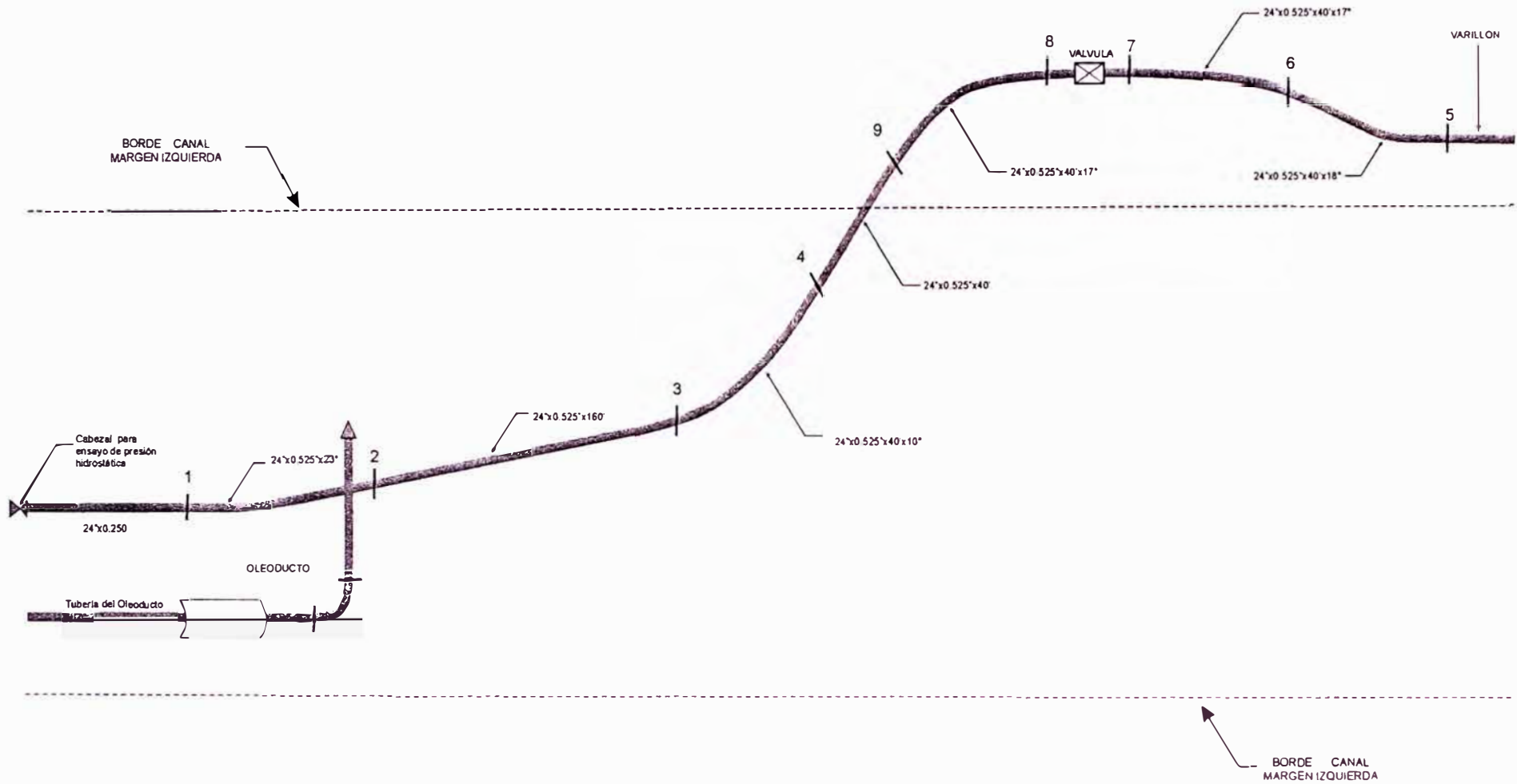
### RESULTADO DE INSPECCION VISUAL - MONTAJE VARILLON MARGEN DERECHA

Junta No	Tubo	Sobremonta (max. 1/8")	Desalineamiento (max. 1/8")	Socavación (1/64" en max. 2")	Overlap	Crater	Poros	Fisuras	Deposito insuficiente	Salpicaduras	Observaciones
JD-1	0.250"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-2	0.250"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-3	0.250"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-4	0.250"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-5	0.250"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-6	0.250"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-7	0.250"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-8	0.250"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-9	0.250"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-10	0.250"-0.525"	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-11	0.525"	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-12	0.525"	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-13	0.525"	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-14	0.525"	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-15	0.525"	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-16	0.525"	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-17	0.525"	<1/8"	=5/64"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-18	0.525"	<1/8"	=5/64"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado

Junta No	Tubo	Sobremonta máx. 1/8")	Desaline- amiento (máx. 1/8")	Socavación (1/64" en máx. 2")	Overlap	Crater	Poros	Fisuras	Deposito insuficiente	Salpicaduras	Observaciones
JD-19	0.250"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
JD-20	0.525"	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
JD-21	0.525"	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
JD-22	0.525"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
JD-23	0.525"	<1/8"	=1/32"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
JD-24	0.525"	<1/8"	=1/32"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
JD-25	0.525"	<1/8"	=1/32"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
JD-26	0.525"	<1/8"	=1/32"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
JD-27	0.525"	<1/8"	=1/32"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
JD-28	0.525"	<1/8"	=1/32"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
JD-29	0.525"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
JD-30	0.525"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>

- Desde el 11.12.94 se montó y soldó Varillón en Margen derecha, quedando aceptada por inspección visual y radiográfica.
- Las Juntas JD-29 y JD-30 de 18° y 10°, se montaron el 08.02.95, esperando la salida de la perforación dirigida.

## MONTAJE DE VARILLON - MARGEN IZQUIERDA



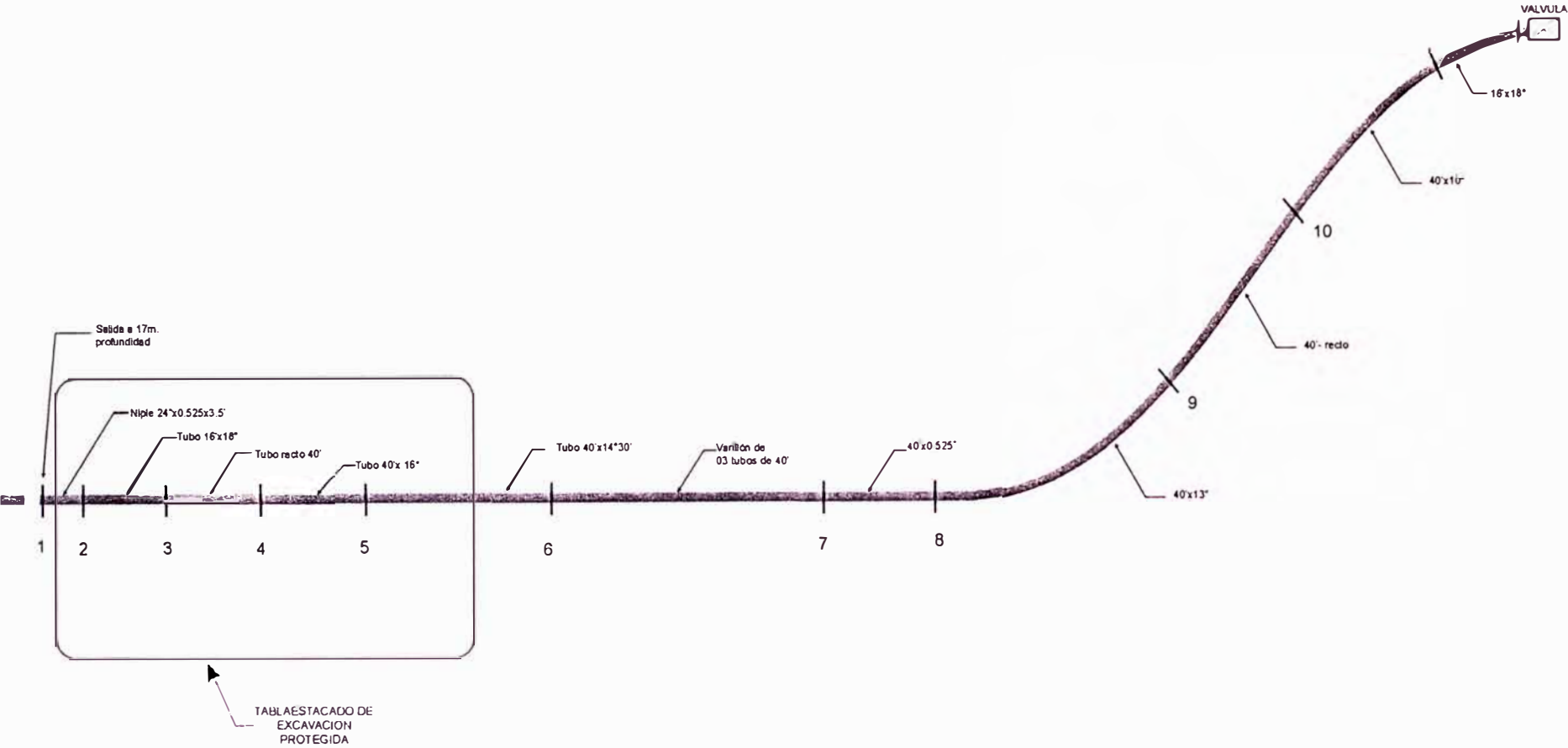


### RESULTADO DE INSPECCION VISUAL - MONTAJE VARILLON MARGEN IZQUIERDA

Junta No	Tubo	Sobremonta (max. 1/8")	Desalineamiento (max. 1/8")	Socavación (1/64" en max. 2")	Overlap	Crater	Poros	Fisuras	Deposito insuficiente	Salpicaduras	Observaciones
JI-1	0.250"	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JI-2	0.525"	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JI-3	0.525"	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JI-4	0.525"	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JI-5	0.525"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JI-6	0.525"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JI-7	0.525"	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JI-8	0.525"	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JI-9	0.525"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado

- El 08.02.95 se realizó montaje de Varillón Margen Izquierda con Cabezal de Prueba para el ensayo de Presión hidrostática.

CONEXION DE EXCAVACION PROTEGIDA A VALVULA EN MARGEN DERECHA

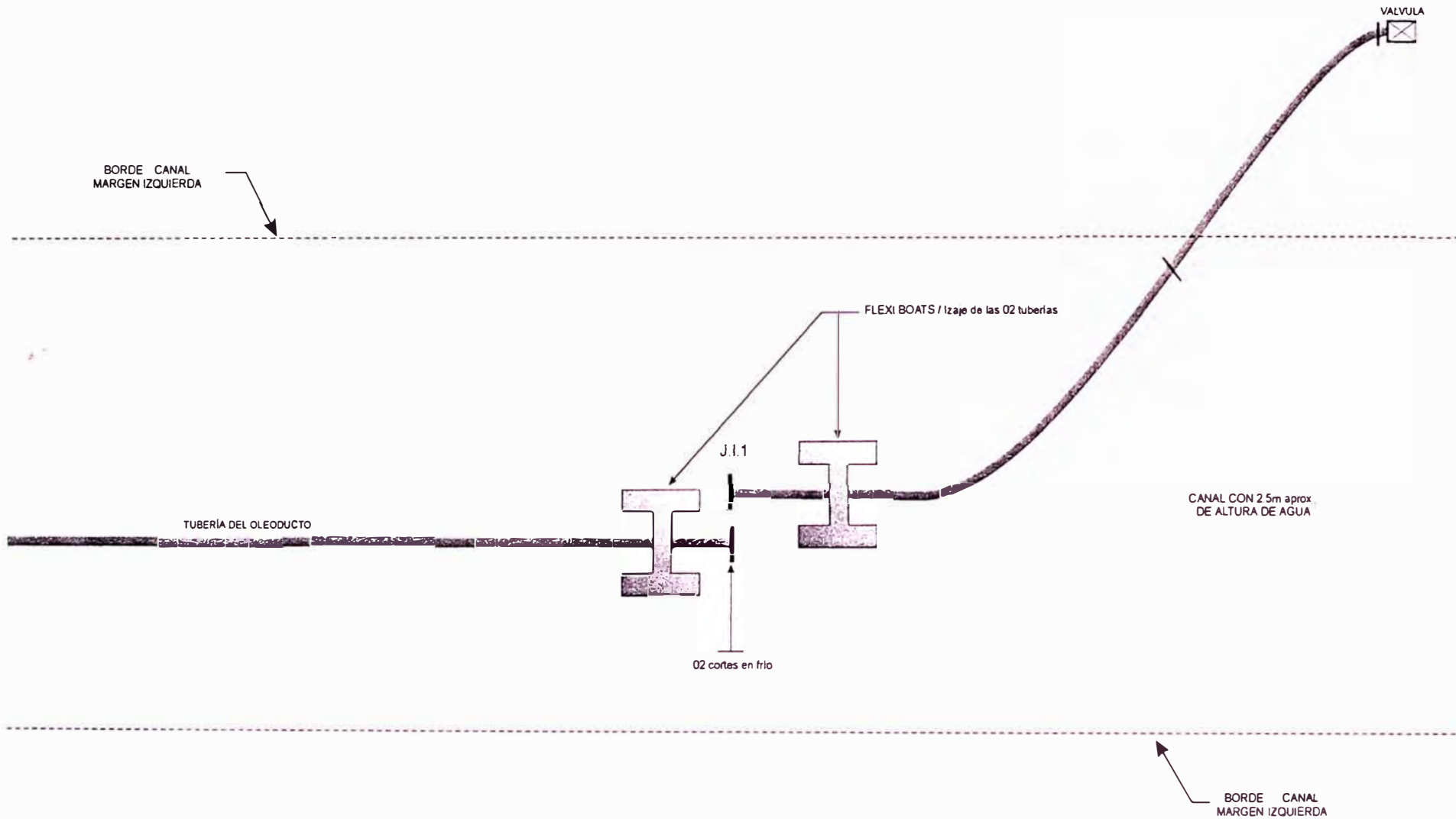


### RESULTADO DE INSPECCION VISUAL - CONEXIÓN EXCAVACION PROTEGIDA A VALVULA EN MARGEN DERECHA

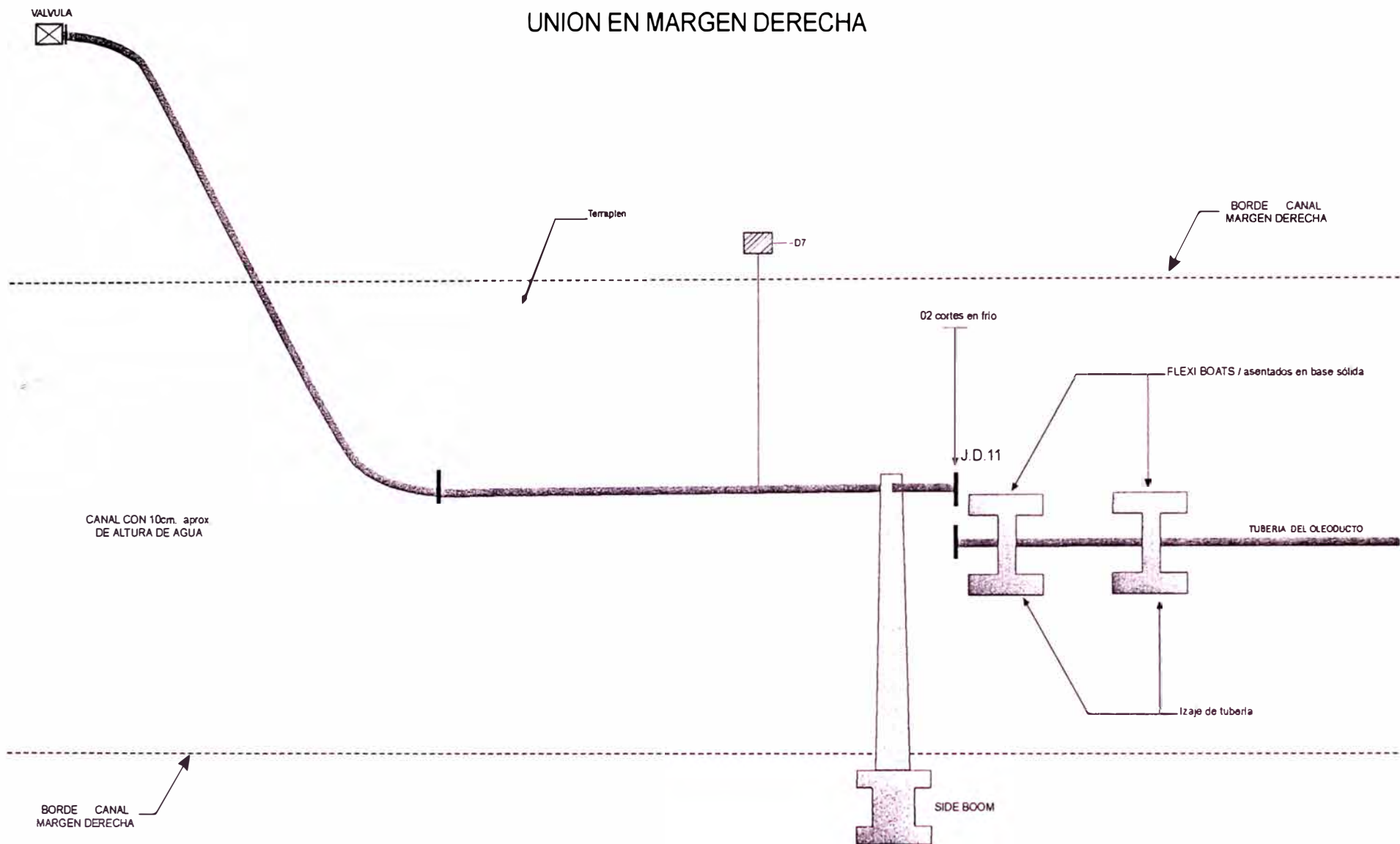
Junta No	Tubo	Sobremonta (max. 1/8")	Desalineamiento (max. 1/8")	Socavación (1/64" en max. 2")	Overlap	Crater	Poros	Fisuras	Deposito insuficiente	Salpicaduras	Observaciones
JD-1	3.5'	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-2	40'	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-3	16' 18°	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-4	40' 16°	<1/8"	=1/8"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-5	40' 14° 30"	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-6	120'	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-7	40'	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-8	40' 13°	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-9	40'	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado
JD-10	40' 10°	<1/8"	=3/32"	No	No	No	No	No	No	No	Aceptado

- El 14.10.95 quedó unida la tubería desde la Excavación Protegida hasta la Válvula en la Margen Derecha, quedando lista para la Prueba Hidrostática.

## UNION EN MARGEN IZQUIERDA



- Para posicionar las tuberías se hizo uso de Side Boom - Retroexcavadora y dos D7.
- Los soldadores tuvieron que trabajar en un Bote debidamente implementado para la ejecución de ésta Unión.



- El posicionado de las tuberías se realizó con Side Boom y un D7.
- Los soldadores trabajaron sobre una plataforma de madera.

### RESULTADO DE INSPECCION VISUAL - CONEXIÓN DEL VARILLON AL OLEODUCTO

Junta No	Tubo	Sobremonta (max. 1/8")	Desalineamiento (max. 1/8")	Socavación (1/64" en max. 2")	Overlap	Crater	Poros	Fisuras	Deposito insuficiente	Salpicaduras	Observaciones
JD-11	0.250"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>
JI 1	0.250"	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	No	No	<i>Aceptado</i>

### RESULTADO DE INSPECCION VISUAL - TAPA DE CABEZAL PARA PRUEBA HIDROSTATICA

Junta No	Sobremonta (max. 1/8")	Desalineamiento (max. 1/8")	Socavación (1/64" en max. 2")	Overlap	Crater	Poros	Fisuras	Deposito insuficiente	Salpicaduras	Observaciones
J1	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J2	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J3	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J4	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J5	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J6	<1/8"	<1/8"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J7	<1/8"	<1/8"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J8	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J9	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J10	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J11	<1/8"	<1/8"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J12	<1/8"	<1/8"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J13	<1/8"	<1/8"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J14	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J15	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado
J16	<1/8"	=1/16"	No	No	No	No	No	Si	Si	Aceptado

- Se completó la soldadura por la parte interna y se esmeriló todos los depósitos y salpicaduras, quedando aceptable



#### **4.4. Procedimiento de inspección radiográfica**

##### **(Método Gammaográfico)**

##### **4.4.1. Objetivo**

Este procedimiento detalla y estandariza los puntos mas importantes en el examen por rayos gamma, ejecutados en equipos tales como recipientes de presión, intercambiadores de calor, tanques de almacenamiento y tuberías en general.

##### **4.4.2. Material y rango de espesores a radiografiar**

*Material* : Aceros al carbono y baja aleación.

*Rango de espesores* : Ver Tabla de ejecución.

*Diámetro de tubos* : Ver Tabla de ejecución.

##### **4.4.3. Tipo de fuente**

Fuente de Iridio 192 con actividad entre 20 y 110 Curie.

Para los tubos de acero con espesores inferiores a 10mm en las radiografías de pared simple, el isótopo radiactivo de Iridio 192 debe tener una actividad mínima de 30Curie.

##### **4.4.4. Dimensiones mínimas de la fuente**

Contenedor	Modelo de fuente	Diámetro de fuente (mm)	Longitud de fuente (mm)
TECH-OPS/AMERSHAM	702	2.7	2.8

#### **4.4.5. Técnica radiográfica**

En la inspección de soldadura de tuberías se utilizará las siguientes técnicas:

##### **4.4.5.1 Pared doble/ vista simple ;**

Para tubos con diámetro exterior mayores que 89mm y menores a 762mm.

##### **4.4.5.2 Pared simple/vista simple ;**

Para tubos con diámetro exterior mayor a 762mm.

En este punto la facilidad de manipulación de la fuente implica un papel importante y decisivo.

#### **4.4.6. Posición de la fuente en relación al equipo**

##### **4.4.6.1 Soldadura**

Posicionado interno o externo, dependiendo del diámetro.

##### **4.4.6.2 Soldadura en chapas planas**

Posicionado interno o externo, dependiendo del acceso.

##### **4.4.6.3 Distancia mínima fuente-película (D.F.P.)**

Ver Tabla adjunta.

TABLA DE EJECUCION

Diámetro externo (pulg.)	Relación de espesores esp. Nominal + refuerzo) (mm)	D.F.P. mínima (mm)	Penetrametro (Designación + agujero o alambre)		Técnica
			Lado Fuente	Lado Película	
3½ a 42	9.52	200	-	10-4T	PD/VS
3½ a 42	9.52 a 15.87	200	-	12-4T	PD/VS
3½ a 42	15.87 a 22.2	406	-	15-4T	PD/VS
3½ a 42	22.2 a 25.4	356	-	17-4T	PD/VS
3½ a 42	25.4 a 38.1	400	-	25-2T	PD/VS
34 a 42	12.7 a 15.8	430	15-4T	-	PS/VS
34 a 42	15.8 a 19.05	430	17-4T	-	PS/VS
34 a 42	19.05 a 25.4	430	20-4T	-	PS/VS
24 a 42	25.4 a 31.75	430	25-4T	-	PS/S
28 a 42	31.75 a 38.1	430	30-2T	-	PS/VS
36 a 42	38.1 a 50.8	500	35-2T	-	PS/VS
-	6.35 a 9.52	600	12-4T	-	PS/VS
-	9.52 a 15.8	600	15-4T		PS/VS
-	15.8 a 19.05	600	17-4T		PS/VS
-	19.05 a 25.4	600	20-4T		PS/VS
-	25.4 a 31.75	600	25-4T		PS/VS
-	31.75 a 38.1	600	30-2T		PS/VS
-	38.1 a 50.8	600	35-2T		PS/VS
-	50.8 a 63.5	600	40-2T		PS/VS
-	63.5 a 76.2	700	45-2T		PS/VS
3½ a 42	8,0 a 10,0 (3)	300	-	10ISO16-13	PD/VS
3½ a 42	10,0 a 16,0	219	-	10ISO16-12	PD/VS
3½ a 42	16,0 a 25,0	406	-	61ISO12-11	PD/VS
3½ a 42	25,0 a 32,0	406	-	61ISO12-10	PD/VS

#### **4.4.6.4 Esquema de disposición para tuberías**

Ver las figuras 42\* y 43\* adjuntas para la técnica radiográfica

#### **4.4.7. Películas radiograficas**

##### **4.4.7.1 Cantidad**

Ver Tabla de Ejecución.

##### **4.4.7.2 Dimensiones**

Se usaran las siguientes dimensiones de películas

- 70 x 431.80 mm (2.3/4"x17")
- 70 x 203.20mm (2.3/4"x8")
- 88.9 x 431.80 mm (3.1/2 x17")
- 88.9 x 203.20 mm (3.1/2 x 8")
- 114.7 x 431.80mm (4.1/2 x17")
- 114.3 x 203.20 mm (4.1/2 x8")

##### **4.4.7.3 Marcas Comerciales**

Las marcas comerciales que podrán usarse son:

- Kodak Industrix
- Agfa Gevaert
- Dupont NDT (solo para espesores superiores a10mm)

##### **4.4.7.4 Tipo de películas**

Las películas deben ser del tipo II, conforme a ASME E94, de las siguientes especificaciones comerciales:

- Kodak AA.
- Agfa Gevaert D7.
- Dupont NDT70.

Como opción se podrán usar películas tipo I, de las siguientes especificaciones comerciales:

- Kodak M5.
- Agfa Gevaert D4.
- Dupont NDT 45.

#### **4.4.8. Pantallas intensificadoras y filtros de protección contra la radiación dispersa**

##### **4.4.8.1 Pantallas intensificadoras**

Las pantallas intensificadoras deberán tener las siguientes características:

Material	Plomo.
Cantidad	Dos, una a cada lado de la película.
Dimensiones	Compatibles con la película empleada.
Espesores	Anterior 0.127mm (0.005"). Posterior 0.254 (0.010").

##### **4.4.8.2 Filtros de protección**

Siempre que sea necesario se deberá usar filtros de protección de plomo contra la radiación secundaria o dispersa.

Estos filtros deberán ser colocados en la parte posterior de las porta-películas, sus medidas deben ser compatible con los mismos.

#### 4.4.9. Montaje de películas y descripción del método de marcación de posición

##### 4.4.9.1 Montaje

En las soldaduras longitudinales y circunferenciales las películas deberán ser montadas de manera que al exponerlo y leer los resultados, se obtenga toda la longitud de la circunferencia expuesta sin que falte un detalle. Esta sobremonta entre las placas se puede ver en la siguiente Tabla :

Diámetro exterior (Pulg)	Cantidad de películas	Sobre montaje (mm)	Dimensiones de películas (mm)	Diámetro exterior (Pulg)	Cantidad de películas	Sobre montaje (mm)	Dimensiones de películas (mm)
4.5	4	62.6	89 x 215	26	6	42.6	114 x 431
5.563	4	52.0	89 x 215	28	6	29.3	114 x 431
6.625	4	41.4	89 x 215	30	7	44.0	114 x 431
8.625	4	21.5	89 x 215	32	7	33.1	114 x 431
10.75	4	107.8	89 x 431	34	7	21.7	114 x 431
12.75	4	87.8	89 x 431	36	8	36.0	114 x 431
14	4	75.3	89 x 431	40	9	38.1	114 x 431
16	4	55.4	89 x 431	42	9	29.3	114 x 431
18	4	35.5	89 x 431				

##### 4.4.9.2 Marcación de posición

1. Las marcas de posición que aparecen en la radiografía deben ser fijados al equipo o tubería, más no al chasis de la película.
2. Para la radiografía de pared simple, los marcadores se deberán fijar de acuerdo con la Figura 44 (a,b,c,d y e)\*
3. Como una alternativa para el posicionado de marcadores al lado de la fuente (ver Figura 44 a y b)\*, se puede utilizar marcadores de posición del lado de la

\* Figura 44 (a, b, c, d y e) en Página 207.

película para materiales de espesores hasta 40mm, conforme a los mostrado en la Figura 44 f.\*

4. Para efecto de la identificación de la posición de las películas en los equipos o tubos, el sistema de marcado debe ser empleado es el siguiente.

- Usar números de plomo de 12mm de tamaño máximo .
- Fijar los números de plomo en una cinta, en orden creciente a intervalos regulares (fabricarse un metro).
- Para las juntas circunferenciales, la cinta debe ser enrollada alrededor de la tubería con la numeración creciente en el sentido horario y tomando como posición cero (0) el inicio de soldadura.
- Para juntas longitudinales, la cinta debe fijarse al equipo, a lo largo de ésta y siendo su posición cero (0) de inicio de soldadura.
- Para el perfecto posicionamiento de la referencia “0” de la cinta se debe marcar sobre el equipo o tubo, un símbolo; de preferencia en la parte superior para soldaduras circunferenciales.
- El símbolo “↪” Indica inicio y sentido en las soldaduras.

#### **4.4.9.3 Densidad**

La densidad radiográfica en el área de interés de las películas debe estar situada entre 2.0 a 4.0.

La verificación de las densidad deberá ser realizada por medio de un densitometro electrónico calibrado.

#### **4.4.9.4 Indicadores de calidad de imagen**

Los penetrámetros deben ser del tipo ASME SE142 o DIN 54109 y utilizado de acuerdo con las Tablas de ejecución adjuntas.

\* Figura 44 f en Página 207.



#### 4.4.9.4.1 Indicador de hilos DIN 54109

El indicador de calidad de imagen de hilos, construido de acuerdo con la norma DIN 54109 está formado por una serie de siete hilos de 50mm de longitud, separados entre si por 5mm, cuyos diámetros varían según la progresión geométrica adoptada por el **I.I.S. / I.I.W.** Estos hilos van dentro de una lámina de plástico transparente completamente sellada.

Se han previsto tres series de indicadores, una para la radiografía de los aceros y materiales férreos (clase Fe). otra para aluminio y sus aleaciones (clase Al) y una tercera para el cobre y sus aleaciones (clase Cu). Cada uno de estos indicadores lleva una serie de marcas que aparecen en la radiografía, marcas que son de dos clases:

a) Marcas comunes	DIN 62		
	ISO		
b) Marcas variables	Fe	Al	Cu
	1-7	6-12	10-16

Los grupos de cifras 1-7, 6-12 y 10-16 son los números de orden del primero y el último de los hilos de cada indicador.

La forma de estos indicadores, así como sus tipos son los que se dan en la Figura 45.\*

El valor de la sensibilidad expresado en tanto por ciento queda definido (norma DIN 54109) por la relación del diámetro del hilo más fino visible en la radiografía al espesor total radiografiado:

$$DE = \frac{\text{Ø hilo más fino visible}}{\text{espesor radiografiado}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (5)$$

\* Figura 45 en Página 208.

Esta sensibilidad DE % es un valor relativo que depende del espesor radiografiado.

El “índice de calidad de imagen” BZ es por el contrario un valor absoluto independiente, del espesor radiografiado. Este “índice de calidad de imagen” es el número de orden del hilo más fino que se ve en la radiografía.

En esta norma DIN 54109, teniendo en cuenta el índice de calidad de imagen “BZ”, las radiografías se clasifican en dos clases o categorías:

- a) Categoría 1 : Radiografías de alta sensibilidad.
- b) Categoría 2” Radiografías de sensibilidad normal.

Esta clasificación en categorías se hace de acuerdo con valores que se dan en la Tabla.

ICI de hilos DIN 54.109								
1 - 7			6 - 12			10 - 16		
Num	Ø mm	Ø pulg.	Num	Ø mm	Ø pulg.	Num	Ø mm	Ø pulg.
1	3,20	0,13	6	1,00	0,040	10	0,40	0,016
2	2,50	0,10	7	0,80	0,032	11	0,32	0,013
3	2,00	0,08	8	0,63	0,025	12	0,25	0,010
4	1,60	0,065	9	0,50	0,020	13	0,20	0,008
5	1,25	0,050	10	0,40	0,016	14	0,16	0,0065
6	1,00	0,040	11	0,32	0,013	15	0,13	0,0050
7	0,80	0,032	12	0,25	0,010	16	0,10	0,0040
Campo de aplicación 30 a 200 mm			Campo de aplicación 8 a 80 mm			Campo de aplicación 6 a 40mm		

### CATEGORIA DE LAS RADIOGRAFIAS SEGUN DIN 54109

Categoría 1			Categoría 2		
Espesor de la pieza		BZ	Espesor de la pieza		BZ
Superior a mm	Igual o inferior a mm		Superior a mm	Igual o inferior a mm	
0	6	16	0	6	14
6	8	15	6	8	13
8	10	14	8	10	12
10	16	13	10	16	11
16	25	12	16	25	10
25	32	11	25	32	9
32	40	10	32	40	8
40	50	9	40	60	7
50	80	8	60	80	6
80	200	7	80	150	5
			150	170	4
			170	180	3
			180	190	2
			190	200	1

#### **4.4.9.5 Indicadores americanos de espesor constante**

Estos se dividen en dos grupos principales, caracterizados por el diámetro de los taladros que lleva cada uno de ellos. Si el espesor de la placa que constituye el indicador es  $T$ , los diámetros para cada uno de los grupos o tipos de indicadores son los siguientes

- Tipo 4T -  $T$  - 2T
- Tipo 4T - 3T - 2T

Al primer tipo corresponden los indicadores recomendados por las normas de la American Society for Testing Materials (ASTM) y al segundo los requeridos por el código Boiler and Pressure Vessels Code de la American Society of Mechanical Engineers (ASME). (Ver Figura 46)\*.

##### **4.4.9.5.1 Indicadores ASTM (4T-T-2T)**

Este es el grupo más importante de los indicadores americanos, siendo además, el más ampliamente utilizado

Las marcas de identificación, dimensiones tolerancias y materiales de estos indicadores de calidad de imagen quedan especificados en la norma ASTM E142 Standard Method for Controlling Quality of Radiographic Testing, cuyo contenido fundamental es el siguiente:

\* Figura 46 en Página 209.

**MARCAS DE IDENTIFICACION, ESPESORES Y DIAMETRO  
DE LOS TALADROS DE LOS INDICADORES ASTM**

Indicador		Diámetro de los taladros		
Identificación	Espesor Pulg.	1T	pulg. 2T	4T
5	0,005	0,010	0,020	0,040
7	0,007	0,010	0,020	0,040
10	0,010	0,010	0,020	0,040
12	0,012	0,012	0,025	0,050
15	0,015	0,015	0,030	0,060
17	0,017	0,017	0,035	0,070
20	0,020	0,020	0,040	0,080
25	0,025	0,025	0,050	0,100
30	0,030	0,030	0,060	0,120
35	0,035	0,035	0,070	0,140
40	0,040	0,040	0,080	0,160
45	0,045	0,045	0,090	0,180
50	0,050	0,050	0,100	0,200
60	0,060	0,060	0,120	0,240
80	0,080	0,080	0,160	0,320
100	0,100	0,100	0,200	0,400
120	0,120	0,120	0,240	0,480
160	0,160	0,160	0,320	0,640
200	0,200	0,200	0,400	0,800

# ELECCION DEL INDICADOR EN FUNCION DEL ESPESOR A RADIOGRAFIAR Y

## SITUACION DEL INDICADOR

### TALADRO FUNDAMENTAL EN LA TECNICA RADIOGRAFICA CON

### INTERPRETACION SOBRE UNA SOLA PARED

Espesor nominal-Una sola pared Espesor a radiografiar comprendido entre:		I.C.I.			
		Lado fuente		Lado película	
Pulgadas	mm	Designación	Ø taladro fundamental	Designación	Ø taladro fundamental
Hasta 0,15incl.	a 6,35	10	4T	7	4T
de 0,25 a 0,50	6,35 a 9,525	12	4T	10	4T
0,375 a 0,50	9,525 a 12,7	15	4T	12	4T
0,50 a 0,625	12,7 a 15,875	15	4T	12	4T
0,625 a 0,75	15,875 a 19,05	17	4T	15	4T
0,75 a 0,875	19,05 a 22,225	20	4T	17	4T
0,875 a 1,00	22,225 a 25,40	20	4T	17	4T
1,00 a 1,25	25,40 a 31,75	25	4T	20	4T
1,25 a 1,50	31,75 a 38,10	30	2T	25	2T
1,50 a 2,00	38,10 a 50,80	35	2T	30	2T
2,00 a 2,50	50,80 a 63,50	40	2T	35	2T
2,50 a 3,00	63,50 a 76,20	45	2T	40	2T
3,00 a 4,00	76,20 a 101,60	50	2T	45	2T
4,00 a 6,00	101,60 a 152,40	60	2T	50	2T
6,00 a 8,00	152,40 a 203,20	80	2T	60	2T
8,00 a 10,00	203,20 a 254,00	100	2T	80	2T
10,00 a 12,00	254,00 a 304,80	120	2T	100	2T
12,00 a 16,00	304,80 a 406,40	160	2T	120	2T
16,00 a 20,00	406,40 a 508,00	200	2T	160	2T

**ELECCION DEL INDICADOR EN FUNCION DEL ESPESOR A RADIOGRAFIAR Y  
SITUACION DEL INDICADOR, TALADRO FUNDAMENTAL EN LA TECNICA  
RADIOGRAFICA CON INTERPRETACION SOBRE DOBLE PARED**

Espesor nominal-Una sola pared Espesor a radiografías comprendido entre:		I.C.I.	
		Indicador del lado de la fuente o de la película	
Pulgadas	mm	Designación	Ø taladro fundamental
Hasta 0,375	a 9,525	10	4T
0,375 a 0,625	9,525 a 15,875	12	4T
0,625 a 0,875	15,875 a 22,225	15	4T
0,875 a 1,00	22,225 a 25,40	17	4T
1,00 a 1,50	25,40 a 38,10	25	2T
1,50 a 2,00	38,10 a 50,80	30	2T
2,00 a 2,50	50,80 a 63,50	35	2T
2,50 a 3,00	63,50 a 76,20	40	2T
3,00 a 4,00	76,20 a 101,60	45	2T
4,00 a 6,00	101,60 a 152,40	50	2T

**CATEGORIA DE LAS RADIOGRAFIAS SEGUN ASTM**

Categoría		Espesor del indicador en % t	Diámetro de taladro que ha de ser visible	Sensibilidad equivalente %
Normal	2-1T	2	1T	1.4
	2-2T	2	2T	2.4
	2-4T	2	4T	2.8
Especial	1-1T	1	1T	0.7
	1-2T	1	1T	1.0
	4-2T	4	4T	4.0

t = Espesor a radiografiar



### INDICADOR A UTILIZAR SEGUN LOS NIVELES

Indicador		Espesor mínimo del objeto					
		Categoría 2-1T,2-2T,2-4T		Categoría 1-1T,1-2T		Categoría 4-2T	
Numero	Espesor	Mm	Pulg.	mm	Pulg.	mm	Pulg.
5	0,005	6,35	1/4	12,70	1/2	3,18	1/8
6	0,006	7,94	5/16	15,87	5/8	-	-
8	0,008	9,53	3/8	19,05	3/4	4,76	3/16
9	0,009	11,11	7/16	22,23	7/8	-	-
10	0,010	12,70	1/2	25,40	1	6,35	1/4
11	0,011	14,29	9/16	28,57	1.1/8	-	-
12	0,012	15,87	5/8	31,75	1.1/4	-	-
20	0,030	25,40	1	50,80	2	12,70	1/2
100	0,100	127,00	5	254,00	10	63,50	2.1/2
150	0,150	190,50	7.1/2	381,00	15	95,25	3.3/4

### ESPESTORES DE TUBERIAS VS. ESPESTORES DE PENETRAMETROS API

Pared de tubería o espesor de soldadura		Espesor máximo de penetrametros		No de Identificación
Pulg.	mm	Pulg.	mm	
0-1/4	0-6.35	0.005	0.127	5
>1/4 - 3/8	> 6.35 - 9.52	0.0075	0.19	7
> 3/8 - 1/2	> 9.52 - 12.70	0.010	0.254	10
> 1/2 - 5/8	>12.70 - 15.88	0.0125	0.317	12
> 4/8 - 3/4	>15.88 - 19.05	0.015	0.381	15
> 3/4 - 7/8	>19.05 - 22.22	0.0175	0.444	17
> 7/8 - 1	>22.22 - 25.40	0.020	0.508	20
> 1 - 1.1/4	>25.40 - 31.75	0.025	0.635	25
>1.1/4 - 1.1/2	>31.75 - 38.10	0.030	0.762	30
>1.1/2 - 2	>38.10 - 50.80	0.035	0.889	35

## ESPESOR DE TUBERIA VS. ESPESOR DE PENETRAMETRO ASME E 142

Pared de tubería o espesor de soldadura		Espesor máximo de penetrametros		No de Identificación	Agujero esencial
Pulg.	mm	Pulg.	mm		
0-1/4	0-6.35	0.0075	0.19	7	4T
>1/4 - 3/8	> 6.35 - 9.52	0.010	0.254	10	4T
> 3/8 - 5/8	> 9.52 - 15.88	0.0125	0.317	12	4T
> 5/8 - 3/4	>15.88 - 19.05	0.015	0.381	15	4T
> 3/4 - 1	>19.05 - 25.40	0.0175	0.444	17	4T
> 1 - 1.1/4	>25.40 - 31.75	0.020	0.508	20	4T
>1.1/4 - 1.1/2	>31.75 - 38.10	0.025	0.635	25	2T
>1.1/2 - 2	>38.10 - 50.80	0.030	0.762	30	2T

Los penetrametros deben ser localizados en la parte central de la radiografía, y siempre que sea posible del lado de la fuente. Cada radiografía debe tener por lo menos un indicador de calidad de imagen (ICI).

### 4.4.9.6 Situación de los indicadores

El código ASME, en su Sección V Artículo 2, Párrafo T-263, al referirse al empleo de los indicadores de calidad de imagen en el exámen radiográfico, no hace más que adaptar a las exigencias del código todo cuanto en relación con este tema se indica en la norma ASTM E-142 en forma más amplia. Esta norma refiriéndose a la situación de los indicadores de calidad de imagen, dice lo que a continuación se expone:

- a) Los indicadores de calidad de imagen se colocarán sobre la superficie del objeto a examinar más próxima a la fuente de radiación y de forma que el plano del indicador sea normal al eje del haz de radiación. Si esto no es posible, se admite que el indicador se sitúe sobre el bloque del mismo espesor que la parte que ha de ser examinada y siempre que el material de que este constituido sea radiograficamente igual al del objeto. Este bloque se situará tan próximo como sea posible a la zona examinada
- b) En la radiografía de las uniones soldadas, el indicador se colocará del lado de la radiación incidente sobre el metal base, paralelo al cordón de soldadura y a una distancia de su borde aproximadamente igual a  $1/8"$  (3,18mm). Cuando el sobreespesor del cordón, la placa soporte o los anillos no se quiten, será necesario utilizar un separador del mismo material que el del metal base sobre el que se pondrá el indicador. El grueso de este separador ha de ser tal que el espesor total, grueso del separador más el del indicador, sea equivalente al sobreespesor de la soldadura comprendiendo su eventual anillo o placa de soporte. Las dimensiones de estos separadores serán superiores a las del indicador que sobre ellas ha de ponerse siendo como mínimo  $1/8"$  (3,18mm) mayores que las del indicador. La imagen del indicador y su separador no deben aparecer superpuestas a la del anillo o placa de refuerzo.
- c) Cuando se obtiene la radiografía siguiendo la técnica de doble pared, con la fuente situada en el exterior del tubo, el indicador de calidad siempre que ello sea posible, se colocará en el exterior del tubo, a lo largo del cordón de soldadura y del lado más próximo a la fuente de radiación (ver Figura 47).\*

\* Figura 47 en Página 210.

d) En el caso de que no sea posible situar el indicador del lado de la fuente de radiación, se podrá colocar sobre la película, siempre que, se califique el método operatorio.

d1- Para la puesta a punto del método operatorio a seguir, será preciso para su homologación y aprobación , obtener una radiografía para cada uno de los diámetros y espesores de las piezas que se han de examinar.

Tomando como base el caso más frecuente, el examen de uniones soldadas sobre tuberías, estas radiografías se obtendrán sobre uno de los extremos del tubo que sea perfectamente accesible (Figura 47)\*.

En la obtención de las radiografías se utilizarán chasis convenientemente cargados con el tipo de película y pantallas que se vaya a emplear, colocando la fuente de radiación fuera o dentro del tubo, según sea la técnica a seguir. El indicador que corresponda al 2% se situará del lado de la fuente, colocándose del lado de la película una serie de indicadores que puedan llegar a ser de hasta el 0,5% del espesor de la pared. El indicador interno cuyo detalle, definición y contraste sean iguales a los del indicador situado del lado de la fuente, será el que se utilizará para la radiografía del espesor de pared considerado.

d2- Cuando se radiografíen uniones soldadas y en las radiografías se haga la interpretación, únicamente sobre la parte de soldadura que queda más próxima a la película, la calificación del método operatorio se efectuará de acuerdo con la forma descrita en d1.

Si el indicador colocado del lado de la fuente indica la sensibilidad requerida, la imagen del indicador y diámetro del taladro más pequeño de los situados

\* Figura 47 en Página 210.

del lado de la película, que le sean comparables determinarán el indicador y diámetro de taladro que deben ser exigidos en el examen radiográfico.

- e) En la inspección de objetos irregulares, el indicador se deberá situar sobre la parte del objeto más alejada de la película.

#### **4.4.9.7 Número de indicadores**

Para determinar el número de indicadores necesarios para un examen radiográfico de una unión soldada o del cualquier otro objeto, se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) Excepto en los casos que se indican en b) y c) ,se utilizará un indicador por cada radiografía. El indicador se encontrará en una zona de densidad uniforme y como tal deberá extenderse aquella zona en la cual la variación de densidad este comprendida entre menos 15% y mas de 30% de la densidad requerida para la radiografía.

Cuando la variación de la densidad sea superior a la indicada será preciso utilizar un indicador para cada zona y la radiografía deberá ser obtenida de nuevo.

- b) En el caso de utilizar más de un indicador, uno tendrá que estar en la zona más oscura de la radiografía y otro en la más clara. Si uno de los indicadores muestra una sensibilidad aceptable en la zona más densa de la radiografía y el segundo da una sensibilidad aceptable en la parte menos densa de la radiografía, ambos indicadores servirán para calificarla.
- c) Para los recipientes cilíndricos o componentes planos en los que se pueda impresionar más de una película en cada exposición, cada radiografía deberá presentar la imagen de un indicador, excepto en el caso de que la fuente de radiación se coloque en el eje del objeto y en una sola exposición se radiografié

una circunferencia completa, en cuyo caso será necesario al menos tres indicadores igualmente espaciados (uno cada  $120^\circ$ ). En el caso que simultáneamente a la unión circunferencial se radiografíe parte de uniones longitudinales se colocará el correspondiente indicador, hacia el extremo de la sección que se radiografía.

Si se hace una exposición panorámica sobre una serie de objetos colocados en círculo, al menos un indicador deberá verse en la imagen de cada objeto.

- d) En caso de recipientes esféricos, en los que situando la fuente emisora en el centro se puedan obtener un cierto número de radiografías, se dispondrán al menos tres indicadores (uno cada  $120^\circ$ ) sobre cada unión circular más otro indicador adicional por cada una de las otras uniones que se radiografíen.
- e) En caso que la radiografía se obtenga con doble película y la imagen del indicador no se vea bien en una de ellas pero si cuando la interpretación se haga con las dos películas superpuestas, solo se permitirá la lectura de la radiografía al hacerla sobre las dos películas simultáneamente.

#### **4.4.10. Esquema y sistema de identificación de radiografías**

Todas las radiografías deben contener la siguiente información:

- a) Nombre o logotipo del dueño de obra.
- b) Nombre o logotipo de la firma inspectora.
- c) Número de equipo o tubería.
- d) Identificación de la junta.
- e) Espesor.
- f) Clase de material.
- g) Número de película.
- h) Identificación de soldador u operador.

i) Fecha de ejecución del servicio.

j) Conforme sea el caso, las inscripciones:

NR : Radiografía de soldadura parcialmente reparada.

NE : Radiografía de soldadura después de esmerilado.

NT : Radiografía de soldadura totalmente reparada.

NX : Repetición de radiografía por error de ejecución.

RX : Repetición de radiografía por confirmación del defecto.

NTZ : Repetición de radiografía para segunda reparación.

#### **4.4.11. Estado disponible de las superficies a examinar**

Las superficies de la región a examinar deberán estar libres de irregularidades que pueden enmascarar o ser confundidas con las discontinuidades.

Las salpicaduras, escamas o irregularidades de la superficie de la soldadura deben ser removidas de modo tal que las imágenes de las irregularidades no enmascaren o se confundan con la imagen de cualquier discontinuidad.

#### **4.4.12. Método y herramienta para la preparación superficial**

Las superficies deberán ser preparadas por esmerilado cuando sea necesario.

#### **4.4.13. Datos del laboratorio radiográfico**

El laboratorio radiográfico deberá contar con lo siguiente:

- a. Cámara oscura.
- b. Negatoscopio de lámpara incandescente (450 watts).
- c. Un equipo de aire acondicionado.
- d. Una estufa para el secado de las películas.
- e. 04 Tanques para el proceso de las películas.



- f. 02 lámparas de luz infraroja de 15 w. Esta lámpara deberá estar a 1.2 m, del área de servicio.
- g. Un termómetro.

#### **4.4.14. Descripción de la ejecución radiográfica y procesamiento de la película**

##### **4.4.14.1 Ejecución de la radiografía**

- a. Tomar conocimiento de las características dimensionales de la pieza ha ser inspeccionada (diámetro, espesor, etc.).
- b. De acuerdo con las tablas, definen las técnicas radiográficas a usar, la distancia foco-película, cantidad de películas, sobremontas, penetrámetro, identificación, etc.
- c. Montar varios chasis.
- d. Definir el tiempo de exposición necesario.
- e. Preparar equipos y accesorios de seguridad necesarios para protección radiológica.
- f. Verificar las condiciones de limpieza y preparación de superficies a inspeccionar.
- g. Aislar el área, montar las películas en las piezas y ejecutar las exposiciones.
- h. Procesar las películas en el laboratorio, de acuerdo con éste procedimiento.
- i. Verificar las características y calidad de las películas reveladas.
- j. Preparar el negatoscopio y dar lectura considerando los patrones de aceptación de la norma en uso.
- k. Realizar el informe de resultados.

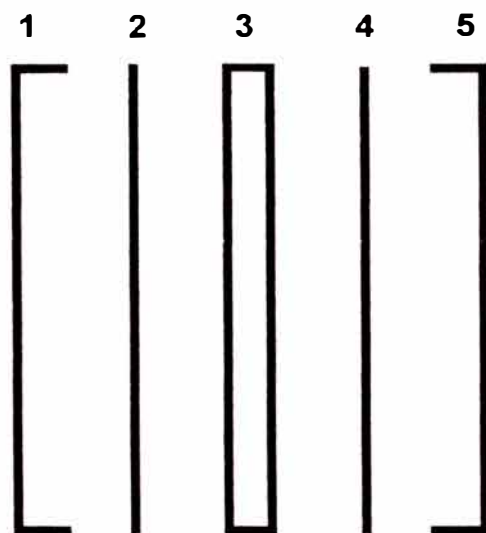


Figura 48 – Llenado de Chasis

1. Chasis de plástico.
2. Tela de protección de plomo.
3. Película.
4. Tela de protección de plomo.
5. Chasis de plástico.

#### **4.4.14.2 Procesamiento de películas**

##### **4.4.14.2.1 Almacenamiento**

Las películas serán almacenadas en un lugar fresco y seco, a una temperatura de 20° a 25 °C, y protegidos de cualquier fuente de radiación.

El número de películas en reserva, será limitado para evitar posibles veladas, que ocasionen pérdida de contraste y sensibilidad.

#### **4.4.14.2.2 Ambiente de procesado**

Deberá mantenerse limpio, libre de polvo, humedad y bien separado de otros ambientes.

#### **4.4.14.2.3 Revelado**

El revelador a ser utilizado podrá ser de fabricación Kodak o Agfa Gevaert, pudiendo ser en forma líquida o en polvo.

La preparación del baño de revelado se hará de acuerdo con las instrucciones del fabricante y los tiempos para revelado a utilizar serán los que se indican en la Tabla siguiente:

<b>Películas para Radiografía Industrial</b>		
<b>Tipos AA, AX, M, D7, D4, NDT-70, NDT-45</b>		
<b>Temperatura de Revelado °C</b>	<b>Revelado normal (minutos)</b>	<b>Revelado máximo (minutos)</b>
15	9.00	15.00
18	6.00	10.00
20	5.00	8.00
21	4.25	7.00
24	3.00	5.00

Las películas serán colocadas en los chasis de revelado manteniéndolos siempre a una distancia mínima de 20mm una de otra para evitar que se peguen a lo largo del proceso.

Durante el revelado, las películas se moverán ininterrumpidamente, durante los 30 primeros segundos después de sumergidos en el baño, para evitar la formación de burbujas sobre la emulsión, dar a todo el baño una temperatura uniforme y

conseguir que el revelado comience al mismo tiempo en toda la superficie de la película.

La solución reveladora podrá ser reactivada utilizando reforzadores del mismo fabricante y de acuerdo con las instrucciones del mismo.

El baño de revelado deberá ser cambiado cuando fueran excedidos los límites definidos por el fabricante.

#### **4.4.14.2.4 Baño de parada**

Después del revelado, la película pasa durante un periodo de 30 a 60 segundos por una solución, que contiene ácido acético diluido en agua en una proporción de 2% a 3% en volumen, cuyo objetivo es frenar el proceso de revelado.

#### **4.4.14.2.5 Primera lavada**

Después de retiradas del baño de parada, las películas serán sometidas a un lavado con agua corriente.

#### **4.4.14.2.6 Fijado**

Para el baño de fijado, haremos uso de los fijadores fabricados por Kodak o Agfa Gevaert en líquido o en polvo.

La preparación del baño se hará de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

Las películas serán agitadas aproximadamente 10 segundos, luego de sumergidos en el baño, repitiéndose la operación periódicamente.

El tiempo de fijado será como mínimo el doble de tiempo revelado, estando limitado a un máximo de 15 minutos.

#### **4.4.14.2.7 Segunda lavada**

Después del baño de fijado, las películas serán lavadas con agua corriente por 20 minutos mínimo, a una temperatura aproximada de 20 °C.

#### **4.4.14.2.8 Baño final**

Después de la segunda lavada, las películas pasan a una solución de Photo Flo 200-Kodak, diluida en agua durante unos 30 segundos y luego pasaran a la estufa para secado.

#### **4.4.14.2.9 Secado**

Durante el proceso de secado, las películas permanecerán de 30 a 40 minutos, sometidas a ventilación con aire frío, y seco por 15 minutos. Luego con aire caliente y seco, o hasta que el fijador este completamente seco.

#### **4.4.14.3 Aprobaciones**

Deberán ser realizadas por los inspectores autorizados y sometidas a la aprobación de fiscalización si hubiera duda.

Al emitir la aprobación, el inspector deberá tener en cuenta los procedimientos de soldeo con los detalles dimensionales de las juntas , conforme a las Figuras 49\* y 50\*.

#### **4.4.14.4 Distribución de defectos**

Se realizará un mapa en tamaño real de la junta en papel semitransparente que deberá ser utilizado para la marcación de las reparaciones en la pieza.

#### **4.4.14.5 Almacenamiento de películas**

Hasta la entrega y la fiscalización de las radiografías, éstas serán almacenadas en sus sobres y en lugares apropiados .

\* Figuras 49 y 50 en Página 211.

#### **4.4.14.6 Exigencias generales**

1. Las pantallas intensificadoras serán siempre examinadas antes de ser utilizadas.  
En caso presenten rajaduras o entalles serán sustituidos inmediatamente.
2. Las radiografías deberán estar libres de manchas de cualquier origen, ya que pueden enmascarar o ser confundidas con imágenes de cualquier discontinuidad en el área de interés del objeto que se está radiografiando.
3. El área de interés radiográfico, aumentada en 3mm, deberá estar libre de superposiciones con la identificación o con marcadores de posición.
4. Se deberá colocar en la parte posterior del chasis de la película una letra de plomo de 1.5mm de espesor por 12mm de alto, para verificación contra las radiaciones dispersas. Si una imagen clara de letra, aparece en un fondo oscuro, es señal que la protección es insuficiente.  
  
Si una imagen oscura de la letra aparece en un fondo más claro, no será causa de rechazo.

#### **4.4.15. Protección radiológica**

##### **4.4.15.1 Exigencias generales**

Se deberán observar íntegramente en el “Plan de protección radiológica” que la COMPAÑIA tiene aprobado en el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), para trabajos a realizar fuera de sus instalaciones, en área apropiada y con los dispositivos de seguridad adecuados.

##### **4.4.15.1.1 Operación normal**

Para el desarrollo normal de los trabajos, se deberá realizar:

#### **4.4.15.1.2 Monitoreo Individual**

Para tal efecto, cada radiógrafo deberá utilizar sus películas dosimétricas, las cuales serán evaluadas mensualmente por Nuclear Control S.A.

#### **4.4.15.1.3 Monitoreo del área**

Utilizar para tal efecto los detectores "Geiger Muller" calibrados anualmente, conforme a directrices del IPEN.

Monitor	NDS Products ND2000C.
No Serie	23870.
No Licencia	L00991.
Rango	0-10 mR/hr.

#### **4.4.15.1.4 Desarrollo de los trabajos**

Las fuentes radiactivas serán utilizadas solamente dentro del área establecida, o cuando la tasa de exposición no pase de 7.5  $\mu\text{sv/h}$ , observando los siguientes factores: tiempo, distancia y actividad de la fuente. Se deberán emplear colimadores siempre que sea posible.

#### **4.4.15.2 Situaciones de emergencias**

En casos de situaciones de emergencia el responsable de los trabajos deberá aislar el área, respetando el máximo permisible para público general; 7.5  $\mu\text{sv/h}$ , establecido por el IPEN; comunicando al supervisor de protección radiológica y proceder a la solución de la situación de acuerdo con el plan de situaciones de emergencia.



#### **4.4.16. Mapa de registros de resultados**

El método para la selección adecuada de los puntos de referencia para la localización de las zonas adecuadas, es el seguir las orientaciones contenidas en los diseños de fabricación, en caso de que no sea posible se adoptará el criterio que a continuación se indica.

##### **4.4.16.1 Soldadura longitudinal y circunferencial**

El punto cero será en centro de la intersección entre una soldadura longitudinal y una circunferencial (normalmente de izquierda a derecha en soldadura longitudinal y en sentido horario para soldadura circunferencial) siempre vistas en la posición de montaje final (ver Figura 51)\*.

La correlación entre las zonas examinadas con los respectivos informes radiológicos será ejecutada de acuerdo al mapa de registro (Ver Figura51)\*.

#### **4.4.17. Informe radiológico (Formulario)**

Los resultados de los exámenes serán registrados en un formulario en el que se detalla las discontinuidades observadas.

#### **4.4.18. Patrones de aceptación**

##### **4.4.18.1 Para recipientes de presión e intercambiadores de calor:**

Los criterios adoptados serán conforme a ASME-Sección VIII Div. 1-UW51 para soldaduras totalmente radiografiadas con factor de soldadura de 0.9 a 1.0.

Los criterios adoptados serán conforme a ASME-Sección VIII Div. UW52 para soldaduras parcialmente radiografiadas con factor de soldadura de 0.8 a 0.85.

\* Figura 51 en Página 212.

#### **4.4.18.2 Tuberías**

Los criterios de aceptación ha ser adoptados deben ser definidos por el proyecto específico del equipo.

#### **4.4.18.3 Otros**

Longitud máxima aceptable de radiografía; será de acuerdo a lo indicado en la Tabla adjunta.

# LONGITUD MÁXIMA ACEPTABLE DE RADIOGRAFIA

Distancia Fuente- Película Pulg.	Diámetro de la tubería (Pulg.)																	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	40	42
7	7.0																	
9	5.8	9.6																
11	4.8	8.0	11.0															
13	4.4	6.7	9.5	13.2														
14	4.2	6.2	8.5	11.6	15.4													
16	4.0	5.8	7.9	10.5	13.6	17.3												
18	3.9	5.6	7.5	9.8	12.5	15.6	19.0											
20	3.8	5.4	7.2	9.3	11.7	14.5	17.6	22.2										
22	3.8	5.2	6.9	8.9	11.1	13.6	16.5	20.0	24.4									
24	3.7	5.1	6.7	8.6	10.8	12.9	15.5	18.5	22.2	26.5								
26	3.7	5.0	6.6	8.3	10.3	12.3	14.8	17.4	20.7	24.2	28.8							
28	3.6	5.0	6.4	8.1	10.0	11.9	14.2	16.7	19.6	22.5	26.2	30.6						
30	3.6	4.9	6.3	7.9	9.7	11.5	13.7	16.0	18.6	21.3	24.5	28.3	32.6					
32	3.5	4.8	6.2	7.8	9.5	11.2	13.3	15.4	17.9	20.3	23.2	26.7	30.2	34.9				
34	3.5	4.8	6.2	7.7	9.3	11.0	13.0	15.0	17.3	19.6	22.3	25.5	28.7	32.2	37.3			
36	3.4	4.7	6.1	7.6	9.1	10.8	12.7	14.6	16.8	19.0	21.5	24.4	27.4	30.7	34.5	39.5		
40								14.1	16.0	18.1	20.3	22.8	25.4	27.8	31.0	35.0	43.8	
42								13.8	15.6	17.7	19.8	22.2	24.6	26.6	29.7	33.1	41.2	45.8
44								13.6	15.3	17.3	19.4	21.7	23.9	26.0	28.6	31.6	39.0	42.8
46								13.4	15.2	17.0	19.0	21.3	23.4	25.4	27.7	30.4	37.0	40.9
54								12.8	14.1	15.8	17.8	19.8	21.7	23.2	25.4	27.7	32.6	35.0
60													20.6	22.2	24.0	26.0	30.5	32.7
66													19.8	21.4	23.1	24.9	29.0	31.0
72													19.3	20.7	22.3	23.9	27.8	29.7
80													18.7	20.1	21.5	23.1	26.4	28.2

#### **4.4.19. Criterio de Aceptación API 1104-Sección 6 -1992**

##### **4.4.19.1 Estándar de aceptación para E.N.D. – Ensayo Radiográfico**

###### **4.4.19.1.1 Penetración Inadecuada (IP)**

La penetración inadecuada sin desalineamiento es definida como el llenado incompleto de la raíz de la soldadura. Esta condición se esquematiza en la Figura 60.\*

Se consideraría inaceptable cuando cualquiera de las siguientes condiciones exista:

- a) La longitud de una indicación individual de IP excede de 1" (25.4mm)
- b) La longitud agregada de indicaciones de IP en una longitud soldada continua de 12" (304.8mm) exceda de 1" (25.4mm)
- c) La longitud agregada de indicaciones IP excede del 8% de la longitud soldada en cualquier soldadura menor que 12" longitud (304.8mm).

###### **4.4.19.1.2 Penetración Inadecuada debido a Desalineamiento (IPD)**

La penetración inadecuada debido al desalineamiento es definida como la condición que existe cuando un borde de la raíz es expuesto porque la tubería adyacente o el acoplamiento esta desalineado (Ver figura 62).\*

El IPD será inaceptable cuando cualquiera de las siguientes condiciones exista:

- a) La longitud de una indicación individual de IPD excede las 2" (50.8mm).
- b) La longitud agregada de indicaciones de IPD en cualquier longitud soldada continua de 12" (304.8mm) excede de 3" (76.2mm).

###### **4.4.19.1.3 Fusión Incompleta (IF)**

La fusión incompleta es definida como una discontinuidad entre el metal de soldadura y el metal base que se abre a la superficie (ver Figura 59):\*

\* Figura 59 en Página 214 y Figuras 60 y 62 en Página 215.

Será inaceptable cuando cualquiera de las siguientes condiciones exista:

- a) La longitud de una indicación individual de IF excede de 1" (25.4mm).
- b) La longitud agregada de indicaciones de IF excede en cualquier soldadura continua de 12" (304.8mm) de longitud excede de 1" (25.4mm).

#### **4.4.19.1.4 Fusión Incompleta debido a tramo frío (IFD)**

La fusión incompleta debido al tramo frío es definida como una discontinuidad entre dos cordones de soldadura adyacentes o entre el metal de soldadura y el metal base que no es abierto a la superficie, por tanto son internos. (Ver Figura 58)\*.

Será inaceptable si existen las siguientes condiciones:

- a) La longitud de una indicación individual de IFD excede de 2" (50.8mm)
- b) La longitud agregada de indicaciones de IFD en cualquier longitud continua de soldadura de 12" (304.8mm) exceda de 2" (50.8mm)
- c) La longitud agregada de indicaciones de IFD excede del 8% de la longitud soldada.

#### **4.4.19.1.5 Concavidad Interna (IC)**

Es definido como un cordón apropiadamente fundido y que penetra completamente el espesor de la pared del tubo a lo largo de ambos lados del bisel, pero en el centro es ligeramente metido con respecto a la superficie interior de las paredes del tubo. (Ver Figura 67)\*.

Cualquier longitud de concavidad es aceptable, siempre que la densidad de la imagen radiográfica de la concavidad no exceda del espesor del metal base adyacente, para áreas que presenten una densidad mayor que la del espesor adyacente del metal base, el criterio para Quemones será aplicado.

\* Figuras 58 y 67 en Páginas 214 y 216 respectivamente.

#### **4.4.19.1.6 Quemones (BT)**

Es definido como la porción del cordón de raíz donde la penetración excesiva ha originado que la soldadura se sople al interior (Ver Figura 68)\*.

a) Para tuberías con diámetro exterior mayor o igual a 2.3/8" (60.3mm) el BT será inaceptable cuando cualquiera de las siguientes condiciones exista:

- La máxima dimensión exceda de 1/4" (6.35mm) y la densidad de la imagen del BT exceda a la del espesor del metal base adyacente.
- La máxima dimensión exceda el espesor de la pared de la junta, y la dimensión del BT exceda a la del espesor del metal base adyacente.
- La suma de las máximas dimensiones de BT separados en los que la densidad de la imagen exceda a la del espesor del metal base adyacente, exceda en 1/2" (12.7mm) en una longitud soldada de 12" (304.8mm) o del total de longitud soldada, lo que sea menor

b) Para tuberías con diámetro exterior mayor de 2. 3/8" (60.3mm) los BTs serán inaceptables si existe cualquiera de las siguientes condiciones:

- La máxima dimensión exceda de 1/4" (6.35mm) y la densidad de la imagen del BT exceda a la del espesor del metal base adyacente.
- La máxima dimensión exceda el espesor de la pared de la junta, y la dimensión del BT exceda a la del espesor del metal base adyacente.

Más que un BT de cualquier tamaño este presente y la densidad de más de una de las imágenes excedan de la del espesor del metal base adyacente.

#### **4.4.19.1.7 Inclusiones de Escoria (ESI)**

Es definido como un sólido no metálico atrapado en el metal de soldadura o entre el metal de soldadura y el metal de la tubería. (Ver Figura 55 y 56).

\* Figuras 55, 56 y 68 en Páginas 213, 214 y 217 respectivamente.

Las inclusiones de escoria alargadas (ESI) tipo continua, intermitente o huella de carreta son generalmente encontrados en la zona de fusión.

Las inclusiones aisladas (ISI) son figuras irregulares y se pueden localizar en cualquier parte de la soldadura.

Para propósitos de evaluación, cuando el tamaño de la indicación radiográfica de la escoria es medida, su longitud será considerada.

a) Para tuberías de diámetros externos mayores o igual a 2.3/8" (60.3mm), las inclusiones de escoria serán inaceptables cuando cualquiera de las siguientes condiciones exista:

- La longitud de una ESI exceda de 2" (50.8mm).
- La longitud agregada de ESI en cualquier longitud de 12" (304.8mm) de soldadura continua, excede de 2" (50.8mm).
- Cuando el ancho de una ESI excede de 1/16" (1.59mm).
- Cuando la longitud agregada de ISI en cualquier longitud de 12" de soldadura continua, exceda de 1/2" (12.7mm).
- Cuando el ancho de una ISI excede de 1/8" (3.2mm).
- Más de cuatro (04) ISI con el máximo ancho de 1/8" (3.17mm) están presentes en cualquier longitud soldada de 12" (304.8mm).
- La longitud agregada de ESI y ISI exceden del 8 % de la longitud soldada.

b) Para diámetros exteriores menores que 2.3/8" (60.3mm), las mediciones de escoria serán inaceptables, si cualquiera de las siguientes condiciones existe:

- La longitud en una ESI exceda 03 veces el espesor de la pared nominal de la tubería.
- El ancho de una ESI exceda de 1/16" (1.59mm).



- La longitud agregada de ISI excede 2 veces el espesor nominal de la pared de la junta y el ancho excede 1.5 veces el espesor nominal de la pared de la junta.
- La longitud agregada de ESI y ISI excedan de 8% de la longitud soldada.

#### **4.4.19.1.8 Porosidad**

La porosidad es definida como un gas atrapado por solidificación del metal de soldadura antes de que el gas tenga la oportunidad de salir a la superficie del material fundido. La porosidad generalmente es esférica, pero puede ser alargada o irregular en su forma, tal como la porosidad tubular. Cuando el tamaño de la indicación radiográfica producida por un poro es medido, a la máxima indicación se aplicará los siguientes criterios (Ver Figura 52)\*.

##### **4.4.19.1.8.1 Porosidad individual o dispersa (P)**

Será inaceptable cuando cualquiera de las siguientes condiciones exista:

- a) Tamaño del poro individual exceda de 1/8" (3.17mm).
- b) Tamaño del poro individual exceda del 25% del espesor nominal de la pared de la junta.
- c) La distribución de la porosidad exceda la concentración permitida en la Figura 72.\*

##### **4.4.19.1.8.2 Porosidad agrupada (CP)**

Cuando CP ocurre en cualquier pase, excepto en el final, se aplicará el criterio de P para la evaluación (Ver Figura 54)\*.

Cuando CP ocurre en el pase final, se aplicará el siguiente criterio:

- a) El diámetro de la agrupación excede de 1/2" (12.7mm).

\* Figuras 52 y 54 en Página 213 y Figura 72 en Páginas 218.

- b) La longitud agrupada de CP en una longitud continua de soldadura de 12" (304.8mm) excede de 1/2" (1.7mm).
- c) Cualquier poro individual contenido en la agrupación, exceda de 1/16" (1.59mm) en tamaño.

#### **4.4.19.1.8.3 Porosidad alineada en el cordón de raíz (HB)**

Este alineamiento será inaceptable cuando cualquiera de las siguientes condiciones exista (Ver Figura 53).\*

- a) La longitud de HB exceda de 1/2" (12.7mm).
- b) La longitud agregada de HB, en cualquier longitud soldada de 12" (304.8mm) exceda de 2" (50.8mm).
- c) Cuando indicaciones individuales de HB, mayores de 1/4" (6.35mm) en longitud, estén separadas por menos de 2" (50.8mm)..
- d) La longitud agregada de todas las indicaciones de HB exceda en 8% de la longitud soldada.

#### **4.4.19.1.9 Fisuras**

Son inaceptables en las siguientes condiciones(ver Figuras 69, 70 y 71).\*

- a) Fisura de cualquier tamaño, localizado en la soldadura, que no sea fisura superficial en cráter o fisura estrellada.
- b) Fisura superficial de cráter o fisuras estrelladas que excedan en longitud de 5/32" (3.96mm).

#### **4.4.19.1.10 Socavación (Mordedura)**

La socavación en el pase de cobertura de cara (EU) o en el pase de raíz (IU) será inaceptable si cualquiera de las siguientes condiciones existe (Ver Figura 65 y 66).\*

\* Figuras 53 en Página 213 ; Figuras 65 y 66 en Página 216 y Figuras 69, 70 y 71 en Página 217.

- a) La longitud agregada de indicación EU e IU, en cualquier longitud soldada continua de 12" (304.8mm), exceda de 2" (50.8mm).
- b) La longitud agregada de indicaciones EU e IU en cualquier combinación exceda de 1/6" de la longitud soldada.

Máxima dimensión de Socavación	
Profundidad	Longitud
> 1/32" ( 0.79mm) o >12.5% del espesor de la tubería, el que sea menor.	No aceptable
> 1/64" (0.4mm) o >6% - 12.5% del espesor de la tubería, el que sea menor.	En 12" continuas de soldadura 0 1/6" de longitud soldada, el que sea menor.
≤ 1/64" (0.4mm) o ≤ 6% del espesor de la tubería, el que sea menor.	Aceptable en cualquier longitud.

#### **4.4.19.1.11 Acumulación de Discontinuidades**

Excluyendo la PI debido al desalineamiento y la socavación, cualquier acumulación será inaceptable si:

- a) La longitud agregada de indicaciones en una longitud continua de soldadura de 12" (304.8mm), exceda de 2" (50.8mm)
- b) La longitud agregada de indicaciones excede el 8% de la longitud soldada

#### **4.4.19.1.12 Discontinuidades en Tuberías o Accesorios (Fittings)**

Quemones de arcos, discontinuidades a lo largo de la junta, y otros detectados por radiografía en la tubería o accesorios, serán reportados y la disposición para la reparación o remoción será directa (Ver Figuras 57,61,63 y 64).\*

\* Figura 57 en Página 214; Figuras 61 y 63 en Página 215 y Figura 64 en Página 216.

#### 4.4.20. Especificaciones para la inspección radiográfica

##### 4.4.20.1 Procedimiento radiográfico

Todo procedimiento radiográfico deberá contener como mínimo la información que a continuación se indica:

a) Fuente de Radiación

Tipo .....

Energía.....

b) Tipo de equipo.....

c) Pantalla intensificadora.....

d) Tipo de filtros y ubicación.....

e) Mínimo número de exposiciones por soldadura.....

f) Tipo de película y clasificación.....

g) Tiempo de exposición.....

h) Procesamiento manual o automático de películas.....

i) Tiempo-temperatura de proceso de películas:

Revelado.....

Baño de parada.....

Fijado.....

Lavado.....

Secado.....

j) Geometría

Simple o doble pared de exposición.....

Simple o doble pared de observación.....

Tamaño de fuente.....

Distancia foco - película.....

Distancia película - objeto.....

Máxima penumbra.....

Angulo de radiación a la película.....

k) Rango del espesor del interior.....

l) Rango de diámetro.....

m) Nivel de calificación del inspector.....

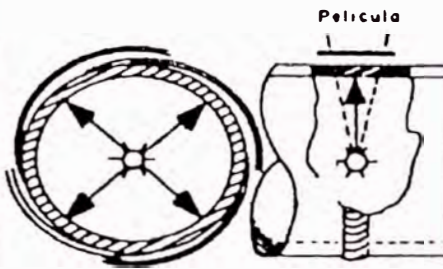
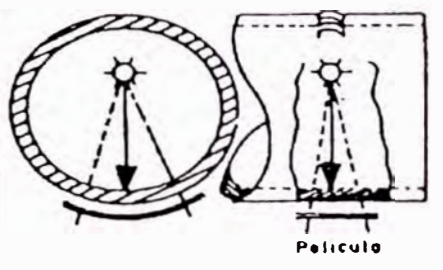
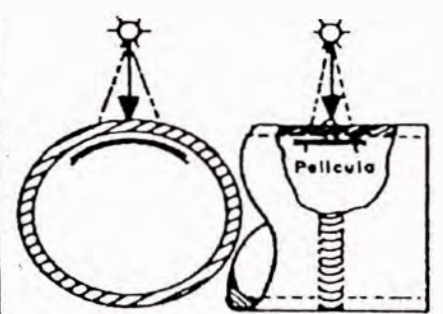
Utensilio exterior	Técnica exposición	Interpretación sobre	Posición relativa		Indicador		Situación marcadas
			Fuente	Objeto Película	Ejecución	Situación	
			Secc. Transversal	Secc. Longitudinal			
Superior a 3 1/2 pul. (89 mm)	Pared simple (3.6.2.1)	Una sola pared			3.4.3.1. y tabla 3.7.	Lado fuente 3.4 b)	Cualquier lado 3.6.1.3
						Lado película 3.4	
Superior a 3 1/2 pul (89 mm)	Pared sencilla (3.6.2.1)	Una sola pared			3.4.3.1. y tabla 3.7.	Lado fuente 3.4 b)	Lado película 3.6.2.1
						Lado película 3.4	
Superior a 3 1/2 pul. (89 mm)	Pared sencilla (3.6.2.1) Al menos cuatro exposiciones a 90°	Una sola pared			3.4.3.1. y tabla 3.7.	Lado fuente 3.4 b)	Lado fuente 3.6.1.3
						Lado película 3.4	

Figura 42 – Técnica radiográfica : Una sola pared. Interpretación sobre una Imagen de una sola pared

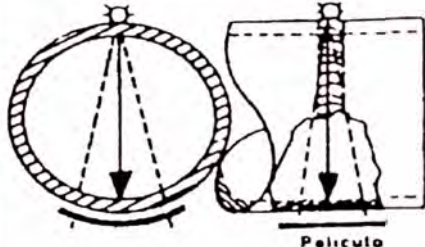
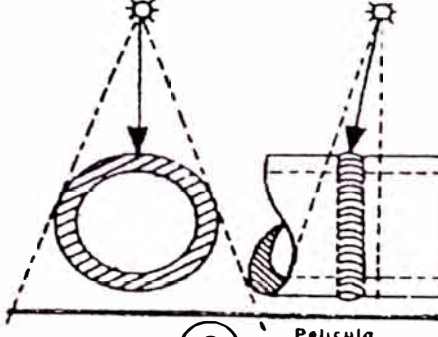
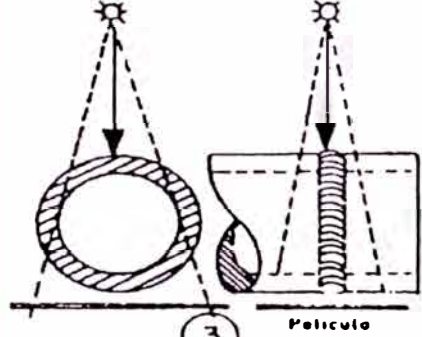
Diámetro exterior	Técnica Exposición	Interpretación sobre	Posición relativa				Situación marcas
			Fuente - Objeto - Película		Elección	Situación	
			Secc. Transversal	Secc. Longitudinal			
Superior a 3 1/2 pul. (89 mm)	Doble pared (3.6.2.1)	Una sola pared  Al menos tres ex- posiciones a 120°			3.4.3.1 y tabla 3.6	Lado fuente 3.4.b)	Lado película 3.6.1.2
				Lado película 3.4.			
3 1/2 pul (89 mm) o inferior	Doble pared (3.5.2.2) Mínimo dos ex- posiciones a 90°	Doble pared (elipse)  Imagen del lado de la película y fuente			3.4.3.1 y tabla 3.6	Lado fuente 3.6.5.2 y 3.4.4.c)	Cualquier lado 3.6.2
3 1/2 pul (89 mm) o inferior	Doble pared (3.6.2.2) Mínimo tres ex- posiciones a 90°	Doble pared Imágenes superpuestas			3.4.3.1 y tabla 3.6	Lado fuente 3.6.5.2 y 3.4.4.c)	Cualquier lado 3.6.2

Figura 43 – Técnica radiográfica: Doble pared . Interpretación sobre Imagen de una sola pared (1); Imagen doble pared (2 y 3)



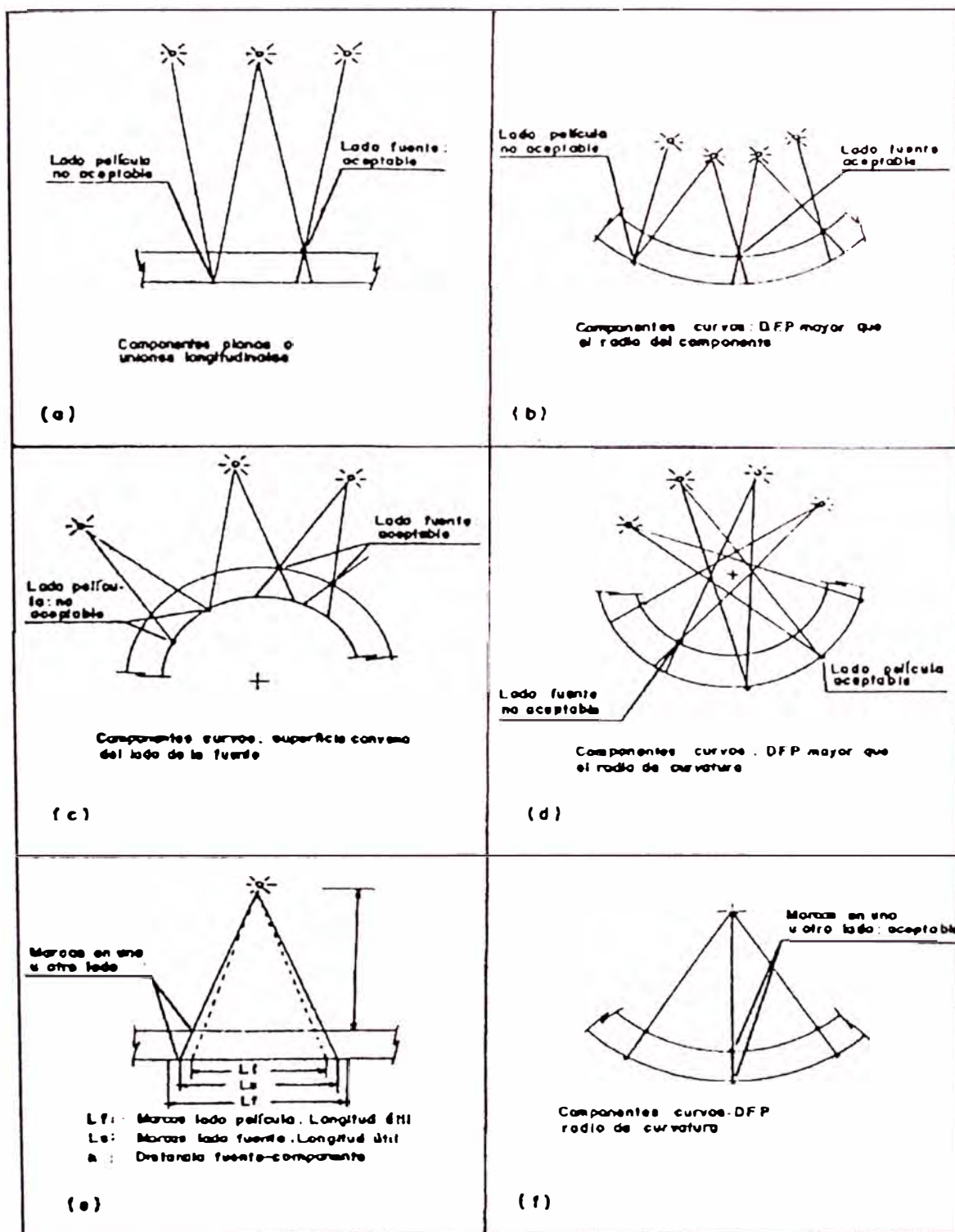


Figura 44 – Guía para la situación de marcas

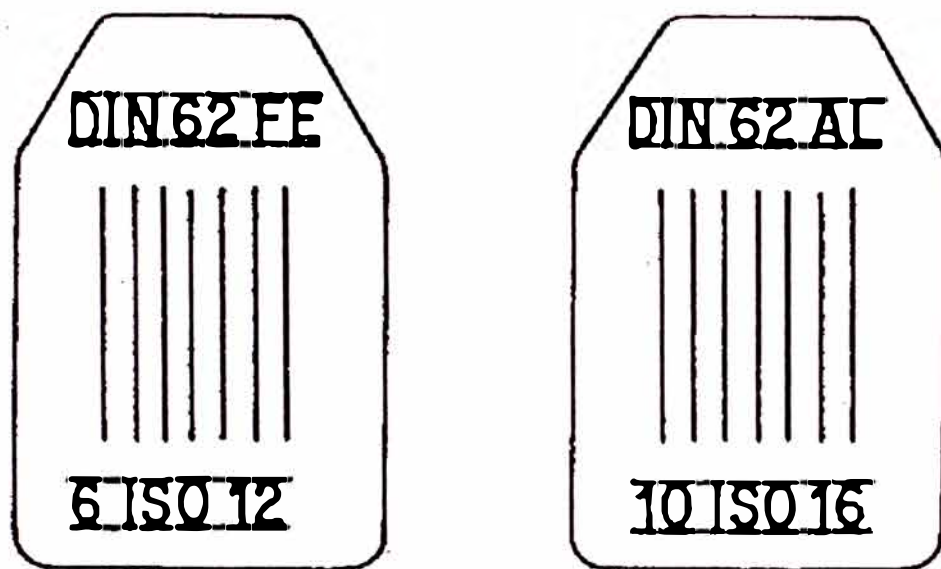
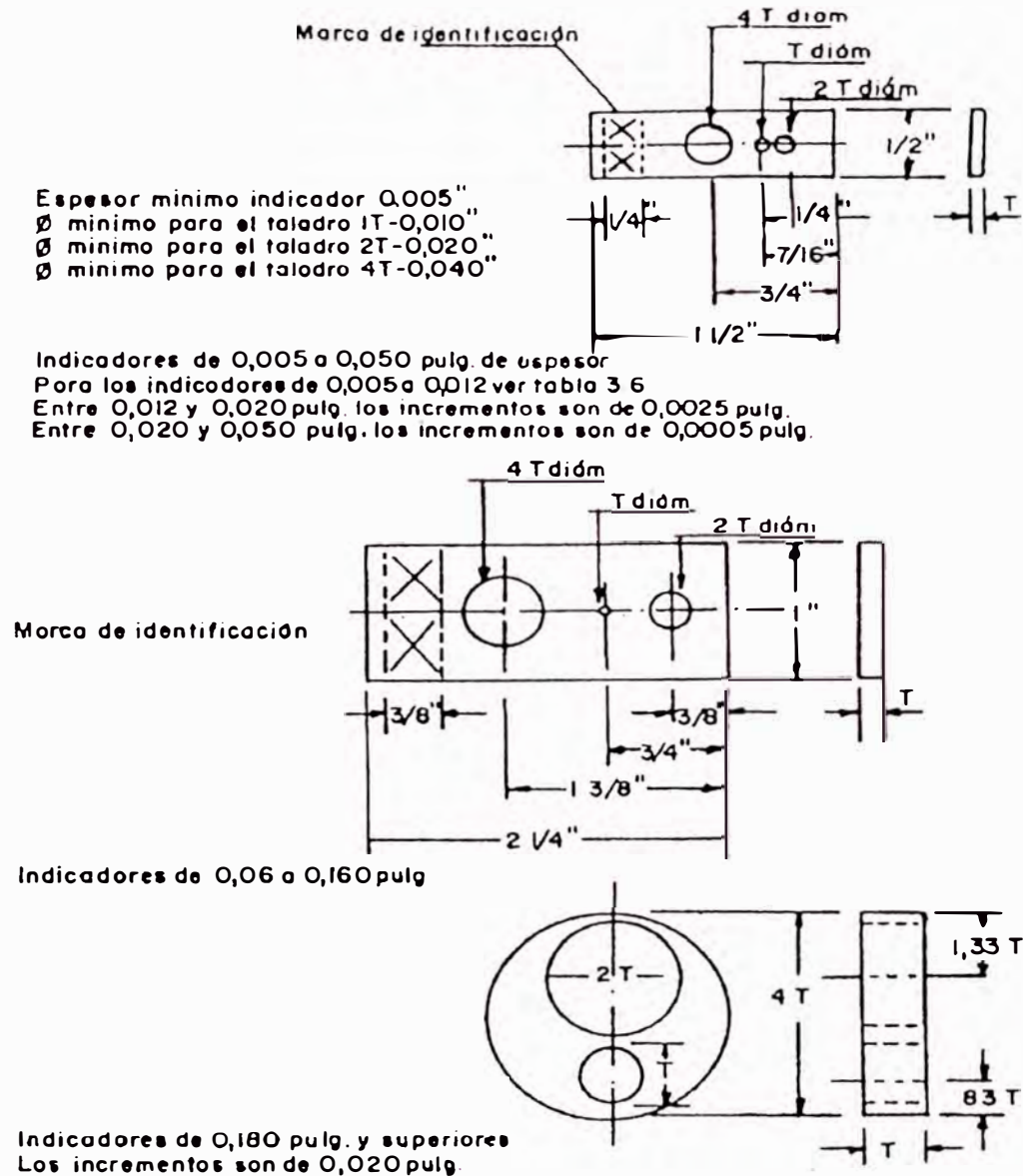


Figura 45 – Indicadores DIN



NOTA. Tolerancias para el espesor y diámetro de los taladros serán de  $\pm 10\%$  o 0,5 de los incrementos de espesor tomando de estos dos valores el que sea menor.

Figura 46 – Indicadores A.S.T.M.

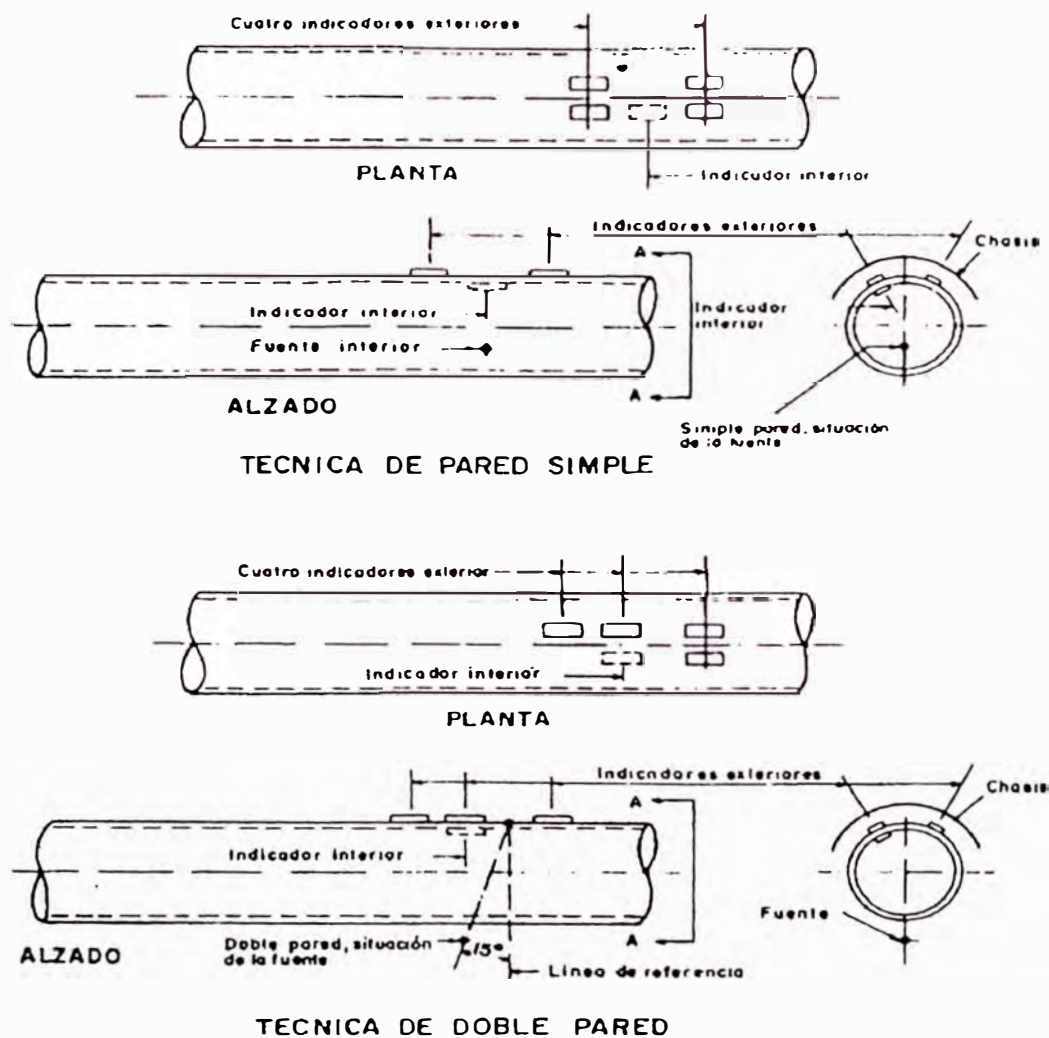


Figura 47 – Situación de los Indicadores

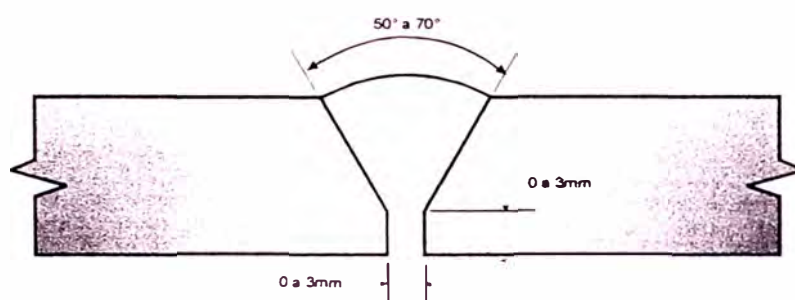


Figura 49 – Detalle con Bisel en V

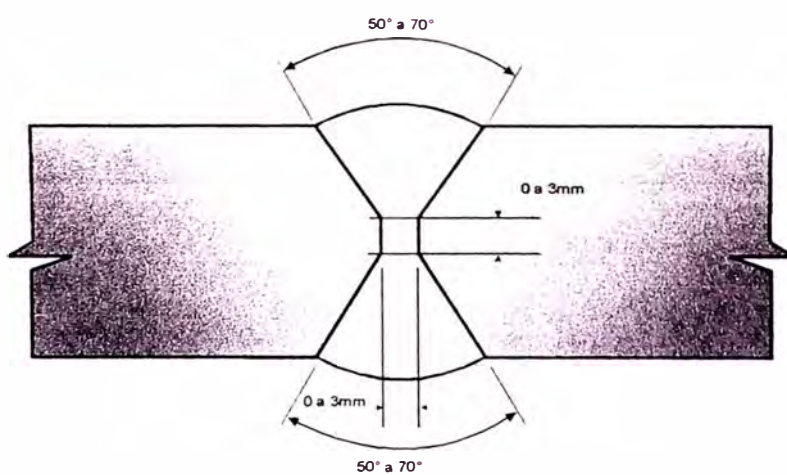


Figura 50 – Detalle con Bisel doble V



## SOLDADURA LONGITUDINAL



**Figura 51 – Ubicación de punto cero “0” de referencia para localización de radiografías**





Figura 52 – Porosidad redondeada



Figura 53 – Porosidad alineada



Figura 54 – Porosidad agrupada



Figura 55 – Inclusión de escoria



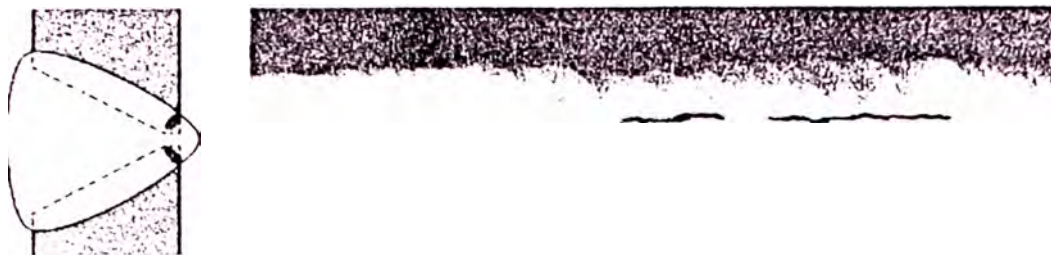


Figura 56 – Inclusión de escoria alineada

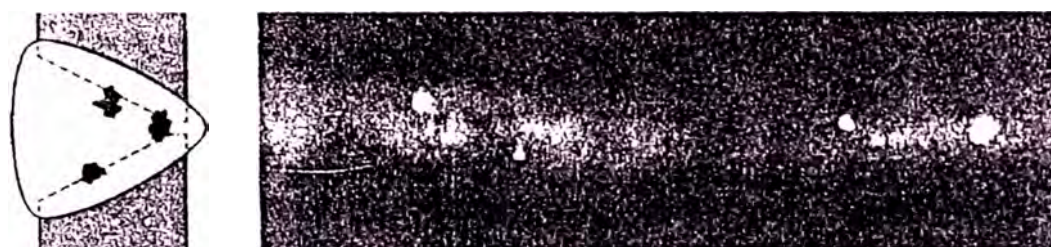


Figura 57 – Inclusión de tungsteno

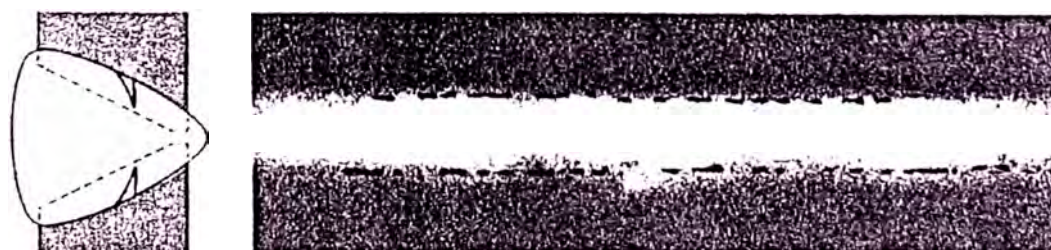


Figura 58 – Falta de fusión entre pases

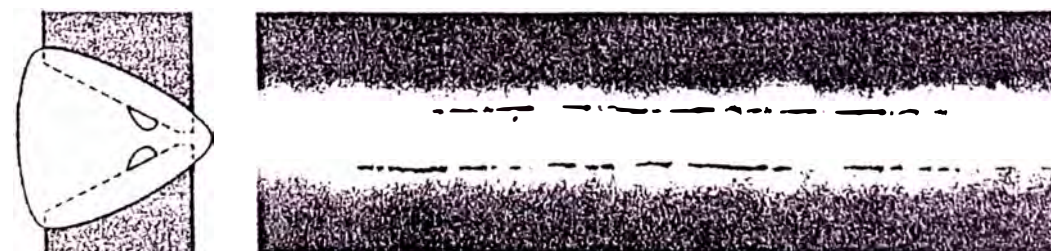


Figura 59 – Falta de fusión con la pared de junta

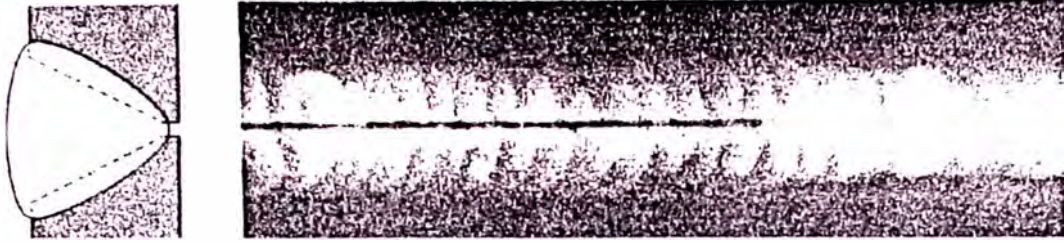


Figura 60 – Penetración incompleta

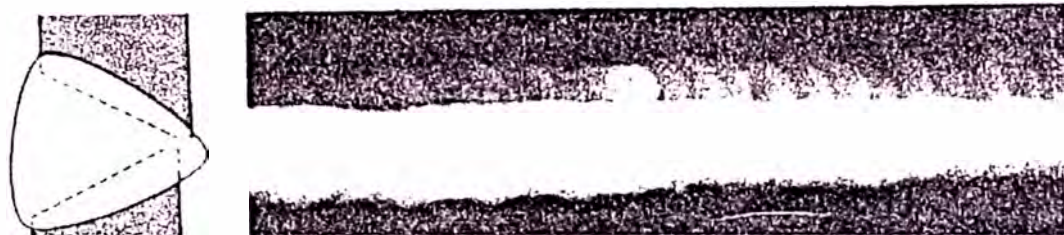


Figura 61 – Desalineamiento



Figura 62 – Desalineamiento con penetración incompleta



Figura 63 – Insuficiente llenado (contracción/concavidad)



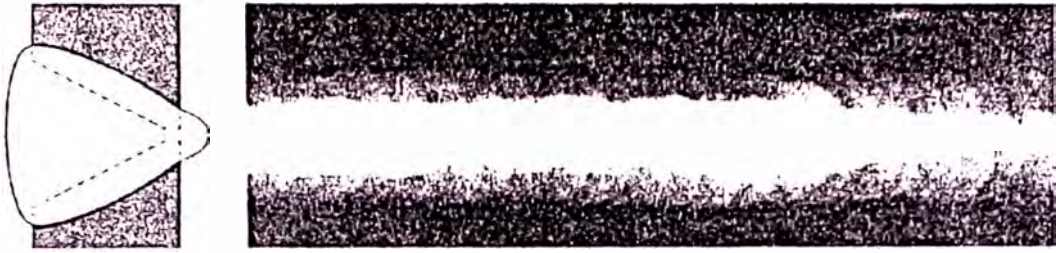


Figura 64 – Penetración excesiva

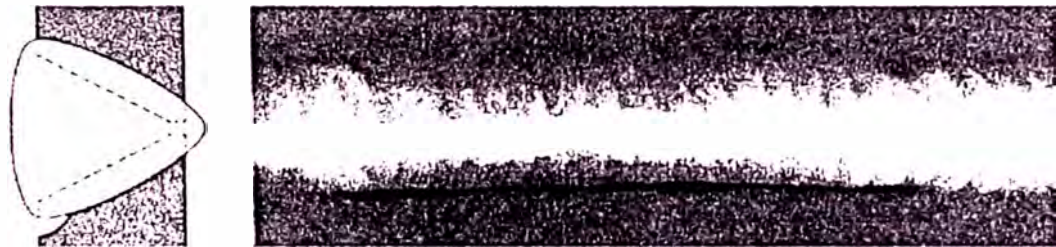


Figura 65 – Socavación externa

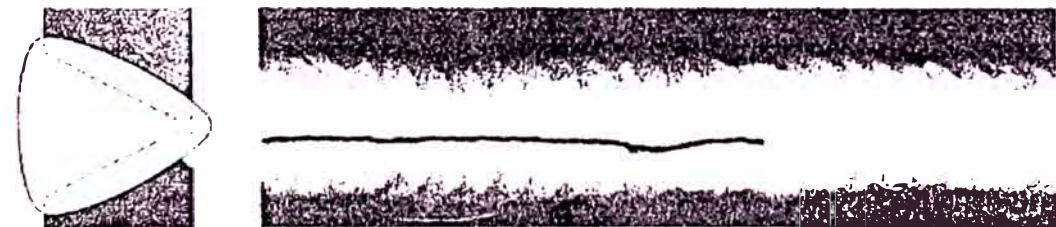


Figura 66 – Socavación interna

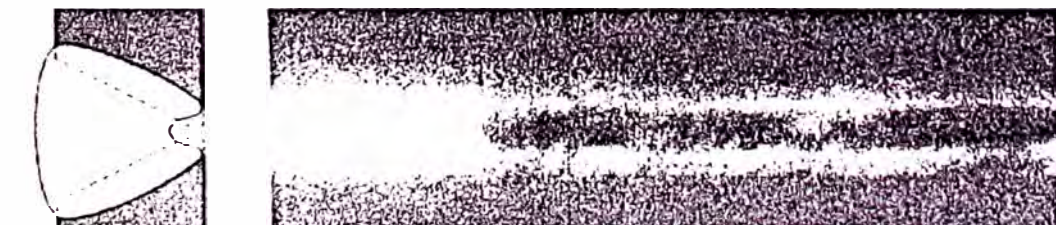


Figura 67 – Concavidad interna

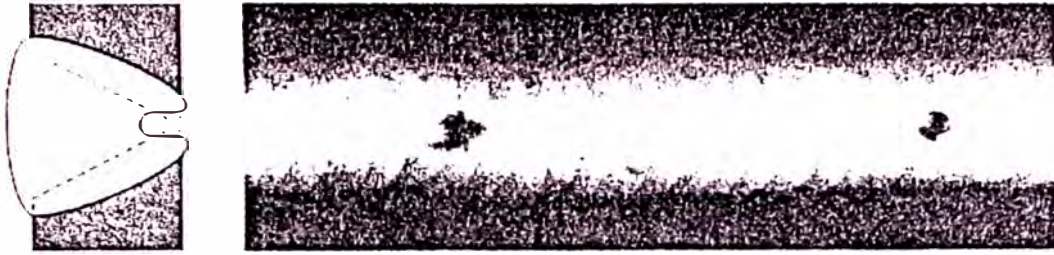


Figura 68 – Quemones

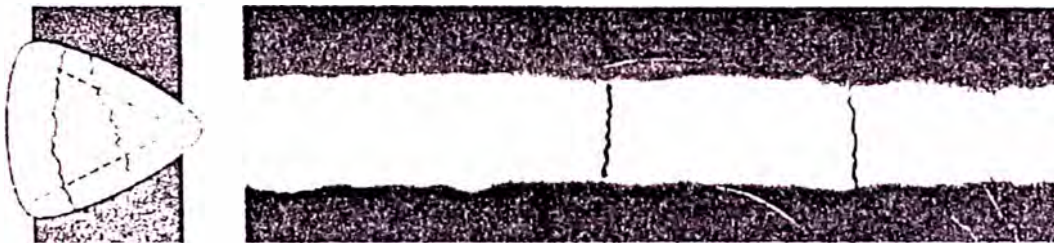


Figura 69 – Fisura transversal



Figura 70 – Fisura longitudinal

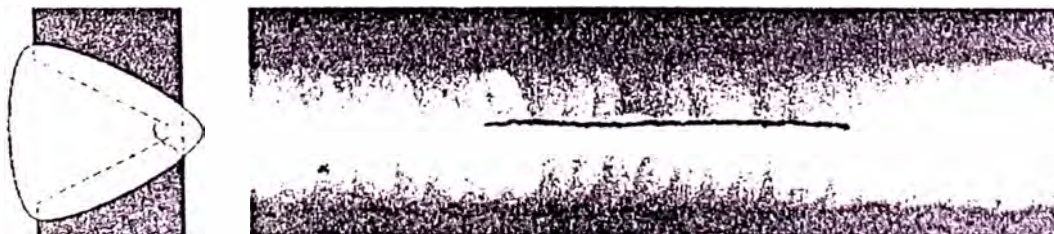


Figura 71 – Fisura en raíz

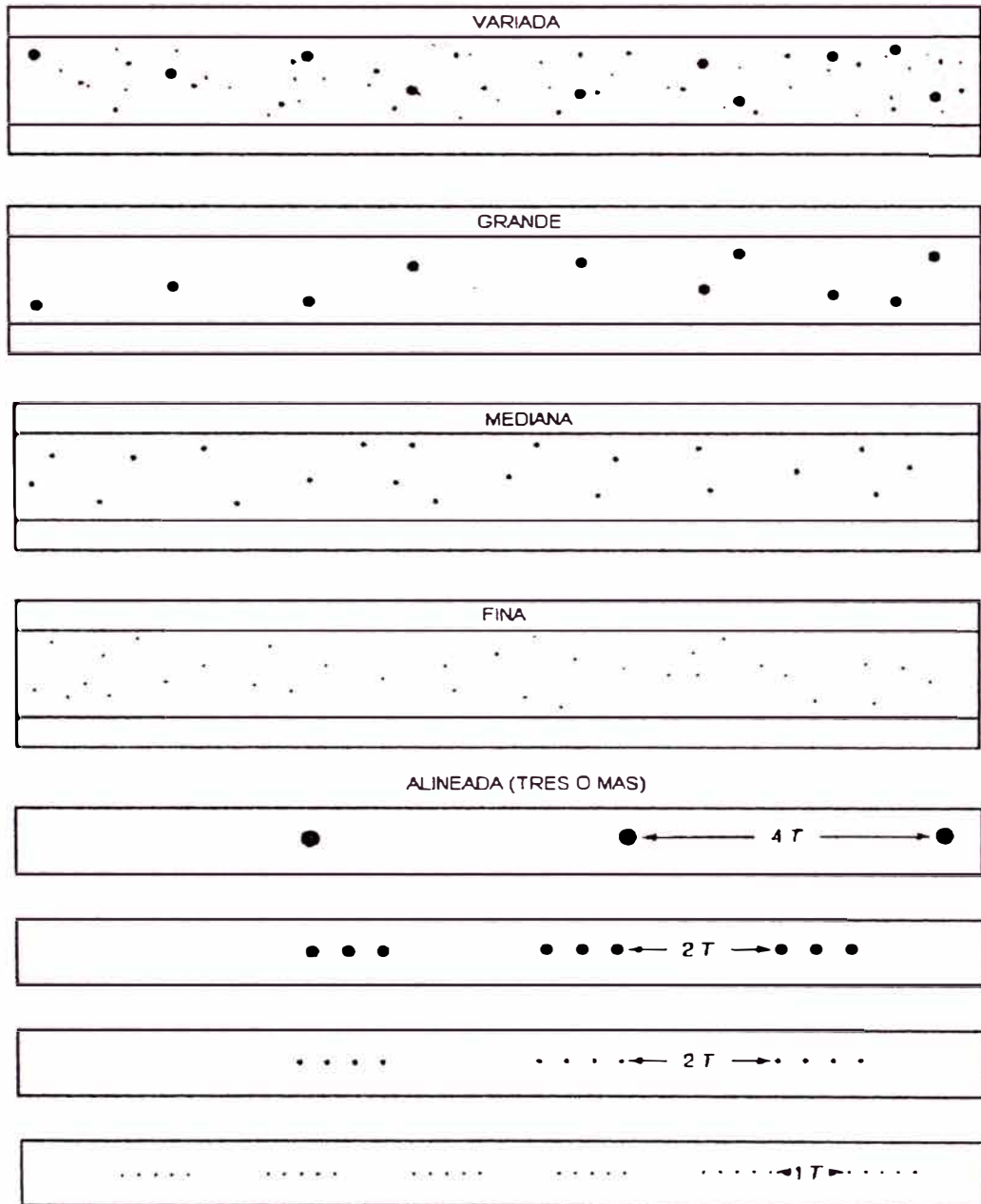


Figura 72 – Distribución máxima de poros ; espesor de pared menor o igual a  $\frac{1}{2}$ " (12.7mm)

#### **4.5. Resultados de la Inspección Radiográfica**

Adjunto podrá observar el resumen de los resultados de inspección para :

Varillón principal	(69 Juntas)
Varillas preparadas en margen izquierda	(06 Juntas)
Montaje de Varillón en margen izquierda	(09 Juntas)
Montaje de Varillón en margen derecha	(30 Juntas)
Conexión desde excavación protegida hacia válvula en margen derecha	(10 Juntas)
Tapa cabezal para prueba hidrostática	(16 Juntas)
Conexión a margen izquierda y derecha	(02Juntas)



## RESUMEN DE RESULTADOS LA INSPECCION RADIOGRAFICA

**Obra** : REPARACION OLEODUCTO NOR PERUANO

**Sección** : CRUCE RIO MARAÑON

**Norma** : API 1104

**Radiación** : Gamma Ir-192

**Películas** : NDT-70

**Espesor** : 24"

Identificación	Espesor	Tipo y ubicación de Defectos	Aceptada	Reparar	Observaciones
J-1	0.525"		✓		6 Películas 11.10.94
J-2	0.525"		✓		6 Películas 11.10.94
J-3	0.525"	D (10mm a 75cm en J3.3)	✓		6 Películas 12.10.94
J-4	0.525"		✓		6 Películas 12.10.94
J-5	0.525"		✓		6 Películas 12.10.94
J-6	0.525"		✓		6 Películas 12.10.94
J-7	0.525"		✓		6 Películas 12.10.94
J-8	0.525"		✓		6 Películas 13.10.94
J-9	0.525"		✓		6 Películas 13.10.94
J-10	0.525"		✓		6 Películas 13.10.94
J-11	0.525"		✓		6 Películas 13.10.94
J-12	0.525"		✓		6 Películas 13.10.94
J-13	0.525"		✓		6 Películas 13.10.94
J-14	0.525"		✓		6 Películas 13.10.94
J-15	0.525"		✓		6 Películas 13.10.94

Identificación	Espesor	Tipo y ubicación de Defectos	Aceptada	Reparar	Observaciones
J-16	0.525"		✓		6 Películas 13.10.94
J-17	0.525"		✓		6 Películas 13.10.94
J-18	0.525"		✓		6 Películas 13.10.94
J-19	0.525"		✓		6 Películas 13.10.94
J-20	0.525"		✓		6 Películas 14.10.94
J-21	0.525"		✓		6 Películas 14.10.94
J-22	0.525"		✓		6 Películas 15.10.94
J-23	0.525"		✓		6 Películas 15.10.94
J-24	0.525"		✓		6 Películas 15.10.94
J-25	0.525"		✓		6 Películas 14.10.94
J-26	0.525"		✓		6 Películas 15.10.94
J-27	0.525"		✓		6 Películas 15.10.94
J-28	0.525"		✓		6 Películas 16.10.94
J-29	0.525"		✓		6 Películas 14.10.94
J-30	0.525"		✓		6 Películas 14.10.94
J-31	0.525"		✓		6 Películas 16.10.94
J-32	0.525"		✓		6 Películas 17.10.94
J-33	0.525"		✓		6 Películas 17.10.94
J-34	0.525"		✓		6 Películas 17.10.94
J-35	0.525"		✓		6 Películas 17.10.94
J-36	0.525"		✓		6 Películas 17.10.94
J-37	0.525"		✓		6 Películas 17.10.94



Identificación	Espesor	Tipo y ubicación de Defectos	Aceptada	Reparar	Observaciones
J-38	0.525"		✓		6 Películas 17.10.94
J-39	0.525"		✓		6 Películas 17.10.94
J-40	0.525"		✓		6 Películas 17.10.94
J-41	0.525"		✓		6 Películas 17.10.94
J-42	0.525"		✓		6 Películas 17.10.94
J-43	0.525"		✓		6 Películas 17.10.94
J-44	0.525"		✓		6 Películas 18.10.94
J-45	0.525"		✓		6 Películas 18.10.94
J-46	0.525"		✓		6 Películas 18.10.94
J-47	0.525"		✓		6 Películas 18.10.94
J-48	0.525"		✓		6 Películas 18.10.94
J-49	0.525"		✓		6 Películas 18.10.94
J-50	0.525"		✓		6 Películas 18.10.94
J-51	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-52	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-53	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-54	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-55	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-56	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-57	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-58	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-59	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94

Identificación	Espesor	Tipo y ubicación de Defectos	Aceptada	Reparar	Observaciones
J-60	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-61	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-62	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-63	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-64	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-65	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-66	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-67	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-68	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94
J-69	0.525"		✓		6 Películas 19.10.94

- Con estas 69 Juntas se completo el Varillón principal (2,800 pies de longitud)

## RESUMEN DE RESULTADOS LA INSPECCION RADIOGRAFICA

**Obra** : REPARACION OLEODUCTO NOR PERUANO  
**Sección** : CRUCE RIO MARAÑON-VARILLA MARGEN IZQUIERDA  
**Norma** : API 1104

**Radiación** : Gamma Ir-192  
**Películas** : NDT-70  
**Espesor** : 24"

Identificación	Espesor	Tipo y ubicación de Defectos	Aceptada	Reparar	Observaciones
JI-1	0.525"	HL y Fb	✓		06 Películas 25.10.94
JI-2	0.525"	HL	✓		06 Películas 25.10.94
JI-3	0.525"	HL	✓		06 Películas 25.10.94
JI-4	0.525"		✓		06 Películas 25.10.94
JI-5	0.525"	HL	✓		06 Películas 25.10.94
JI-6	0.525"	HL y Fb	✓		06 Películas 25.10.94

- El 25.10.94 se dejaron 03 Varillas en Margen Izquierda de 03 tubos cada una.

## RESUMEN DE RESULTADOS LA INSPECCION RADIOGRAFICA

**Obra** : REPARACION OLEODUCTO NOR PERUANO  
**Sección** : CRUCE RIO MARAÑON-MONTAJE VARILLON MARGEN IZQUIERDA  
**Norma** : API 1104

**Radiación** : Gamma Ir-192

**Películas** : NDT-70

**Espesor** : 24"

Identificación	Espesor	Tipo y ubicación de Defectos	Aceptada	Reparar	Observaciones
JI-1	0.250"	D (1/4" ) y (1/2")	✓		06 Películas 07.02.95
JI-2	0.525"		✓		06 Películas 07.02.95
JI-3	0.525"		✓		06 Películas 07.02.95
JI-4	0.525"		✓		06 Películas 07.02.95
JI-5	0.525"	D (1/2" ) y Bb (1/4")	✓		06 Películas 07.02.95
JI-6	0.525"	Bb (1.1/2")	✓		06 Películas 07.02.95
JI-7	0.250"	Fa Ba	✓		06 Películas 07.02.95
JI-8	0.525"	D(1/2")	✓		06 Películas 07.02.95
JI-9	0.525"	K(8.4mm)	✓		06 Películas 07.02.95

- El 07.02.95 se ejecutó unión de Varillón a Válvula y se dejó una Línea paralela al inicial del Oleoducto.

## RESUMEN DE RESULTADOS LA INSPECCION RADIOGRAFICA

**Obra** : REPARACION OLEODUCTO NOR PERUANO  
**Sección** : CRUCE RIO MARAÑON-MONTAJE VARILLON MARGEN DERECHA  
**Norma** : API 1104

**Radiación** : Gamma Ir-192

**Películas** : NDT-70

**Espesor** : 24"

Identificación	Espesor	Tipo y ubicación de Defectos	Aceptada	Reparar	Observaciones
JD-1	0.250"		✓		06 Películas 11.11.94
JD-2	0.250"		✓		06 Películas 11.11.94
JD-3	0.250"		✓		06 Películas 11.11.94
JD-4	0.250"		✓		06 Películas 11.11.94
JD-5	0.250"		✓		06 Películas 11.11.94
JD-6	0.250"		✓		06 Películas 11.11.94
JD-7	0.250"		✓		06 Películas 11.11.94
JD-8	0.250"		✓		06 Películas 11.11.94
JD-9	0.250"		✓		06 Películas 12.11.94
JD-10	0.525"		✓		06 Películas 12.11.94
JD-11	0.525"		✓		06 Películas 12.11.94
JD-12	0.525"		✓		06 Películas 12.11.94
JD-13	0.525"		✓		06 Películas 12.11.94
JD-14	0.525"		✓		06 Películas 12.11.94
JD-15	0.525"		✓		06 Películas 12.11.94

Identificación	Espesor	Tipo y ubicación de Defectos	Aceptada	Reparar	Observaciones
JD-16	0.525"		✓		06 Películas 13.11.94
JD-17	0.525"		✓		06 Películas 13.11.94
JD-18	0.525"		✓		06 Películas 13.11.94
JD-19	0.525"		✓		06 Películas 27.11.94
JD-20	0.525"		✓		06 Películas 30.11.94
JD-21	0.525"		✓		06 Películas 30.11.94
JD-22	0.525"		✓		06 Películas 01.12.94
JD-23	0.525"		✓		06 Películas 01.12.94
JD-24	0.525"		✓		06 Películas 03.12.94
JD-25	0.525"		✓		06 Películas 03.12.94
JD-26	0.525"		✓		06 Películas 03.12.94
JD-27	0.525"		✓		06 Películas 04.12.94
JD-28	0.525"		✓		06 Películas 04.12.94
JD-29	0.525"		✓		06 Películas 08.02.95
JD-30	0.525"		✓		06 Películas 08.02.95

- El 04.12.94 se dejó montada la tubería paralela a la del Oleoducto en la Margen derecha desde la Válvula.
- El 08.02.95 se monto tubería de 18° y 10° a la derecha de la Válvula en la Margen Derecha a la espera de la salida de la perforación dirigida.

## RESUMEN DE RESULTADOS LA INSPECCION RADIOGRAFICA

**Obra** : REPARACION OLEODUCTO NOR PERUANO  
**Sección** : CRUCE RIO MARAÑON-CONEXIÓN EXCAVACIÓN PROTEGIDA  
 A VÁLVULA EN MARGEN DERECHA  
**Norma** : API 1104

**Radiación** : Gamma Ir-192

**Películas** : NDT-70

**Espesor** : 24"

Identificación	Espesor	Tipo y ubicación de Defectos	Aceptada	Reparar	Observaciones
JD-1	3.5'	HL, Ba, Bb, Fb e I	✓		06 Películas 09.10.95
JD-2	40'	HL, Ba, I, Fb	✓		06 Películas 11.10.95
JD-3	16'x18°	I, HL, D	✓		06 Películas, 01 Repar.09.10.95
JD-4	40'x16°	I	✓		06 Películas 13.10.95
JD-5	40'x14°x30'	HL, I	✓		06 Películas 12.10.95
JD-6	120°	Z	✓		06 Películas 13.10.95
JD-7	40'	Z	✓		06 Películas 13.10.95
JD-8	40'x13°	BA, Bb,I,Ab	✓		06 Películas 14.10.95
JD-9	40'	HL, Fb	✓		06 Películas 14.10.95
JD-10	40'x10°	Unión a Válvula en Margen Derecha,Bb	✓		06 Películas 14.10.95



## RESUMEN DE RESULTADOS LA INSPECCION RADIOGRAFICA

**Obra** : REPARACION OLEODUCTO NOR PERUANO  
**Sección** : CRUCE RIO MARAÑON-TAPA DE CABEZAL PARA PRUEBA HIDROSTATICA  
**Norma** : API 1104

**Radiación** : Gamma Ir-192

**Películas** : NDT-70

**Espesor** : 24"

Identificación	Espesor	Tipo y ubicación de Defectos	Aceptada	Reparar	Observaciones
J-1	0.525"		✓		30.10.94
J-2	0.525"		✓		30.10.94
J-3	0.525"		✓		30.10.94
J-4	0.525"		✓		30.10.94
J-5	0.525"		✓		30.10.94
J-6	0.525"		✓		30.10.94
J-7	0.525"		✓		30.10.94
J-8	0.525"		✓		30.10.94
J-9	0.525"		✓		30.10.94
J-10	0.525"		✓		30.10.94
J-11	0.525"		✓		30.10.94
J-12	0.525"		✓		30.10.94
J-13	0.525"		✓		30.10.94
J-14	0.525"		✓		30.10.94
J-15	0.525"		✓		30.10.94
J-16	0.525"		✓		30.10.94

## RESUMEN DE RESULTADOS LA INSPECCION RADIOGRAFICA

**Obra** : REPARACION OLEODUCTO NOR PERUANO

**Sección** : CRUCE RIO MARAÑON-CONEXIÓN DE VARILLON AL OLEODUCTO

**Norma** : API 1104

**Radiación** : Gamma Ir-192

**Películas** : NDT-70

**Espesor** : 24"

Identificación	Espesor	Tipo y ubicación de Defectos	Aceptada	Reparar	Observaciones
J.D11	0.250"	I y Z	✓		05 Películas 19.02.95
J.I.1	0.250"	D,HL ,Bb	✓		05 Películas 20.02.95

- Del 07.02.95 se ejecutó unión de Varillón a Válvula y se dejó una Línea paralela al tramo inicial del Oleoducto.

## **4.6. Procedimiento de prueba hidrostática**

### **4.6.1. Alcance**

El trabajo requerido bajo esta especificación consiste en la prueba hidrostática y secado de tuberías.

### **4.6.2. Códigos y Normas**

El trabajo cubierto por esta especificación satisfecerá los requerimientos de los siguientes códigos y normas:

- a) ASME B 31,4 Sistema de transporte de líquido para hidrocarburos, gas licuado petróleo, amoníaco anhidro, y alcohol.
- b) ASME Sección V. Artículo 10 - Pruebas de presión y /o vacío

El Contratista será responsable por la ejecución de todas las pruebas de acuerdo con los códigos mencionados anteriormente; con estas especificaciones; y con códigos; normas y regulaciones locales.

### **4.6.3. Plan de pruebas**

Un plan detallado de prueba hidrostática será desarrollado por cada sistema de tubería. Los planes de prueba definirán los límites de sección ha ser probados, ubicación y elevación de las secciones de los puntos alto y bajo, presiones de prueba en los puntos alto y bajo, ubicaciones sugeridas, adquisición o tomas de agua y drenaje de la misma. Si el plan de la prueba es preparado por el contratista, éste será aprobado por la compañía antes de su ejecución.

#### **4.6.4. Materiales y equipo facilitados por el Contratista**

El Contratista proveerá todos los materiales y equipo requerido para un eficiente y exitoso llenado con agua, prueba de presión hidrostática, eliminación del agua y secado de la tubería de acuerdo con esta especificación.

El equipamiento del contratista estará en condiciones operativas. El material suministrado por el contratista será para la misma o mayor presión de trabajo que el material a ser probado.

La Compañía tendrá la autoridad para rechazar cualquier material o equipo suministrado por el Contratista que no este de acuerdo con lo provisto en esta especificación. Cualquier material o equipo rechazado será reparado o reemplazado por el Contratista a satisfacción de la Compañía. Las operaciones de prueba no se iniciarán hasta que los materiales y equipos apropiados estén en el lugar.

Los elementos listados a continuación son requeridos para la ejecución de las operaciones de prueba, sin embargo, esta lista no necesariamente refleja todos los materiales y equipos requeridos para llevar a cabo lo previsto en esta especificación. Cualquier requerimiento adicional será proporcionado por el Contratista sin costo adicional para la Compañía.

- Registrador de peso muerto: rango de presión compatible con la máxima presión de prueba; la sensibilidad será de 0.5 psi.
- Registrador de presión y formato de registro: un lapicero, reloj de 24 horas, rango de presión compatible con la máxima presión de prueba; formato de 24 horas con graduaciones de diez (10) psi.
- Dos (2) registradores de temperatura y formato de registro: Rango de temperatura de 0°F a 120°F, dos (02) lapiceros, reloj de 24 horas con bulbos

sensores de temperatura remotos; formato de 24 horas con graduaciones de 1°F.

- Termómetro indicador: Rango de 0°F a 180°F, lecturas cada grado Fahrenheit.
- Manómetros (cuantos se requieran); rango de presión compatible con la presión máxima de prueba, graduaciones cada 10 psi.
- Medidor de flujo: volumen acumulado en pies cúbicos o en galones graduados a la unidad de medida más cercana.
- Filtro del agua: malla 100 o más fina
- Bombas de llenado capaces de llenar la tubería a por lo menos 2000 galones por minuto considerando la altura hidrostática y las pérdidas por fricción proyectadas en la tubería. La máxima velocidad de llenado no excederá al menor de los siguientes valores: 4.000 galones por minuto o 10% del caudal real de la fuente del agua.
- Bombas de alto caudal y baja presión para proporcionar succión para las bombas de llenado si es que son requeridas.
- Bombas de presión capaces de presurizar toda la longitud de la sección de prueba desde la presión de la bomba de llenado hasta la máxima presión de prueba en un máximo de 04 horas.

Las bombas de presión estarán equipadas con un dispositivo para indicar el volumen de agua bombeada en cualquier momento durante la operación de presurización, tales como un contómetro mecánico o eléctrico. Todas las bombas serán equipadas con mata chispas y silenciadores. Cercos acústicos u otras "barreras de sonido" serán instaladas para aislar el ruido proveniente de los equipos de prueba y bombeo, si es que se encuentran localizados a menos de 660 pies de edificaciones habilitadas para uso de personal.

- Tanque portátil de agua, tubería y accesorios Victaulic, como se requieran.
- Trampas para caliper para operaciones de limpieza y secado incluyendo las válvulas y accesorios correspondientes.
- Caliper de tubería requerido para operaciones de llenado, vaciado y secado. Los caliper suministrados serán del tipo convencional de cuerpo de acero con discos de neoprene bidireccional reemplazable y con suficiente número de caliper poly, los cuales no dañaran el recubrimiento interno de la tubería. Los caliper proporcionados por el contratista serán aprobados para su uso por la Compañía.
- Compresores de aire para la eliminación de agua de la tubería al término de la prueba, capaces de vencer la presión hidráulica y la fricción en la tubería. Los compresores de aire estarán equipados con mata chispas y silenciadores.
- Cercos acústicos u otras "barreras de sonido" serán suministrados para aislar el ruido proveniente de los compresores si se encuentran localizados a menos de 660 pies de construcciones ocupadas por personal.
- Equipos y materiales para el secado final de la tubería.

#### **4.6.5. Calibración y localización de los instrumentos de prueba**

Todos los instrumentos usados para la realización de la prueba de presión , tales como registradores de peso muerto de presión y de temperatura, habrán sido calibrados por un laboratorio de evaluación externo independiente ,dentro de los seis (06) meses anteriores a la fecha de la prueba. Los certificados de evaluación serán remitidos a la compañía antes de ejecutar las operaciones de la prueba.

El calibrador de peso muerto, los manómetros y los registradores de presión de 24 horas serán instalados a través de un distribuidor a la sección de la tubería a evaluar en el punto de prueba. El distribuidor permitirá el aislamiento de los

instrumentos de la tubería y el aislamiento de los instrumentos entre si. El registrador de presión será calibrado contra el peso muerto antes de iniciar cada prueba. Adicionalmente, un termómetro será colocado en el punto de prueba para medición de la temperatura del ambiente.

Para tramos de tubería enterrados de 2 millas de longitud o menos, un registrador de 24 horas dos plumas será ubicado aproximadamente en el punto medio del tramo para registrar la temperatura de la tubería y del suelo. Para tramos enterrados mayores a 2 millas en longitud, por lo menos 02 registradores serán ubicados aproximadamente a 1/2 milla de cada uno de los extremos del tramo.

Registradores de temperatura controlarán la temperatura del suelo y la temperatura de superficie exterior de la tubería durante los periodos de llenado, estabilización y prueba.

#### **4.6.6. Fabricación y prueba de cabezales**

El Contratista fabricará un número especificado de cabezales ha ser usados en la prueba de presión de la tubería. Todas las soldaduras de los cabezales serán evaluados con técnicas de ensayos no destructivos, de acuerdo con la especificación radiográfica. El número de cabezales a ser fabricados serán como mínimo dos (02) y serán fabricados de material semejante al de la tubería.

Los cabezales serán usados para llenar y aislar los tramos a ser probados y para transferir el agua de un tramo al siguiente. Los cabezales son fabricados a partir de una sección de tubería y una capucha soldada con conexiones para controladores de presión, controladores de temperatura, bomba de presión y llenado. Los cabezales son diseñados para lanzamiento y recepción de caliper de llenado y de eliminación de agua. Éstos cabezales son instalados en los extremos de cada tramo de evaluación.



#### **4.6.7. Requerimientos de prueba preliminar para cruces**

Tramos de tuberías especificados para cruces estarán sometidos a una prueba hidrostática preliminar, después de la fabricación y que se haya completado el recubrimiento, pero antes de su instalación.

Antes de iniciar las operaciones de llenado, el tramo será soportado en forma segura sobre patines de madera u otro dispositivo de soporte aprobado, espaciados a la máxima distancia sin que se genere esfuerzos longitudinales en la sección de la tubería .

Durante las operaciones de llenado un caliper de desplazamiento tipo copa/disco se montará en la cabeza de la columna del agua para asegurar que todo el aire sea removido hacia afuera del tramo. Una vez que el llenado se haya iniciado este continuará sin perturbaciones, ni interrupciones, hasta que la sección haya sido llenada.

Cuando la operación de llenado es terminada, la presión de prueba en el tramo será elevada lentamente y sin perturbaciones hasta una presión que produzca un esfuerzo tangencial igual al 70% del SMYS de la tubería y mantenida por un mínimo de 30 minutos para permitir el tiempo necesario para que la sección sea examinada buscando fugas y para que la presión se estabilice.

Con la aprobación de la compañía la presión en el tramo de prueba se elevará hasta situarse dentro de la presión mínima y máxima del rango de prueba especificado, y mantenida por un mínimo de 30 minutos para permitir que la presión se estabilice. El Contratista asegurará que la presión de la prueba preliminar impuesta en las tuberías recubiertas con concreto no producirá un esfuerzo tangencial que exceda el 100% del SMYS de la tubería recubierta.

Después del período de estabilización, la prueba de presión será reestablecida añadiendo agua o purgando agua de la sección de prueba. La sección entonces será aislada y la prueba comenzará.

Durante el período de mantenimiento de prueba la presión en el tramo será constantemente controlada y se mantendrá dentro de los límites de prueba especificados. De ser necesario se podrá añadir agua a la sección de prueba, al tramo de prueba, para incrementar la presión. Sobre éste se evitará la sobre presión mediante purga. Toda agua añadida o retirada del tramo de prueba durante el periodo de mantenimiento de presión será medido con precisión y el volumen será registrado.

El tramo será mantenido en la presión de prueba por un mínimo de 8 horas continuas para líneas diseñadas bajo ASME B.31.8 y durante cuatro horas continuas para líneas diseñadas bajo ASME B.31.4, con registros de la presión de la tubería y la temperatura ambiente de la tubería en operación y con las lecturas de presión de peso muerto, tomadas y registradas a intervalos de 30 minutos. Durante este período de mantenimiento de presión toda la superficie del tramo de prueba será cuidadosamente inspeccionada para detectar cualquier signo de fuga. Si es que al final del período de mantenimiento de presión especificado no se descubren fugas ni fallas, y si la compañía está satisfecha con que el tramo de prueba está libre de fugas y defectos, entonces la prueba hidrostática preliminar podría ser finalizada.

La eliminación de agua será acompañada por el desplazamiento del agua de prueba mediante un caliper de desplazamiento tipo disco impulsado con aire comprimido.

#### **4.6.8. Prueba de montaje**

Montajes fabricados tales como área de válvulas principales, estaciones limitadoras de presión, estaciones de alivio de presión, niples de derivación de 4" o mayores, y tapas soldadas usadas para aislar las secciones de la tubería, serán sometidas a una prueba hidrostática de presión en sitio antes de el llenado. A continuación de la prueba, se eliminará el agua contenida dentro de los montajes y estos se instalaran a la línea. Los montajes podrán ser nuevamente sometidos a presión durante la ejecución de la prueba hidrostática del tramo de la línea a opción del Contratista.

Se instalaran tapas soldadas en las ubicaciones designadas para permitir que los ensambles sean llenados con agua. Niples para llenado, purga y drenado serán instalados a 12" de las tapas soldadas y en los puntos alto y bajo de la línea para permitir que los ensambles sean llenados, eliminando el agua del interior y removidas las bolsas de aire en los puntos altos.

Las válvulas que pertenecen a los montajes estarán parcialmente cerradas, después de que sea completada la operación de llenado, para permitir que la presión de prueba se distribuya dentro del cuerpo de la válvula.

Cuando se termine la operación de llenado, la presión en los ensambles será incrementada lentamente y sin perturbaciones hasta la prueba de presión especificada y mantenida por un mínimo de 30 minutos para permitir el tiempo necesario para que el ensamble sea examinado buscando fugas y para que la presión se estabilice

A continuación del período de estabilización, la presión de prueba especificada será reestablecida añadiendo agua o purgando agua de la sección de prueba. El montaje entonces será aislado y la prueba comenzará.

Durante el período de mantenimiento de presión, la presión en el ensamble será constantemente controlada y será mantenida dentro de los límites de prueba especificados. En caso de ser necesario elevar la presión en el ensamble, se podrá añadir agua a la contenida dentro del ensamble. Las sobrepresiones serán evitadas mediante purga. Todo volumen de agua añadido o retirado del ensamble durante el período del mantenimiento de presión será medido con precisión y registrado.

Los ensambles se mantendrán para prueba por lo menos 4 horas continuas para líneas diseñadas bajo ASME B.31.4 con los registradores de presión de tubería y temperatura de tubería y temperatura de ambiente en operación y con lecturas tomadas de presión de peso muerto y registrados en intervalos de 30 minutos. Durante este período de mantenimiento de presión, toda la superficie de ensamble será cuidadosamente inspeccionada para detectar cualquier signo de fuga.

Si al final del período de mantenimiento de prueba no se descubren fugas ni fallas y si la compañía está satisfecha con que el ensamble esta libre de fugas y defectos, entonces la prueba hidrostática puede ser terminada.

La eliminación del agua puede ser complementada permitiendo que el agua se drene por gravedad a través de los niples pre instalados. En adición el agua será purgada o drenada del cuerpo de las válvulas.

Después de la eliminación del agua las tapas soldadas incluyendo los niples serán removidos del ensamble. El ensamble será instalado a la sección de la línea y a opción del Contratista serán nuevamente evaluados con la línea (Ver Registro Fotográfico – Ítem 7 y 14).

#### **4.6.9. Fuentes de agua**

Las fuentes de agua propuestas para ser usadas en el llenado de la tubería son las del Río Marañon o de los canales que se indiquen.

De requerirse los permisos para tomar agua y devolverla a las fuentes serán proporcionados por el Contratista a la Compañía. Será de responsabilidad del Contratista, el cumplir totalmente con los términos y condiciones de dichos permisos.

El Contratista proporcionará e instalará toda la tubería temporal requerida para atraer el agua hacia la zona de bombas de llenado.

Todos los equipos y accesorios para acceder las fuentes de agua serán aprobados por la Compañía e instalados sin costo adicional para la compañía. Los muestreos de agua y análisis químicos de la fuente de agua, si se requieren, serán llevados a cabo por la Compañía. Ningún aditivo biológico o químico será usado sin la aprobación de la compañía. El agua no permanecerá en los tramos probados más de 60 días calendario.

Otras fuentes de agua podrán ser obtenidas por el Contratista sin costo adicional para la Compañía. Estas fuentes de agua deberán ser identificadas por escrito para que la Compañía las apruebe. Copia de todos los permisos y acuerdos relacionados serán proporcionados a la Compañía.

#### **4.6.10. Vaciado y secado**

Después de que la prueba de presión hidrostática haya sido aceptada por la compañía, la presión será reducida a niveles de presión atmosférica.

Se debe tener cuidado para prevenir bloqueos de aire dentro de la sección de la tubería a ser vaciada. El vaciado de la tubería debe hacerse de un modo

controlado. Todas las válvulas de la línea principal estarán totalmente abiertas. El contratista preparará y se someterá a aprobación de la Compañía un procedimiento detallado para ejecutar el vaciado de cada tramo sometido a la prueba.

La propuesta de ubicación de la zona de descarga de agua para el vaciado de la tubería serán definidas por la compañía. Si son necesarios los permisos para descargar agua en otras localidades, serán tramitados por el Contratista.

Será responsabilidad del Contratista el cumplir totalmente con los términos y condiciones de los permisos. Como un requerimiento mínimo, cuando la descarga se haga a la tierra, el Contratista deberá proveer cercos, guardas contra salpicadura y otros dispositivos de disipación de energía aprobados por la Compañía.

Los compresores de aire proporcionados por el Contratista para empujar los caliper de vaciado, serán capaces de superar la columna hidrostática y la fricción en la tubería. Comenzando en la sección más distante a la ubicación de descarga de agua, el caliper en la línea deberá correr a través de cada uno de los tramos probados para devolver el agua a la fuente u otra ubicación de descarga identificada. El desplazamiento del agua será continua. Si por razones de emergencia, el procedimiento es detenido antes que la sección este completamente vacía, las válvulas en los extremos de cada tramo serán cerrados hasta que el vaciado se reinicie.

Cuando una sección está completamente vacía, el aire comprimido puede mantenerse como un reservorio para ser usado en la sección subsiguiente. El agua será purgada o drenada de la cavidad de los cuerpos de las válvulas de bloqueo, las válvulas de purga y las válvulas de trasbase de la línea (Ver Registro Fotográfico – Item 5)

#### **4.6.11. Montaje de las secciones probadas**

Al término de la operación de vaciado, los cabezales de prueba serán retirados por el Contratista y las secciones de tubería serán soldadas y unidas de acuerdo con especificaciones generales para soldadura de tubería.

Al término de toda la prueba el contratista rebislará todos los cabezales de prueba proporcionada por la Compañía y transportara los cabezales y otros materiales de prueba proporcionados por la compañía hacia los lugares de almacenamiento designados.

#### **4.6.12. Registro de Prueba Hidrostática**

El contratista mantendrá un registro amplio y completo de todas las pruebas hidrostáticas. Los registros serán fechados con precisión y estarán claramente identificados con respecto a la sección específica de la tubería a la cual se aplica. Los registros de prueba incluirán:

- Certificado de calibración de instrumento de prueba.
- Un registro escrito de todos los eventos que han ocurrido durante el período de prueba incluyendo los comentarios de todas las fugas y fallas y su reparación.
- Registros mostrando la lectura de presión de pesos muertos y temperatura ambiente, con la fecha y hora de cada lectura. Cada registro será firmado por el Contratista y Compañía.
- Perfil de la sección de prueba mostrando elevaciones y localización de puntos de prueba y de instrumentos.
- Partes de registro de presión y temperatura.
- Gráficos de rendimiento presión vs. volumen.
- Cálculo que respalden la validez de la prueba y



- Cartas de registro.

Lo siguiente será listado en la hoja de cada carta:

- Identificación de la secciones de prueba y los números de trabajo de la Compañía y Proyecto,
- El tiempo y fecha reales, y las iniciales de la persona que inicio la prueba.
- El tiempo y fecha reales, y las iniciales de la persona que retiro la carta.
- Las explicaciones de las discontinuidades de presión o temperatura que aparezcan en cualquiera de las cartas.

La siguiente información adicional será listada en la parte posterior de cada carta

- Nombre de la Compañía y número de trabajo.
- Identificación de la sección la prueba.
- Localización de la sección de prueba.
- Localización y elevación de sitio de prueba .
- Medio de prueba.
- Fecha de la prueba, duración y el valor mínimo de la presión alcanzada.
- Tamaño, espesor de pared, especificación de la tubería y longitud del tramo probado.
- Número de serie de los registradores y fechas de calibración.
- Número de serie y fecha de calibración de los probadores de peso muerto.
- Nombre y firma de la persona responsable por la prueba.

Los formatos de respaldo usados por el contratista para registrar datos de la prueba serán remitidos a la compañía para aprobación antes de la iniciación de cualquier actividad de la prueba.

#### **4.6.13. Comunicaciones**

El contratista proveerá y mantendrá una continua comunicación en los dos sentidos entre las bombas de llenado, las bombas de presión, el sitio de prueba o los puntos de medición y otros puntos importantes a lo largo de la porción de la línea que esta siendo llenada o probada. Equipos de comunicación estarán disponibles para ser usadas por la Compañía durante las pruebas.

#### **4.6.14. Fugas y fallas**

Si una sección en prueba falla durante la prueba, el Contratista rápidamente localizará el problema.

Toda la labor y materiales requeridos para reemplazar o reparar defectos causados por mano de obra, y/o materiales de calidad inferior proporcionados por el contratista, serán a cuenta de éste. El contratista será responsable por cualquier daño que ocurra como un resultado de las fallas causadas por mano de obra o materiales defectuosos proporcionados.

Toda el trabajo y materiales necesarios para reemplazar o reparar tuberías y otros materiales proporcionados por la Compañía que se prueben que son defectuosos serán pagados por la Compañía. El Contratista preparará y remitirá a la Compañía para aprobación hojas de tiempo diario con registro de todos los gastos relacionados al reemplazo de fugas y fallas.

Todas las fugas y fallas dentro de la pared de la tubería o en cordones longitudinales serán reparados mediante reemplazo de la totalidad de las juntas en las cuales la falla o fuga ocurra. Cuando la fuga se presente en cordones de soldadura circunferencial, el método de reparación será determinado por la Compañía.

El Contratista deberá transportar y acomodar todas las tuberías defectuosas o dañadas en las ubicaciones de almacenamiento designadas por la Compañía. Las características de las fallas serán anotadas, fisuras y roturas serán cubiertas mediante la aplicación de grasa y preservadas para uso posterior de la compañía para la investigación de la falla.

#### **4.6.15. Seguridad**

El contratista implantará medidas para mantener personas que no trabajen en la operación de la prueba lejos del área de la prueba. El contratista construirá barreras para restringir el acceso al área de la prueba. El contratista preparará un plan de la seguridad delineando las medidas de seguridad para aprobación por la Compañía antes del inicio de la prueba hidrostática. El plan de la seguridad contendrá las medida especificadas en los párrafos anteriores, identificación de cualquier estructura a ser levantada y contendrá detalles de la implantación de las medida de seguridad.

#### 4.7. Resultados de Prueba Hidrostática

##### REPORTE DE PRUEBA DE PRESION HIDROSTATICA

**Equipos :**

- Balanza de peso muerto
- Registrador Barton de presión
- Manómetro de 0-5000 psi
- Registrador Barton de temperatura
- Bomba de presión a 3000 psi
- Bomba de agua para llenado 120 psi / 8" Ø

**Fecha de prueba :** 16 / 10 / 95

##### **Resultados:**

Hora	Presión (psi)	Temperatura (°F)	Temp. amb. (°F)
10:00am	800	89	--
11:00am	815	98	--
12:00m	825	110	--
13:00pm	840	116	--
14:00pm	855	118	--
15:00pm	864	118	--
16:00pm	866	102	--
17:00pm	866	100	90.5
18:00pm	864	92	88
19:00pm	858.5	90	84
20:00pm	850.5	88	82
21:00pm	845	88	82
22:00pm	841	84	80
23:00pm	836	84	79
24:00hrs	831	82	75
01:00am	825.5	82	74
02:00am	821	82	74
03:00am	817	82	74
04:00am	814	82	74
05:00am	807.3	80	74
06:00am	800.3	80	76
07:00am	800.3	80	76
08:00am	798.3	84	78
09:00am	797.8	90	82
10:00am	800	100	88
11:00am	805	108	92

## **CAPITULO V**

### **FALLA PRESENTADA DURANTE LA REPARACION**

#### **DAÑOS PRESENTADOS Y TERMINO DEL CRUCE**

##### **5.1. Primer daño ocasionado a la tubería.**

Como habíamos comentado en el Capítulo II - PETROPERU reportó a fines de Setiembre de 1995, que durante el proceso de excavación para encontrar la tubería, una de las tablestacas, había golpeado el tubo, produciendo una abolladura en forma de "L" de 4 cm de profundidad, 8 cm. de ancho y 20 cm de largo. momento en que la supervisión general (GIE) y de soldadura (CSSA) viajan al cruce para definir las posibles soluciones.

La compañía CEFOISA nos proporcionó un informe de la situación con respecto al daño ocasionado a la tubería (Ver anexo).

Nos hicimos presente en el cruce el día 1° de Octubre de 1995, con la información disponible, se desarrollo un procedimiento de reparación , el cual consistió en:

- Inspeccionar visualmente el daño, actividad ha ser conducida por la supervisión general y el supervisor de soldadura para determinar si había alguna señal de entalladura y/o corte en la superficie del tubo.
- Sacar la abolladura mediante trabajo en frío, aplicando presión desde el interior del tubo usando una gata de gran capacidad (100 ton.) sobre soportes metálicos con la forma de la curvatura interna del tubo.

- Esmerilar el área exterior de la abolladura
- Limpiar el área interior afectada.
- Examinar el área interna y externa para verificar la presencia de grietas, usando la técnica de partículas magnéticas fosforescentes.
- Si no existiera evidencia de grietas superficiales, aplicar cordones de soldadura sobre el área dañada, perpendiculares al eje de la tubería.
- Limpiar la superficie y esmerilar el metal entre los pases de soldadura.
- Precalentar a 250 °F la superficie metálica, y mantenerla durante todo el proceso de soldadura.

Se realizó la visita de inspección con el fin de aplicar el procedimiento arriba descrito, cuando se nos informó que el revestimiento de Powercrete había sido retirado del área dañada, obteniendo lo siguiente:

- a) Los resultados de la inspección visual, así como los de partículas magnéticas fosforescente húmedas, no mostraron evidencia de entalles y grietas tanto en la parte exterior como interior del área dañada.
- b) Se procedió a montar los accesorios de enderezado y la prensa hidráulica de 100tn. Dentro del tubo, bajo el área de la abolladura para dar inicio a la deformación en frío (Ver Figura 73)\*. Se hicieron varios intentos con la prensa, luego se procedió a precalentar un área de 20cm de diámetro en la zona abollada para facilitar la deformación plástica (aproximadamente 400 °C). Sin embargo no se obtuvieron los resultados deseados.

Se revisó la prensa, encontrándose algunos desperfectos que no permitían dar la presión suficiente, razón por la que se suspendió el trabajo de reparación hasta que la Estación No 5 del Oleoducto (Saramiriza) nos proporcione otra prensa hidráulica en condiciones operativas adecuadas.

\* Figura 73 en Página 258.

- c) Dada la posición ocupada en el fondo de la excavación y ante a posible falla de una de las tres bombas de agua (para extracción de la filtración subterránea) se decidió colocar un tapón mecánico a la espera de repetir lo anterior pero con prensa hidráulica operativa.

## **5.2. Segundo daño a la tubería**

Mientras se esperaba el reemplazo de la prensa hidráulica que no funcionaba óptimamente, los soldadores responsables de la reparación a primera hora del día siguiente bajaron a la tubería a realizar una inspección del estado actual de ésta y verificar la altura de nivel de agua, para realizar preparativos de reparación, se dieron con la sorpresa de que la tubería había sufrido un nuevo daño. Realizada las investigaciones del caso se logró descubrir que el capataz del turno noche de CEFOISA decidió por cuenta propia reparar la abolladura usando una prensa hidráulica de 15tn., pero con el agravante de calentar al rojo el área dañada y finalmente enfriando la zona con agua.

El área de la abolladura fue nuevamente examinada, encontrándose que el cabezal (dado cilíndrico) de la prensa hidráulica había incrustado un diámetro de 1.1/2" en aproximadamente 1/16" de profundidad en la superficie metálica interna del tubo.

Se decidió realizar partículas magnéticas y metalografía por réplicas en la zona afectada nuevamente (Ver Figura 74)\*.

Los resultados de las pruebas de partículas magnéticas así como las de metalografía se pueden encontrar en el Apéndice.

Como resumen de ello podemos decir que la inspección por partículas magnéticas no evidencia presencia de fisuras en el interior y exterior y los resultados de metalografía en la zona interna muestra un defecto sustancial de crecimiento de grano

\* Figura 74 en Página 259.



Mientras se llevaba a cabo la inspección por partículas magnéticas y por réplicas metalográficas, se realizaron varios procedimientos de reparación, como alternativas, en función de resultados que se obtuvieran .

### **5.3. Procedimiento de reparación**

Como el trabajo de obtención de resultados de las réplicas demoraría, como mínimo cuatro (04) horas, nos reunimos con la supervisión general para preparar posibles alternativas de continuar con la salida de la tubería para dar continuidad a la operación del Oleoducto, es así que elaboraron cuatro procedimientos de reparación, que a continuación se indican.

#### **5.3.1. Primer procedimiento de reparación**

*Condición:* Si los resultados del análisis metalográficos son óptimos:

*Procedimiento:*

1. Hacer una cavidad, posterior a la posición de la tablaestaca, en forma de cuña a una distancia de ésta de 30cm aproximadamente, Ver Figura 76\*.
2. Rellenar la abolladura y la cuña generada en la tubería con la soldadura AWS E 8018 G de 1/8" de diámetro, en la secuencia que se indica en el esquema de la Figura 75.\*
3. Esmerilar a ras de la superficie interna y externa , especialmente en la exterior para permitir un buen contacto con el Capuchón a montar.
4. Colocar un Capuchón (medio tubo), de 60cm de longitud, centrado en la zona de la abolladura tal como se indica en el esquema.
5. Soldar el Capuchón a la tubería con soldadura AWS E 8018 G de 1/8" de diámetro.
6. Revisar toda la soldadura con partículas magnéticas.

\* Figuras 75 y 76 en Páginas 260 y 261 respectivamente.

### **5.3.2. Segundo procedimiento de reparación**

*Condición:* Si los resultados de los análisis metalográficos no son óptimos:

*Procedimiento:*

1. Hacer una cavidad, posterior a la posición de la tablaestaca, en forma de cuña a una distancia de ésta de 30cm aproximadamente, Ver esquema.
2. Rellenar la abolladura y la cuña generada en la tubería con la soldadura AWS E 8018 G de 1/8" de diámetro, en la secuencia del primer procedimiento.
3. Esmerilar a ras de la superficie interna y externa , especialmente en la exterior para permitir un buen contacto con el Capuchón a montar.
4. Colocar un Capuchón (medio tubo), de 60cm de longitud, al cual previamente se le realizará perforaciones adecuadas para adherirlo a la tubería con soldadura tipo tapón. Ver Figura 77.\*
5. Soldar el Capuchón lateralmente a la tubería con soldadura inicial.
6. Revisar toda la soldadura con partículas magnéticas.

### **5.3.3. Tercer procedimiento de reparación**

*Condición:* Si los resultados de los análisis metalográficos no son óptimos

*Procedimiento:*

1. Hacer una cavidad, posterior a la posición de la tablaestaca, en forma de cuña a una distancia de ésta de 40cm aproximadamente y desde una altura de 50cm.
2. Colocar un Capuchón (medio tubo), como en el caso del primer procedimiento de reparación. Ver Figura 76\*.
3. Montar un anillo metálico, para posteriormente rellenarlo con concreto a presión (Ver Figura 78)\*.

\* Figuras 76 , 77 y 78 en Páginas 261 , 262 y 263 respectivamente.

#### **5.3.4. Cuarto procedimiento de reparación**

*Condición:* Si los resultados de los análisis metalográficos no son óptimos:

Procedimiento:

1. Hacer una cavidad, posterior a la posición de la tablaestaca, en forma de cuña a una distancia de ésta de 60cm aproximadamente de la zona de corte.
2. Cortar la tubería detrás de la abolladura y preparar bisel.
3. Cortar y preparar biseles en un niple de 24" de diámetro y 48" de longitud.
4. Bajar el nivel del piso, después del corte para dar facilidad de maniobra a la hora de soldar por la parte inferior.
5. Soldar el niple a la tubería e inspeccionar, primero visualmente tanto externa como internamente y después radiografiar. Ver Figura 79.\*
6. Para la colocación del niple se a tomado como referencia la Norma ANSI-ASME B31.4 –Capitulo Reparación de tuberías "En general la longitud del niple debe ser como mínimo 1.5D"

#### **5.4. Decisión final**

Reunida la supervisión, los representantes de PETROLEOS DEL PERU S.A. y ARB con los resultados de inspección de las réplicas metalográficas y los probables procedimientos de reparación se tomó la decisión de optar por el cuarto procedimiento, es decir colocar un niple nuevo en reemplazo de la porción de tubería dañada. El argumento más contundente fue que el daño ocasionado podría generar problemas a corto tiempo y este tramo se ubicaba a 16m. de profundidad con los inconvenientes de posible reparación . Por lo tanto se colocaría un niple de 24" de diámetro, 0.525" de espesor y 4' de largo, lo que facilitaría el proceso de

\* Figura 79 en Página 263.

soldadura y posibles conexiones por las dificultades que se presentaban en la zona.

Se solicito a CEFOISA construir una bóveda de 60cm. mínimo hacia atrás del punto de corte que permitiera la unión del niple y así mismo cubrir todas las zonas de filtración de agua con planchas y bentonita, para evitar el contacto directo de ésta con la soldadura a ejecutar.

Cuando se tuvo preparada la bóveda y la protección solicitada, se procedió a cortar, preparar bisel y soldar el niple, consiguiendo autorización de la supervisión para soldar el niple por dentro, si fuera necesario.

Es así que después de la inspección visual se detecto falta de penetración debido a las dificultades de montaje y alineamiento del niple al varillón, procediendo a su reparación por la parte interna.

Concluidas las reparaciones, previa inspección visual se procedió a tomar placas, resultando con discontinuidades aceptadas por la norma en uso, (API 1104 - Sección 6), quedando expedita la tubería para su salida hacia el exterior.

### **5.5. Continuación del cruce**

Terminada la soldadura del niple y aceptados los resultados radiográficos se decidió continuar al siguiente día con la salida hacia el exterior para empalmar con la tubería montada en la margen derecha (MD), de acuerdo con el Registro Fotográfico – Ítem 11, montando inicialmente un tubo de 24” de diámetro , 0.525” de espesor y 16’ de longitud con un ángulo de 18°. Para poder completar el montaje de tubos en el interior del tablestacado se tuvo que remover algunos arriostres de éste , que interferían con la ruta de salida. En las Figuras 80, 81, 82, 83, 84 y 85\* adjuntas se puede apreciar los bosquejos planteados para la salida y el resultado final como consecuencia del niple y de la disposición de arriostres. Es

\* Figuras 80, 81, 82, 83, 84 y 85 en Páginas 264, 265, 266, 267, 268 y 269 respectivamente.

así que el día 13 de Octubre de 1995, se completó la salida de la tubería dentro de la excavación protegida, continuando con el montaje de tubos hasta empalmar con la válvula de la margen derecha (Ver Registro Fotográfico – Item 11)

La soldadura final para terminar el tramo del cruce se completó, radiografió y aceptó el 14 de Enero de 1995 (Ver Registro Fotográfico – Items 12 y 13)

#### **5.5.1. Prueba hidrostática y lanzamiento de Caliper**

El 14 de Octubre se inician las preparaciones para la prueba hidrostática de la línea entre la margen izquierda y la margen derecha en zonas correspondientes a la unión a la línea del Oleoducto Nor Peruano de material 24" OD, 0.250" esp. API X 52, se hicieron los cálculos en los que se consideraba la reducción del espesor de la pared del tubo, y para la aplicación de una presión de prueba del 90% de la resistencia mínima elástica del material (SMYS).

La presión máxima de prueba calculada fue de 900 psig. Debido a que la prueba se llevaría a cabo durante el día, se ajusta la presión a 800 psig para asegurar que cualquier aumento por variación de temperatura no la eleve sobre los 900psig.

El llenado del tramo del cruce del río, se inicio bombeando agua desde el canal de flotación de la margen izquierda, y lanzando un caliper de llenado con un plato de calibración de aluminio de diámetro equivalente al 97% del ID para la tubería de 0.525" espesor y del 95% del ID para la tubería de 0.250" espesor, colocando éste en el cabezal de prueba en la margen izquierda y en la margen derecha se colocó otro cabezal con accesorio de recepción del caliper y de venteo de la línea. Esa misma noche se detectó la llegada del caliper en el cabezal de la margen izquierda y seguidamente se inicio la presurización y venteo de la línea. A las 10:00am. del 16 de Octubre, la línea estaba venteada y presurizada. Se inicio la prueba con una presión de 800 psig y con una temperatura de 89 °F, la presión

aumentó hasta 866 psig. debido al incremento de la temperatura del fluido y de la temperatura ambiental. Al día siguiente a las 11:00am., con una presión de 805psig y una temperatura del fluido de 108 °F se completó y consideró satisfactoria la prueba hidrostática.

#### **5.5.1.1 El Caliper de Prueba**

Al término de la prueba hidrostática y después de despresurizar la línea, se cortó el cabezal de prueba en la margen derecha, y se removió el caliper de llenado con plato calibrador.

El plato fue examinado, encontrándose algunas marcas debido a la fricción en la curva de los tubos y al contacto con los cordones de raíz de las juntas, tomando en cuenta que el 90% del recorrido de la línea fue en tubería de 24" OD y 0.525" espesor, el plato correspondió al 97% del ID. Por tanto no se encontró evidencia de deformaciones en el tubo y fue considerada satisfactoria la prueba. (Ver Figura 86). \*

#### **5.6. Empalme del Oleoducto**

Después de aceptada la prueba hidrostática y la referencia del plato calibrador, se notificó al Jefe de la Estación en sitio que la Línea estaba lista para el empalme y que podían comenzar los preparativos par el drenaje del crudo atrapado en los puntos bajos más cercanos en el Oleoducto. El 19 de Octubre, se iniciaron los trabajos de empalme al Oleoducto en la margen derecha, haciendo uso de un cortador en frío. Se introdujo en la línea del Oleoducto un caliper de poliuretano (poly-pig) e inmediatamente un tapón de Bentonita. Ese mismo día se limpió la zona, se alinearon las tuberías, se soldó y radiografió la junta, dándose por aceptada la radiografía se procedió al pintado de protección e inmersión en el canal

\* Figura 86 en Página 270.

correspondiente. Se procedió a la remoción de equipos, material y personal trasladándose a la margen izquierda.

Se espero dos días en dicha margen hasta que personal de PETROPERU drenará la línea del oleoducto y limpiará la zona por el derrame que se había producido.

Es así que, una vez dadas las condiciones para trabajar en caliente, nos cedieron la línea del Oleoducto en la margen izquierda para proceder al empalme final correspondiente. La realización de este empalme presentó muchas dificultades para insertar el caliper de poliuretano (poly-pig) ya que el ancho del canal era mayor que el de la margen derecha y no fue posible usar maquinarias, tales como tractor, side boom, etc., Se tuvo que introducir manualmente, ingresado el poly-pig, se relleno con Bentonita, se procedió a alinear las dos tuberías, se ejecuto la soldadura y se radiografió; aceptándose las radiografías se dio por concluido el cruce; se procedió a aplicar la pintura de protección e inmersión del conjunto en el lecho del canal ( Ver Figura 87).\*

El día 22 de Octubre, el grupo de operaciones de PETROPERU abrió la válvula de bloqueo en el K240 y se reinicio el bombeo de crudo desde la Estación 1 Saramuro hasta la Estación 5 Saramiriza. El crudo llegó a la Estación 5 a las 12:45hrs., hora local, después de más de un año de haberse interrumpido la continuidad del proceso, se reanudan las operaciones normales sin la necesidad de transportar crudo en chatas a través de las márgenes del Río Marañon.

\* Figura 87 en Página 271.



### **5.7. Instalación de Anodos de Sacrificio**

El 22 de Octubre, se inició el montaje de seis (06) ánodos de aluminio, tres (03) en cada margen a una distancia no menor de 40' próxima entre ellos (ver Figura 88)\*, por recomendaciones de la supervisión general. El montaje se realizó en las medidas de las posibilidades, tratando de mantener esas distancias, obteniéndose una distribución como la que se observa en los gráficos. Las uniones de los cables entre ánodos y tuberías se realizaron por unión Cadweld permitiendo contactos óptimos y posteriormente se montaron las cajas terminales de potenciales dentro del espacio entre las mallas de seguridad de las válvulas y ejecutándose el montaje eléctrico en ellas. Se procedió a la medición de potenciales para definir si ésta se encontraba en los valores de protección -0,850 volts. Las recomendaciones del caso se aprecian en el informe de medición de potenciales adjunto (ver Apéndice) . Se cubrieron las excavaciones y se procedió a la limpieza de toda la zona para iniciar la etapa de reforestación (Ver Registro Fotográfico – Items 15 y 16).

\* Figura 88 en Página 272.

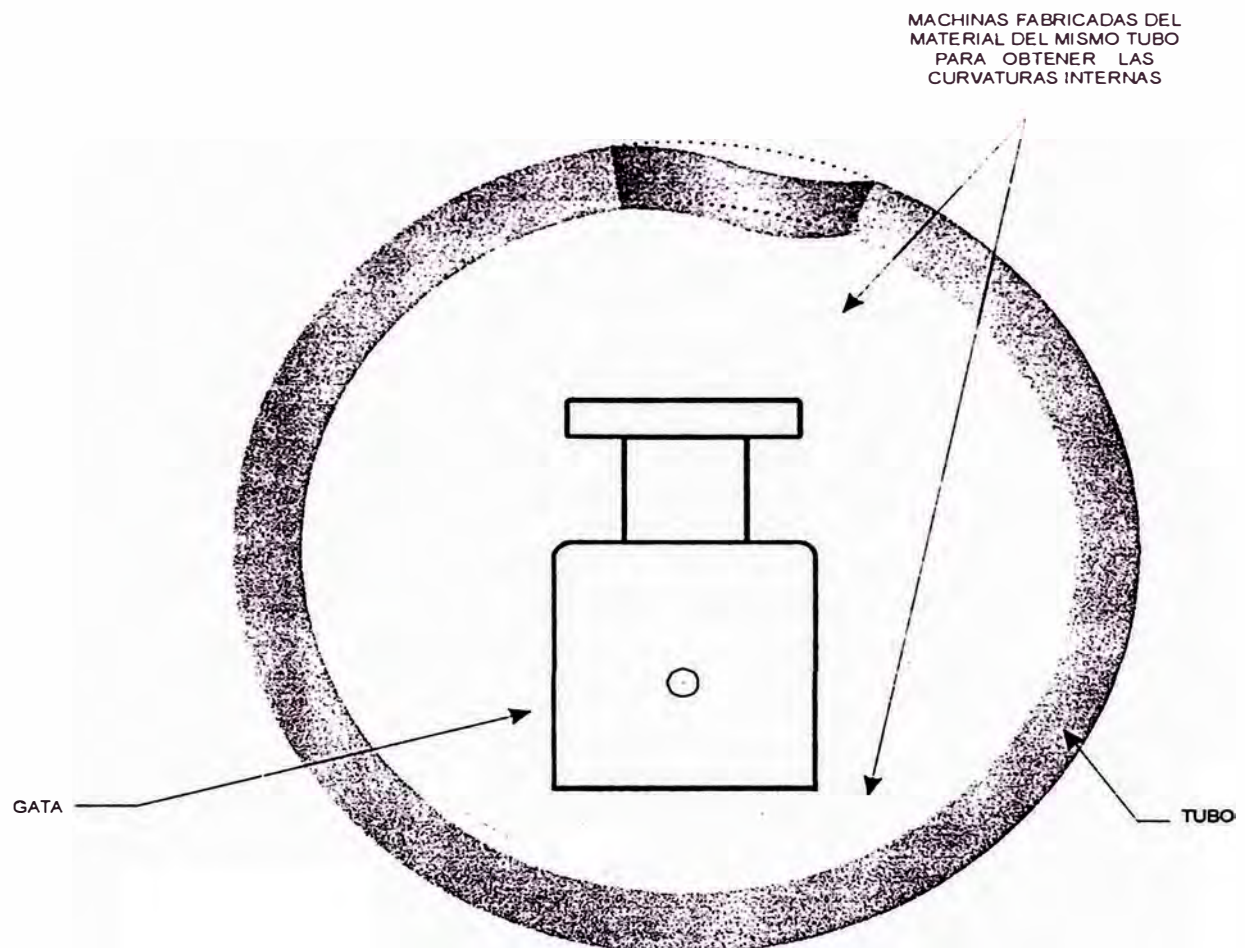


Figura 73 – Esquema de montaje de gata para enderezar deformación

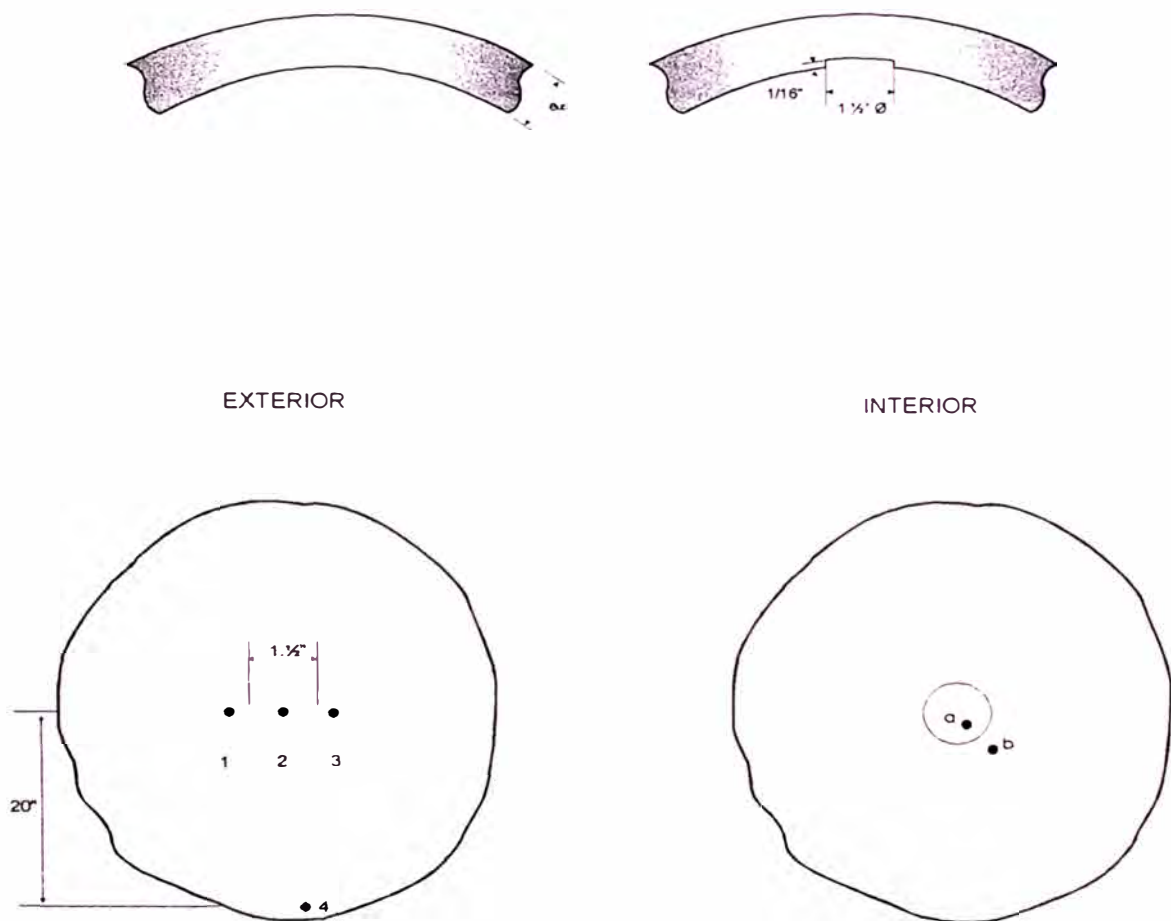


Figura 74 – Esquema del segundo año ocasionado en el interior de la tubería .  
Los puntos indican las zonas de análisis metalográfico

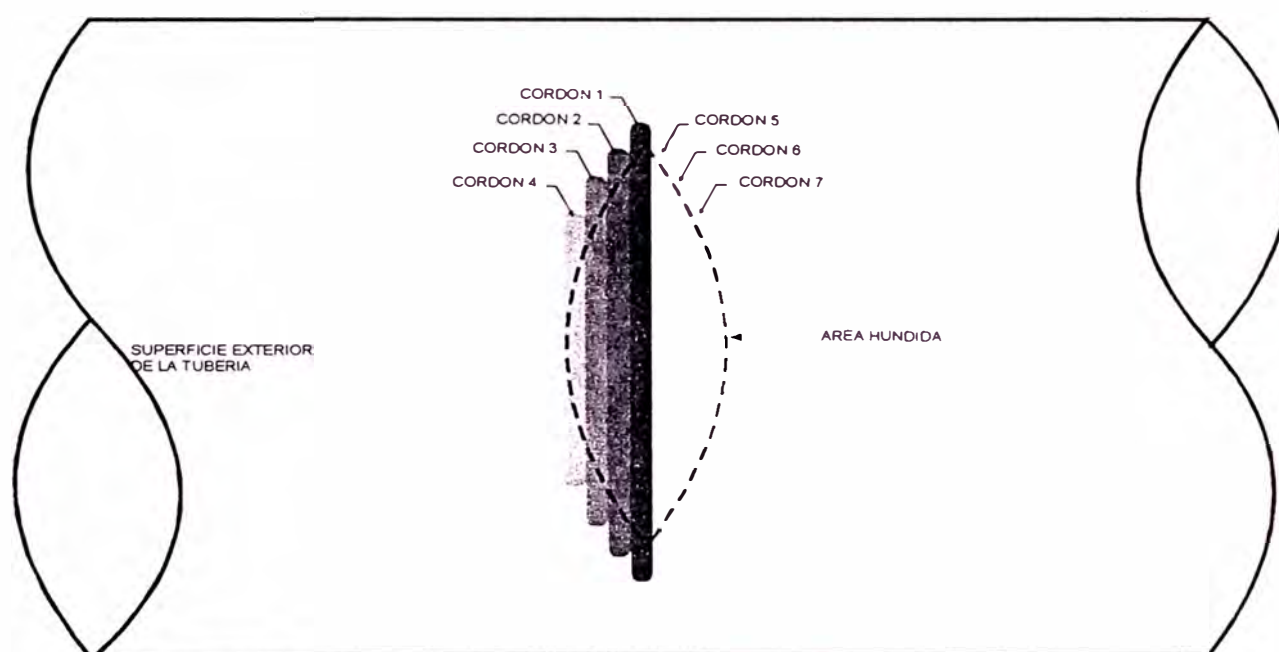
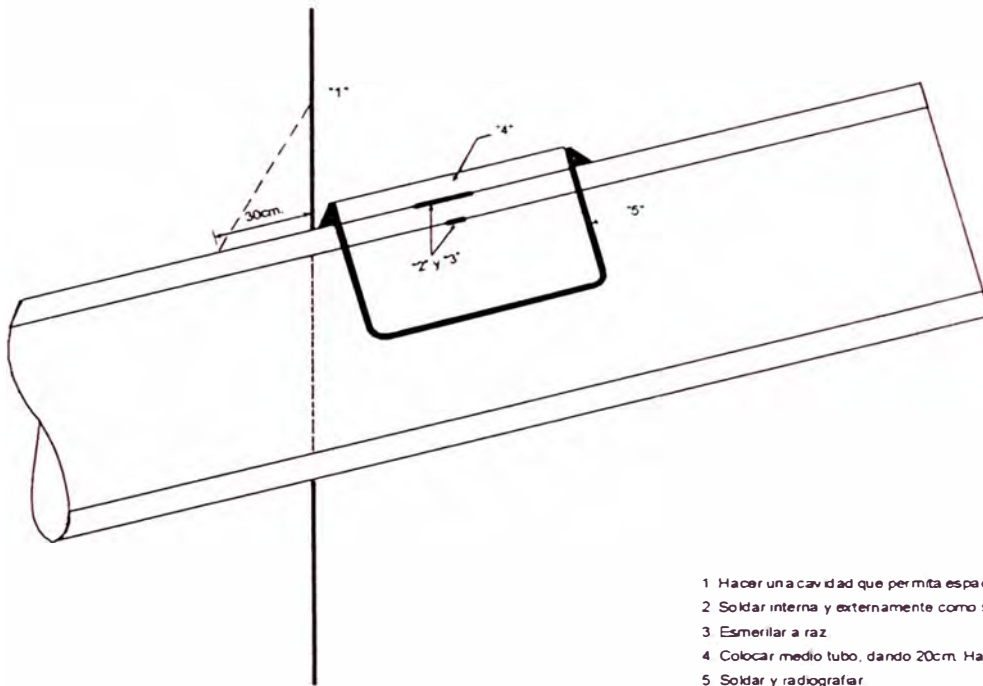


Figura 75 – Esquema del relleno en área hundida



- 1 Hacer una cavidad que permita espacio y se selle el paso de agua
- 2 Soldar interna y externamente como se indica en el esquema inferior
- 3 Esmerilar a raz
- 4 Colocar medio tubo, dando 20cm. Hacia ambos lados del defecto
- 5 Soldar y radiografiar

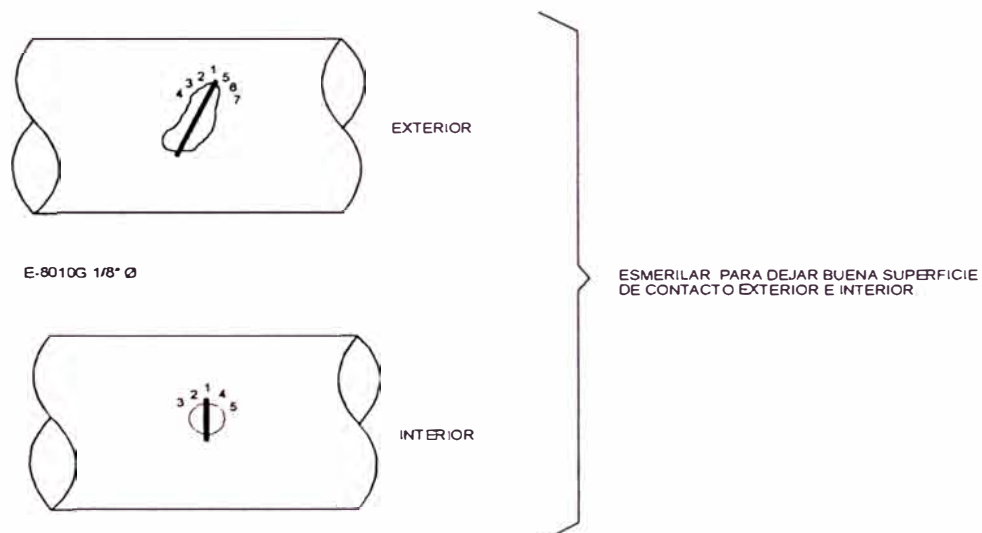


Figura 76 – Primer procedimiento de reparación

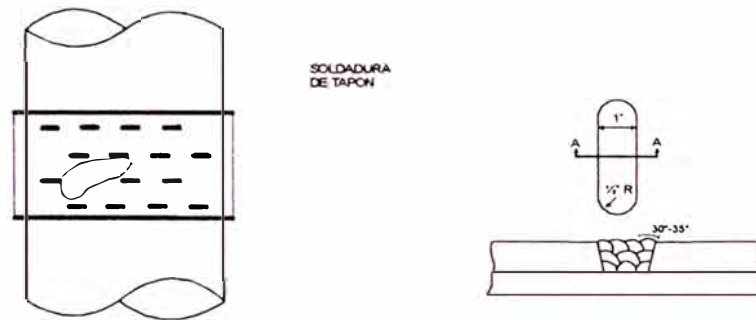
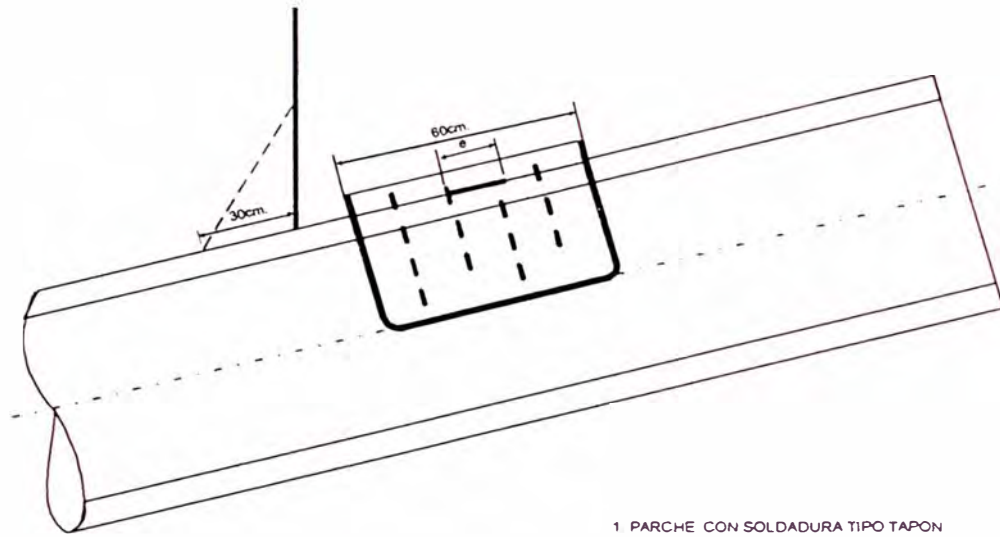


Figura 77 – Segundo procedimiento de reparación

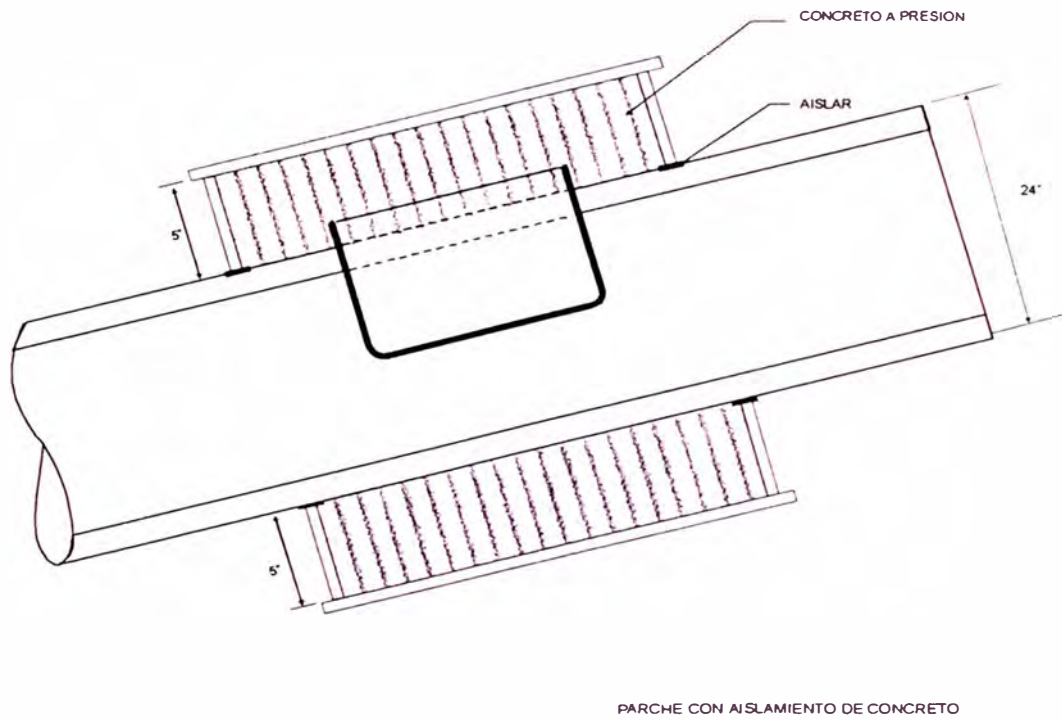


Figura 78 – Tercer procedimiento de reparación

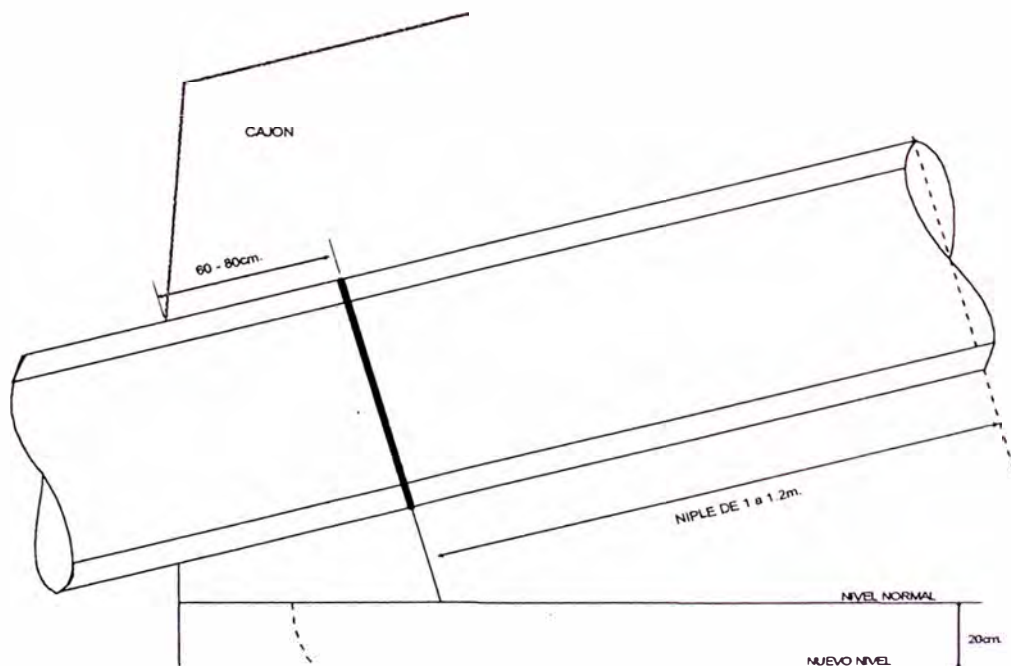
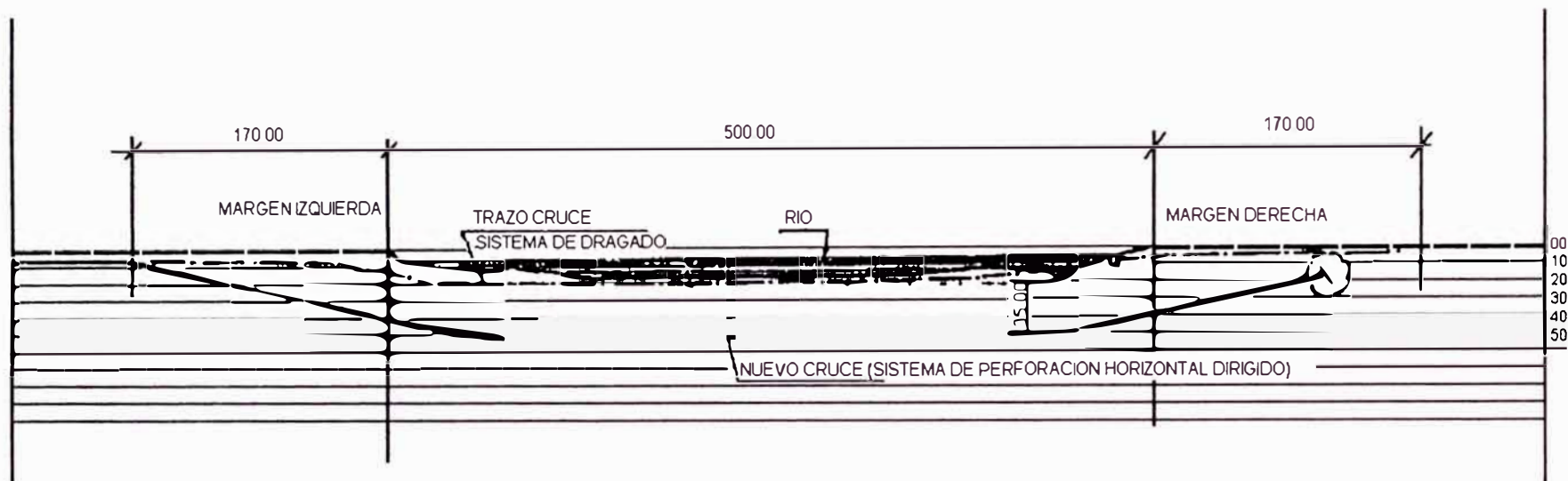


Figura 79 – Cuarto procedimiento de reparación



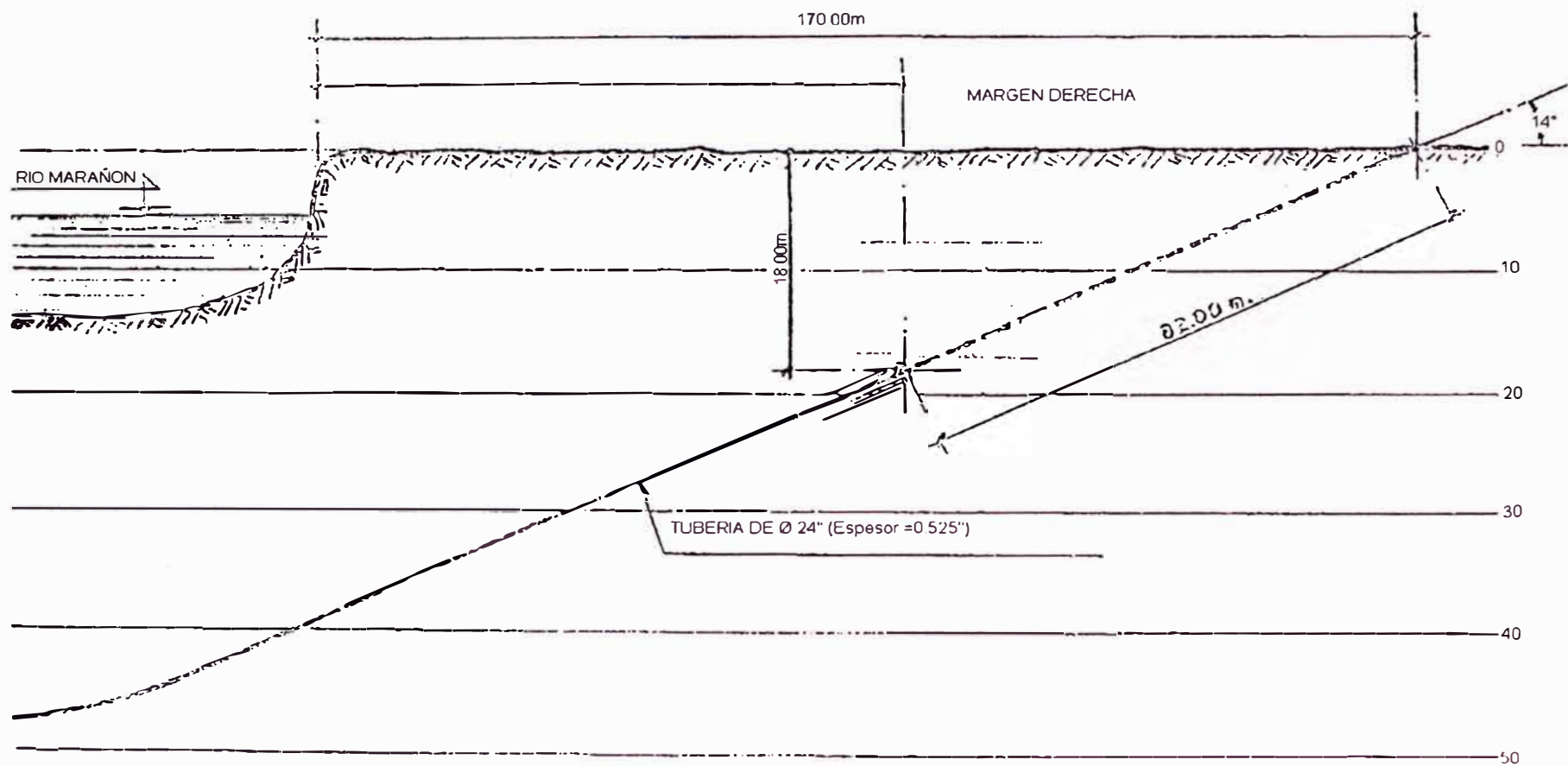
## OLEODUCTO NORPERUANO (KM285)



### ESQUEMA EL NUEVO CRUCE SUBFLUVAL DEL RIO UBICACION FINAL ACTUAL DE TUBERIA

DISTANCIA PROYECTADA : HORIZONTAL = 32.0m  
VERTICAL = 18.0m  
PASARON 64 TUBOS DE UN TOTAL DE 70 TUBOS (40' c/u)

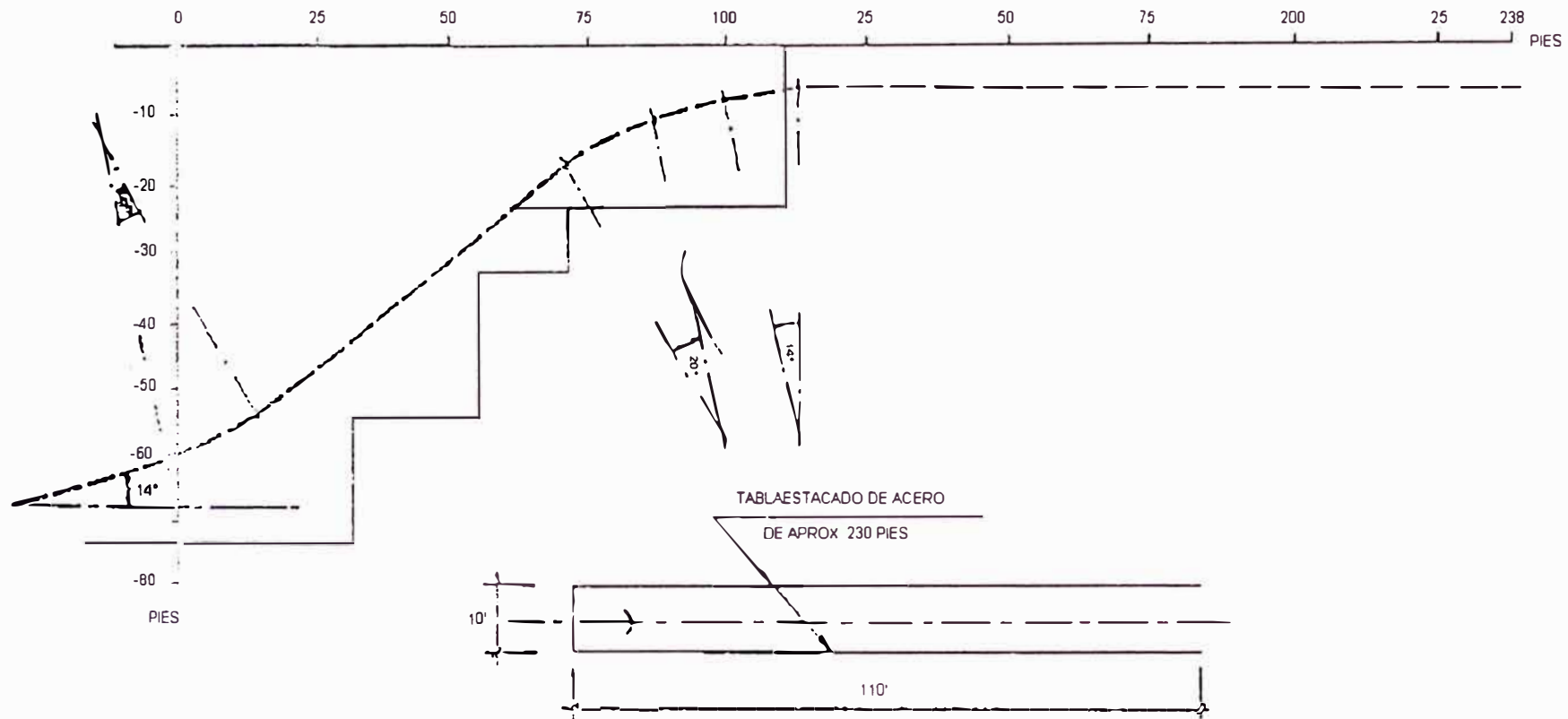
Gráfico 80 – Punto de ruptura inicial, durante el cruce del Varillón.



UBICACION ACTUAL DE TUBERIA MARGEN DERECHA  
CRUCE SUBFLUVIAL DEL RIO MARAÑON

Gráfico 81 – Zona de ubicación de tubería fallada por Tablaestacado.

# OLEODUCTO NORPERUANO (KM 285)



SOLUCION PROPUESTA EN ESTUDIO - EXCAVACION TABLAESTACADO

NOTA: LAS CURVAS SON TRABAJADAS EN OBRA CON UN RADIO DE 86'

Gráfico 82 – Propuesta para salir del punto, por Tablaestacado

# OLEODUCTO NORPERUANO (KM 285)

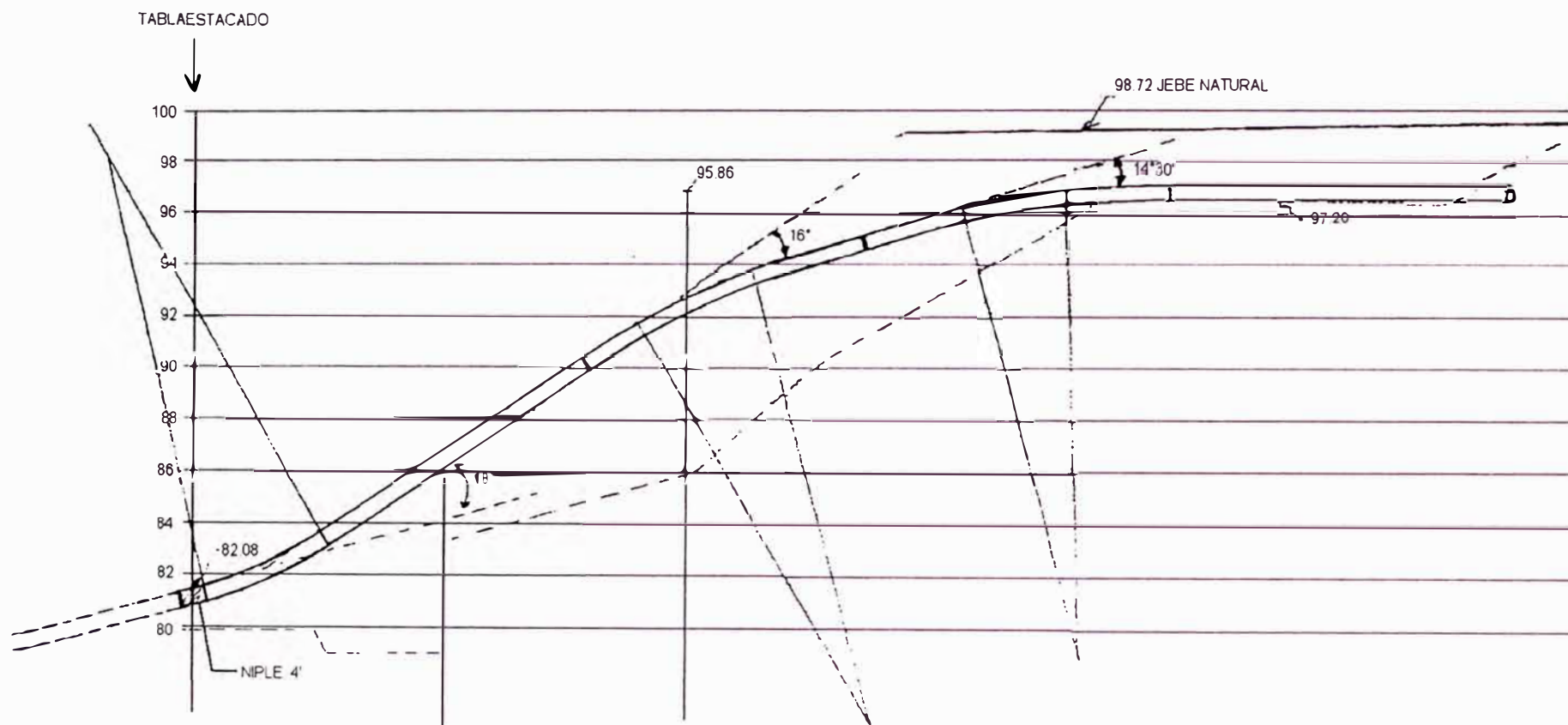
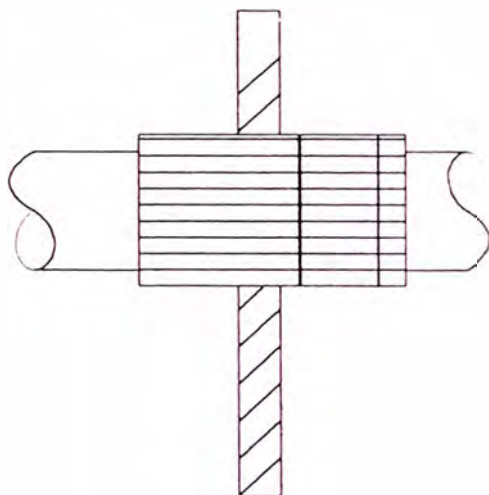
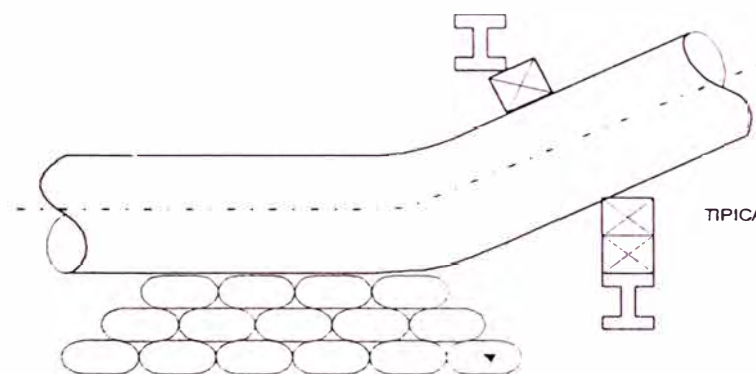


Gráfico 83 – Montaje de tuberías, desde el Niple hasta la salida del Tablaestacado

PROTECCION Y SOPORTES DE TUBERIA  
DENTRO DE LA ESTRUCTURA  
EN LA EXCAVACION

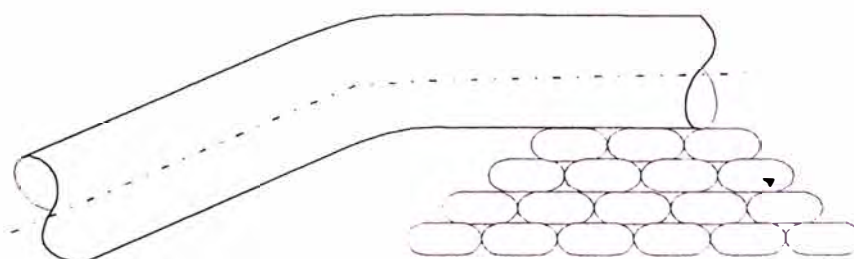


TIPICA PARA ATRAVEZAR PAREDES



TIPICA ENTRE ESTRUCTURAS Y FONDO

SACOS DE  
ARENA



SACOS DE  
ARENA

TIPICA A LA SALIDA

Figura 84 – Sistemas de protección para la tubería en el interior del tablaestacado

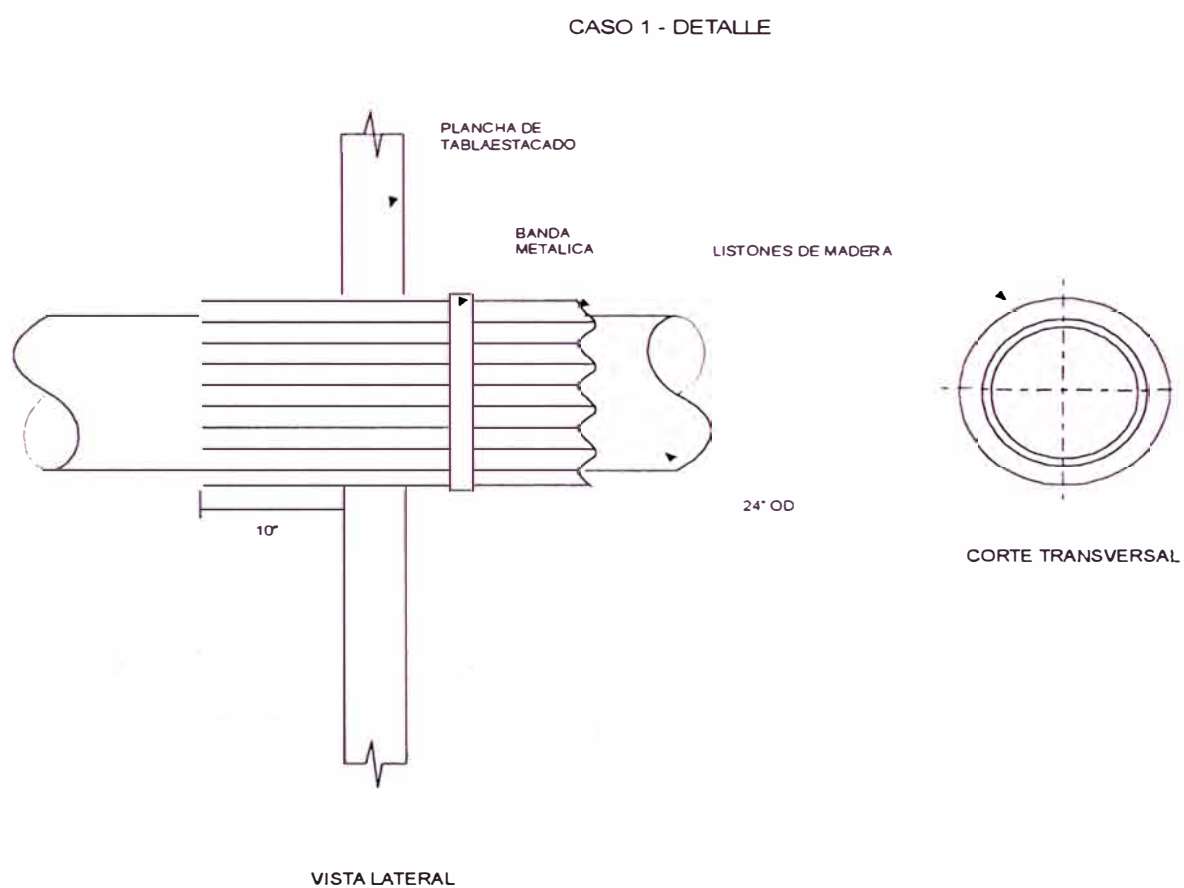


Figura 85 – Detalle del montaje de listones en madera para el Caso 1

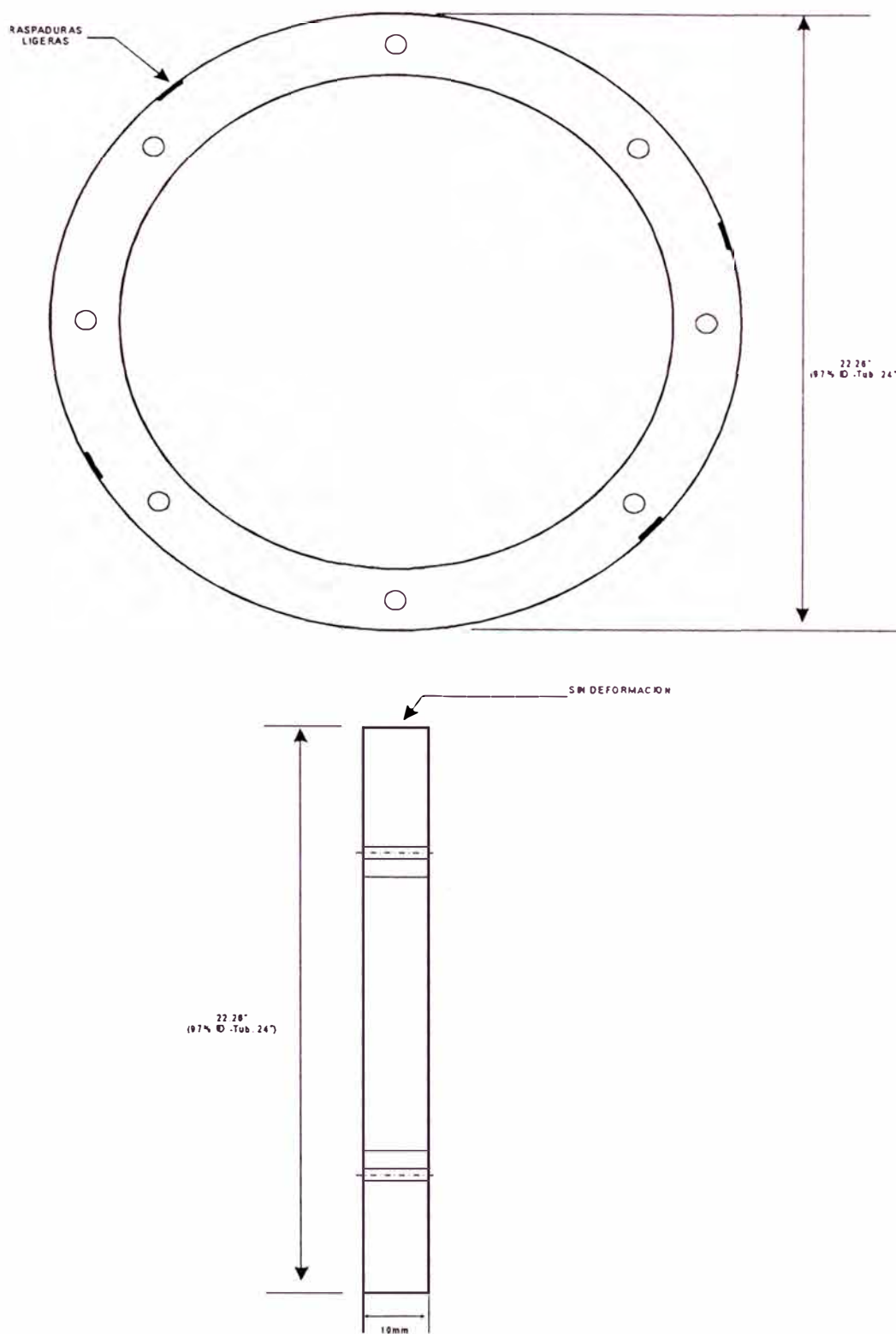


Figura 86 – Esquema del Caliper



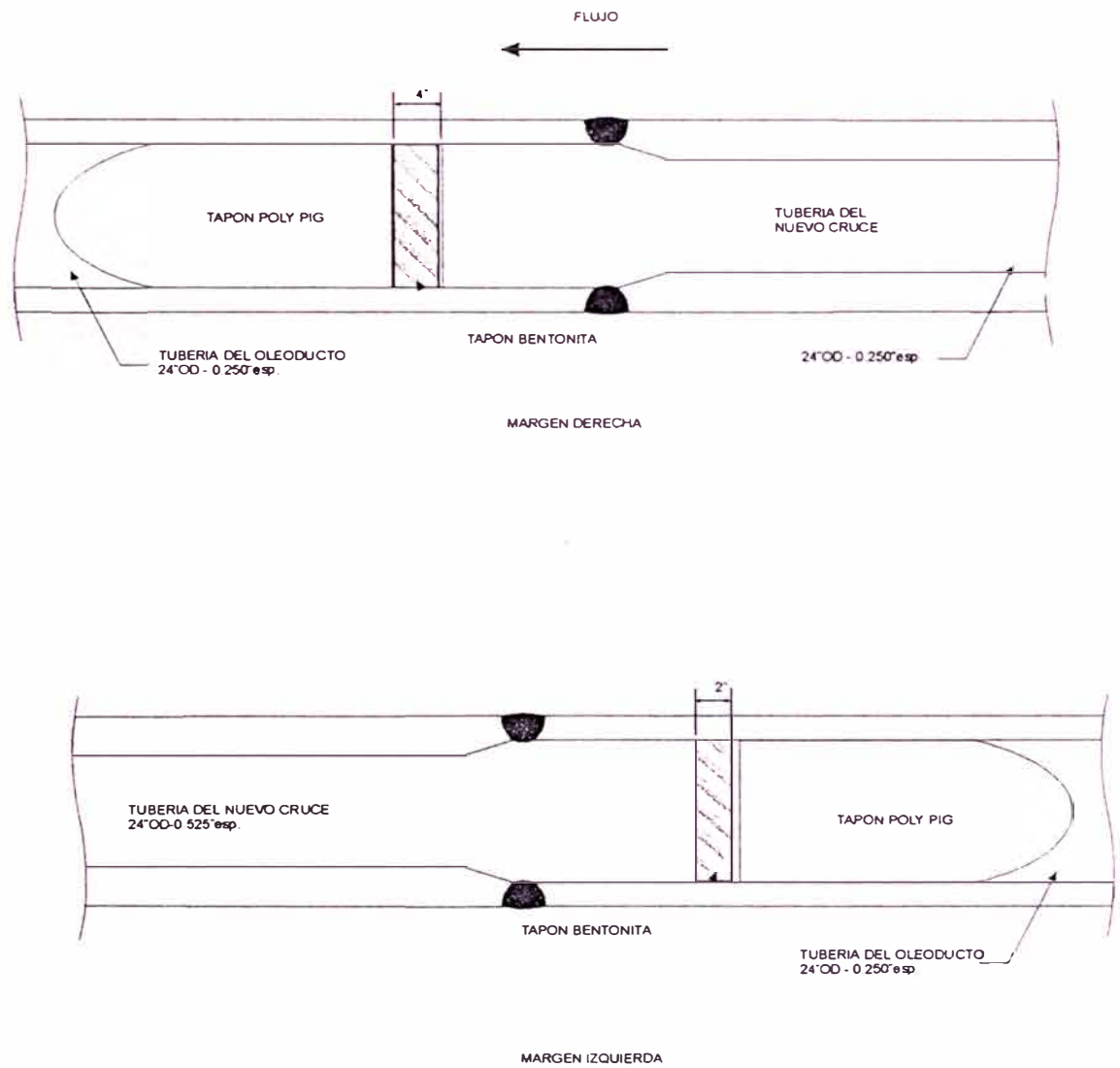


Figura 87 – Esquema demontaje de Poly-Pig en ambas margenes

## DETALLE TIPICO DE UBICACION DE VALVULA

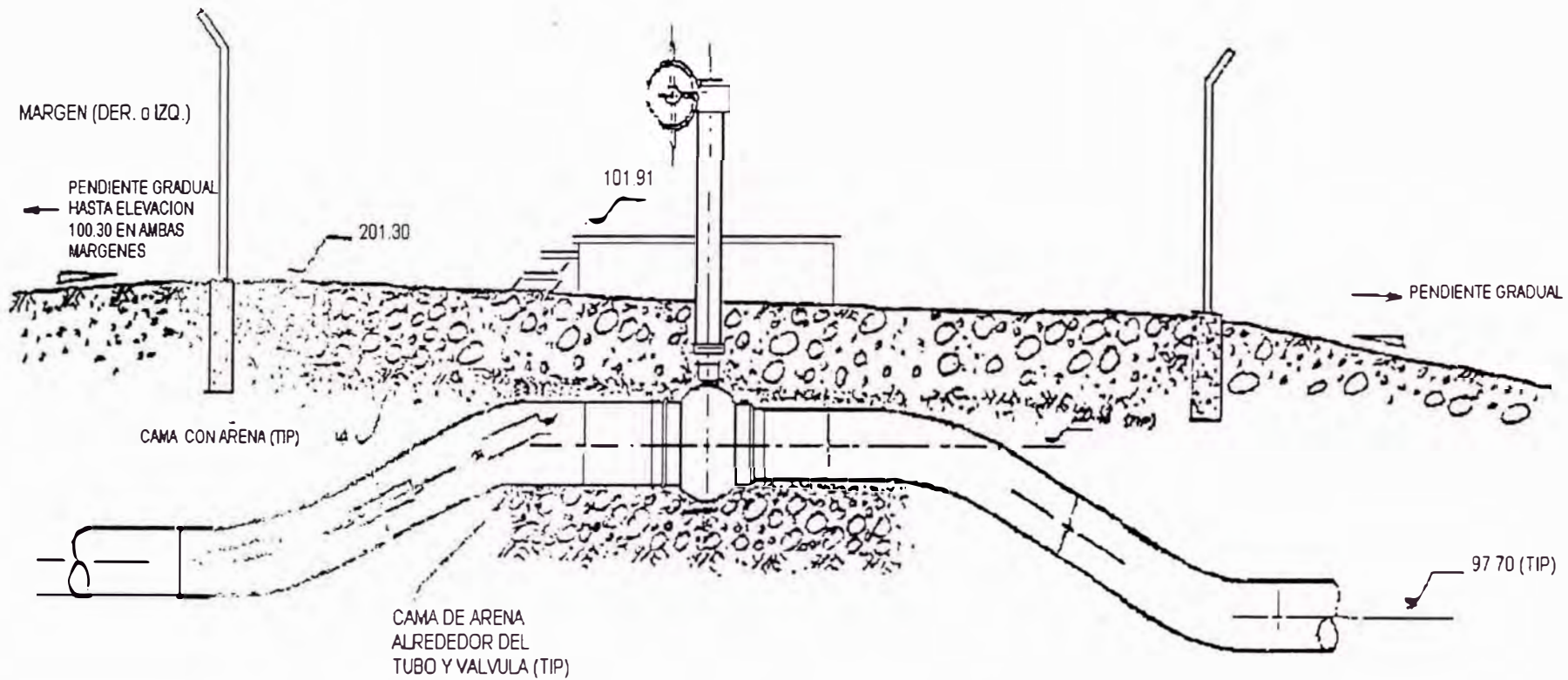


Gráfico 88 – Esquema planteado de ubicación de ánodos en zonas de Válvula

### PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Item	Actividades	Fecha de ejecución	Observaciones
1.	Calificación de soldadores.	27.09.94 al 30.09.94	-
2.	Fabricación del Varillón principal.	08.10.94 al 19.10.94	-
3.	Prueba hidrostática del Varillón.	20.10.94 al 02.11.94	-
4.	Montaje en margen derecha del río (desde válvula hasta línea paralela a tubería de Oleoducto).	10.11.94 al 04.12.94	-
5.	Perforación dirigida.	10.10.94 al 28.01.95	-
6.	Montaje en margen izquierda del río (desde ingreso de Varillón hasta línea paralela a tubería de Oleoducto)	06.02.95 al 08.02.95	-
7.	Halado del Varillón por la perforación de 36" Ø.	29.01.95 al 14.02.95	<i>Falla – Se rompe el pin de pasador guía de la tubería quedando la tubería a 80m de la margen del río y a 17.5m. de profundidad.</i>
8.	Tablaestacado para ubicación de los pasadores del pin de arrastre.	26.02.95 al 02.10.95	-
9.	Salida del Tablaestacado.	09.10.95 al 13.10.95	<i>Con empalme a válvula en margen derecha.</i>
10.	Prueba hidrostática.	16.10.95 al 17.10.95	-
11.	Cierre en ambas márgenes.	19.10.95 20.10.95	<i>Margen derecha. Margen izquierda.</i>
12.	Montaje de ánodos y medición de potenciales.	24.10.95	<i>Término de Obra.</i>

## **CONCLUSIONES**

1. El proceso de soldadura por arco eléctrico manual presenta muchas variables de soldeo a ser manejadas por el soldador, razón por la que la ejecución de un proceso de esta naturaleza necesita de un Procedimiento de Soldadura (WPS), de la Calificación del Procedimiento (PQR) y de la Calificación de Soldadores, para permitir asegurar que calidad de los depósitos satisfacerán los requisitos de las Normas y/o Códigos.
2. Si bien es cierto la Calificación del proceso y de los soldadores es un paso importante para asegurar la calidad del depósito , es también cierto que pueden presentarse en el proceso de soldadura discontinuidades que deben controlarse y por ello es necesario aplicar ensayos no destructivos y en este caso específico la inspección visual y la radiografía industrial realizadas de acuerdo a procedimientos establecidos en Normas y/o Códigos que calificarán estas discontinuidades y nos permitirá controlar la calidad de los depósitos
3. Como se ha podido observar durante los controles de inspección visual y de radiografía, se ha corregido toda discontinuidad convertida en defecto pero en la zona soldada o en el depósito de la soldadura. Sin embargo ninguno de estos procesos nos permite controlar si el ciclo térmico al que ha estado sometido el material ha afectado a éste. Por esta razón se

exige la ejecución de la prueba hidrostática, como medio para poder evaluar todos los defectos generados por el proceso.

4. Todo proceso de soldadura genera algún tipo de discontinuidad inherente al proceso . Sin embargo solo las Normas y/o Códigos establecen los criterios en que estas discontinuidades se traducen en defectos y por tanto recién en este momento se toma la decisión de *REPARACIÓN*.

5. Con respecto a los daños ocasionados a la tubería y el procedimiento de reparación aprobado, es importante concluir que se adoptó este procedimiento para facilitar la continuidad operativa en vista de la posición de la reparación y de los efectos que pudiera ocasionar el daño a la tubería.

6. El costo de la operación para la reparación en el cruce del río fue aproximadamente el siguiente:

Costo de trasvase por chatas entre margen

izquierda y derecha: US.\$ 18'000,000.00

Costo de la perforación dirigida y montaje

total de la tubería (ARB Inc.) US.\$ 6'578,000.00

Costo de excavación protegida (CEFOISA) US.\$ 2'750,000.00

**Total** **US.\$ 27'328,000.00**

7. En Octubre de 1999 se realizó la primera inspección con un "pig" electrónico para definir el estado de la tubería en todo su recorrido, desde Saramuro hasta Saramiriza, la zona del cruce se encuentra en óptimas condiciones y no existe deformación de la tubería.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- (1) American Petroleum Institute, Welding of Pipelines and related facilities, ANSI-API STD 1104, Eighteenth Edition, May 1994.  
(Technical Standards Services International, 1994)
- (2) American Petroleum Institute, Pipeline Maintenance Welding Practices , ANSI-API RP 1107-1992, Third Edition, April 1991  
(Technical Standard Services International, 1992).
- (3) American Society of Mechanical Engineers, Pipeline Transportation Systems for liquid hydrocarbons and others liquids, ASME B31.4., Edition 1994.
- (4) American Society of Mechanical Engineers, ASME Boiler and Pressure Vessel Code – Section VIII, Division 1, Rules for construction of pressure vessels  
ANSI –ASME BPV VIII.1, Edition 1982.
- (5) American Society of Mechanical Engineers, ASME Boiler and Pressure Vessel Code- Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and brazing operators, ASME BPV-IX, Edition 1992.
- (6) American Society of Mechanical Engineers, ASME Boiler and Pressure Vessel Code- Section V, Non destructive examination ASME BPV-V, Edition 1992.
- (7) Gulf Interstate Engineering, Oleoducto Nor-Peruano-Marañon River Crossing, Job specification for general pipeline welding - Specification SP-P-778-03,1994  
(Houston –Texas), PETROLEOS DEL PERU.
- (8) Lincoln Electric Company, The procedure handbook of Arc Welding - Thirteenth, Edition 1994.
- (9) - Larce de Paula Nunes / Alfredo Carlos O. Lobo – Pintura Industrial  
Na Proteção Anticorrosiva - Livrus Técnicos e Científicos Editora ,Edición 1990

## **REGISTRO FOTOGRAFICO**



## **REGISTRO FOTOGRAFICO**

1. ZONA DE TRABAJO.....	Foto 1 a Foto 9
2. EQUIPO DE PERFORACIÓN.....	Foto 10 a Foto 17
3. SOLDADURA DE VARILLON.....	Foto 18 a Foto 73
4. EQUIPO DE ARENADO Y PINTADO .....	Foto 74 a Foto 100
5. TIPOS DE PIGS.....	Foto 101 a Foto 102
6. PREPARACIÓN Y ARMADO DE LOS CABEZALES PARA PRUEBA HIDROSTATICA DEL VARILLON.....	Foto 103 a Foto 122
7. PRUEBA HIDROSTATICA DEL VARILLON.....	Foto 123 a Foto 143
8. TABLAESTACADO Y FALLA PRESENTADA.....	Foto 144 a Foto 168
9. MONTAJE DE TUBERÍA HACIA MARGEN IZQUIERDA.....	Foto 169 a Foto 192
10. EL EQUIPO DE DOBLADO.....	Foto 193 a Foto 197
11. SALIDA DEL TABLAESTACADO A VÁLVULA EN MARGEN DERECHA.....	Foto 198 a Foto 215
12. UNION EN LA MARGEN DERECHA .....	Foto 216 a Foto 225
13. UNION EN LA MARGEN IZQUIERDA.....	Foto 226 a Foto 240
14. PRUEBA HIDROSTATICA FINAL.....	Foto 241 a Foto 250
15. RELLENO DE LA EXCAVACIÓN POR TABLAESTACADO.....	Foto 251 a Foto 258
16. COLOCACIÓN DE ANODOS Y MEDICION DE POTENCIALES.....	Foto 259 a Foto 267

## **1. ZONA DE TRABAJO**



Foto 1 – Vista de margen izquierda  
Zona de trabajo y campamento de obreros



Foto 2 – Algunas casa en la margen izquierda  
Zona conocida como 28 de Julio



Foto 3 – Vía de movilización entre las márgenes y Saramiriza



Foto 4 – Poblado 28 de Julio en la zona de trabajo





Foto 5 – Campamento de trabajadores en margen izquierda

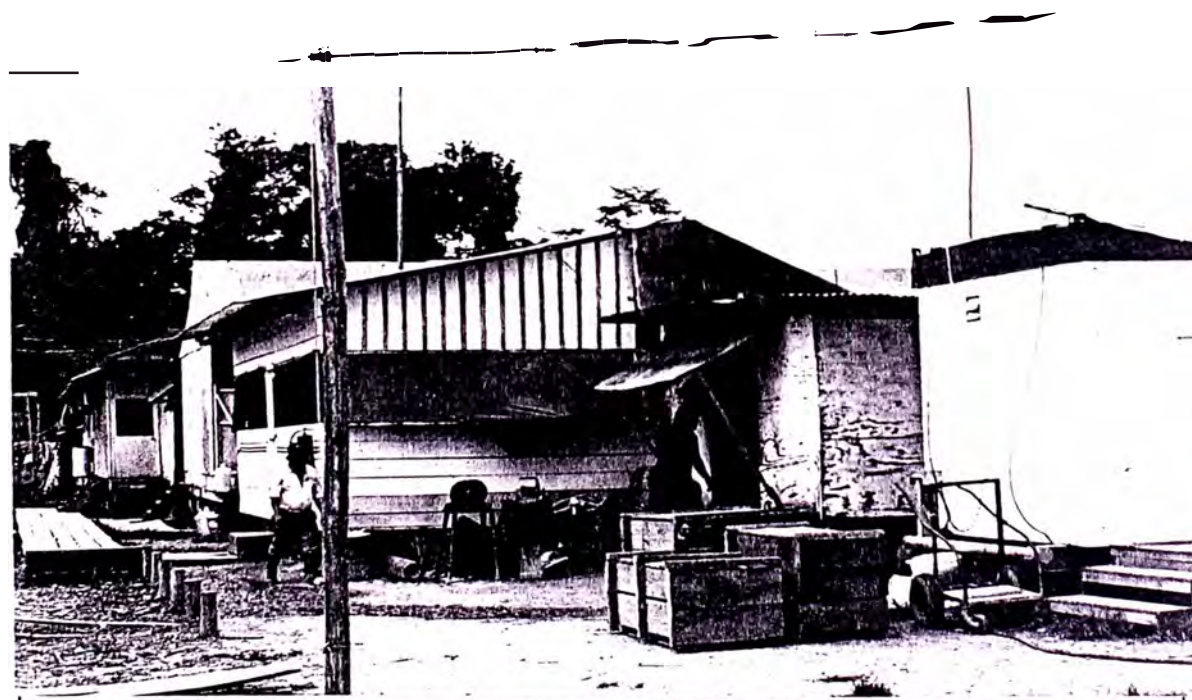


Foto 6 – Campamento en margen izquierda



Foto 7 – Habitaciones de los soldados en la margen izquierda





Foto 8 – Campamento de ARB Inc. y de la Supervisión



Foto 9 – Campamento de Staff y trocha de margen derecha  
(hacia atrás de plataforma de perforación)



## **2. EQUIPO DE PERFORACION**

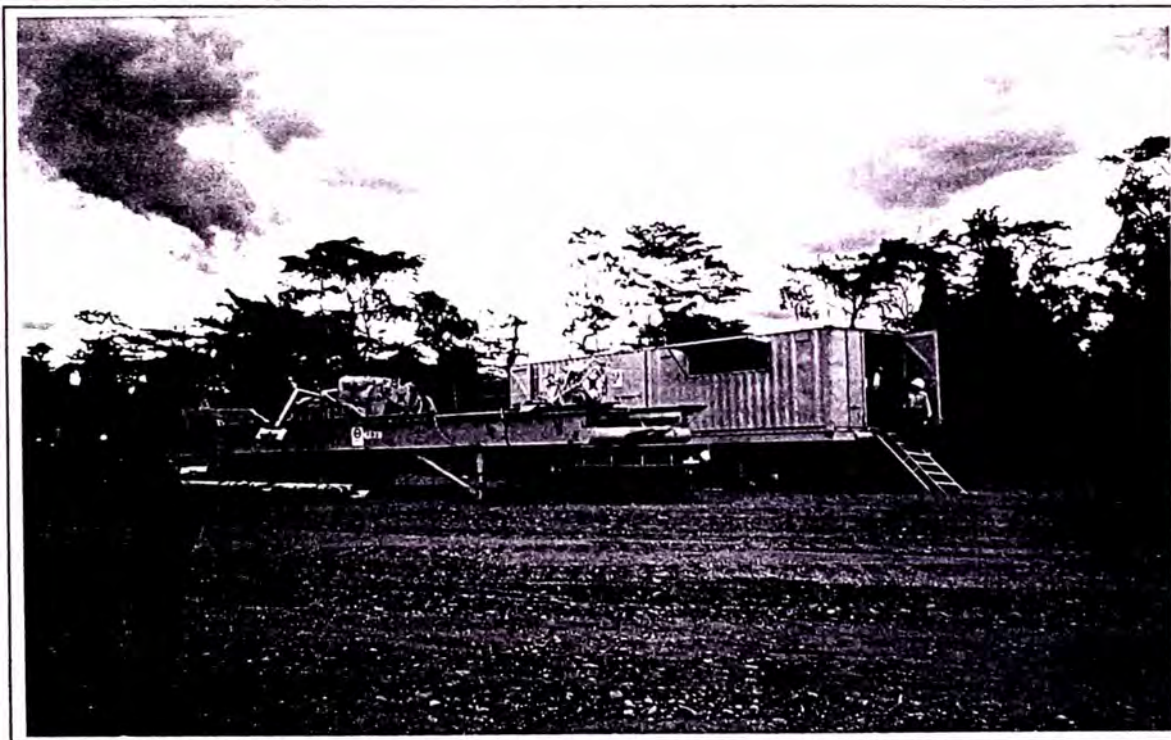


Foto 10 – Equipo de perforación y Cabina de mando.



Foto 11 – Inicio de la perforación con tubos de 2.7/8" Ø



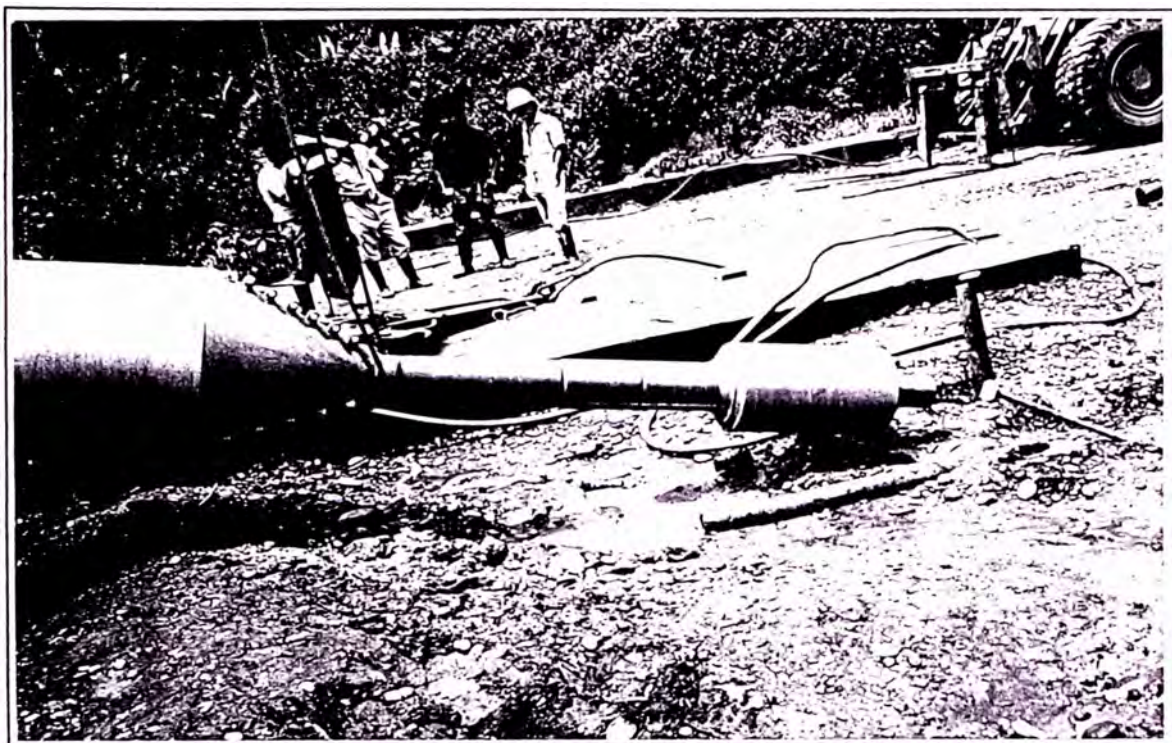


Foto 12 – El Swivel retirado del cabezal de amarre del varillón



Foto 13 – Pin de Swivel fallado por corte en el halado del Varillón



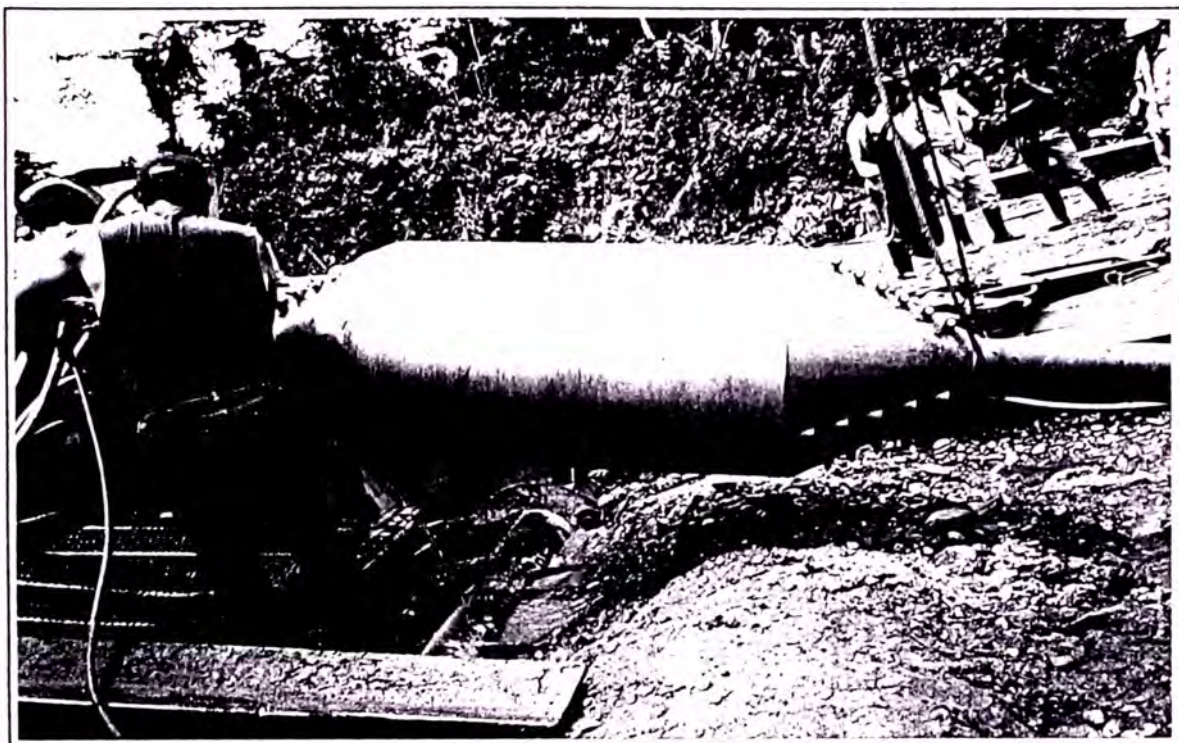


Foto 14 – Guía de halado del Varillón

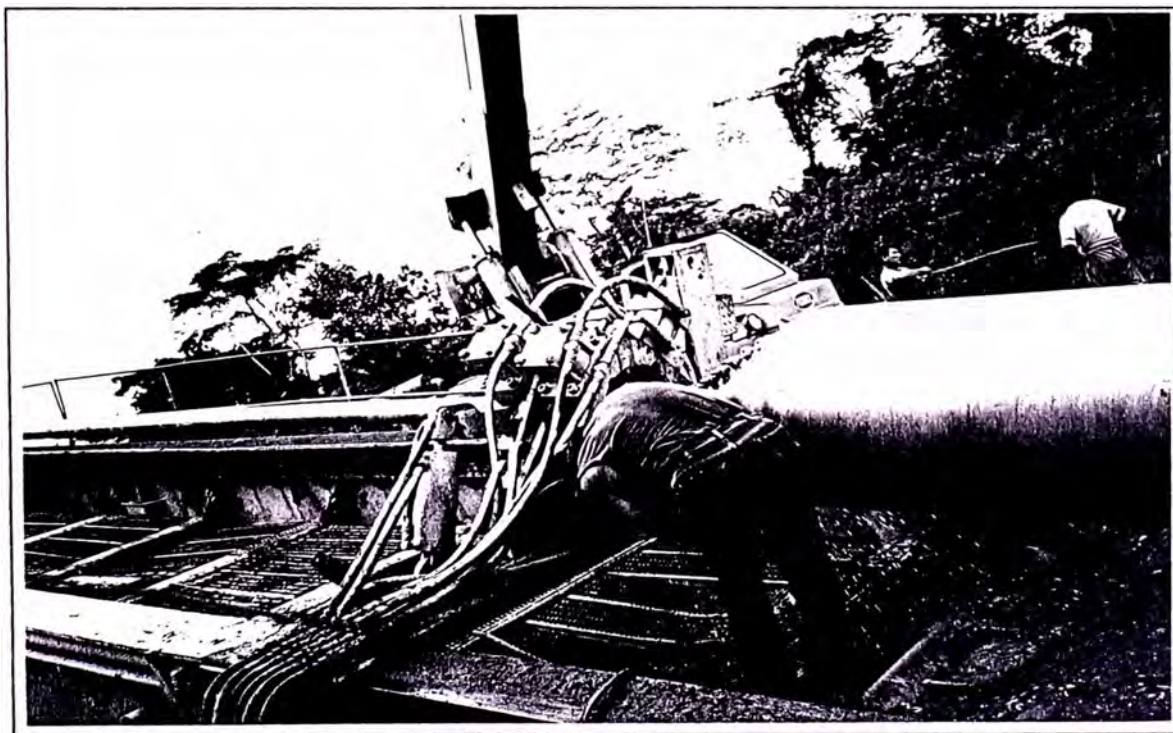


Foto 15 – Ultimo tubo de 5" Ø unido al guía del Varillón



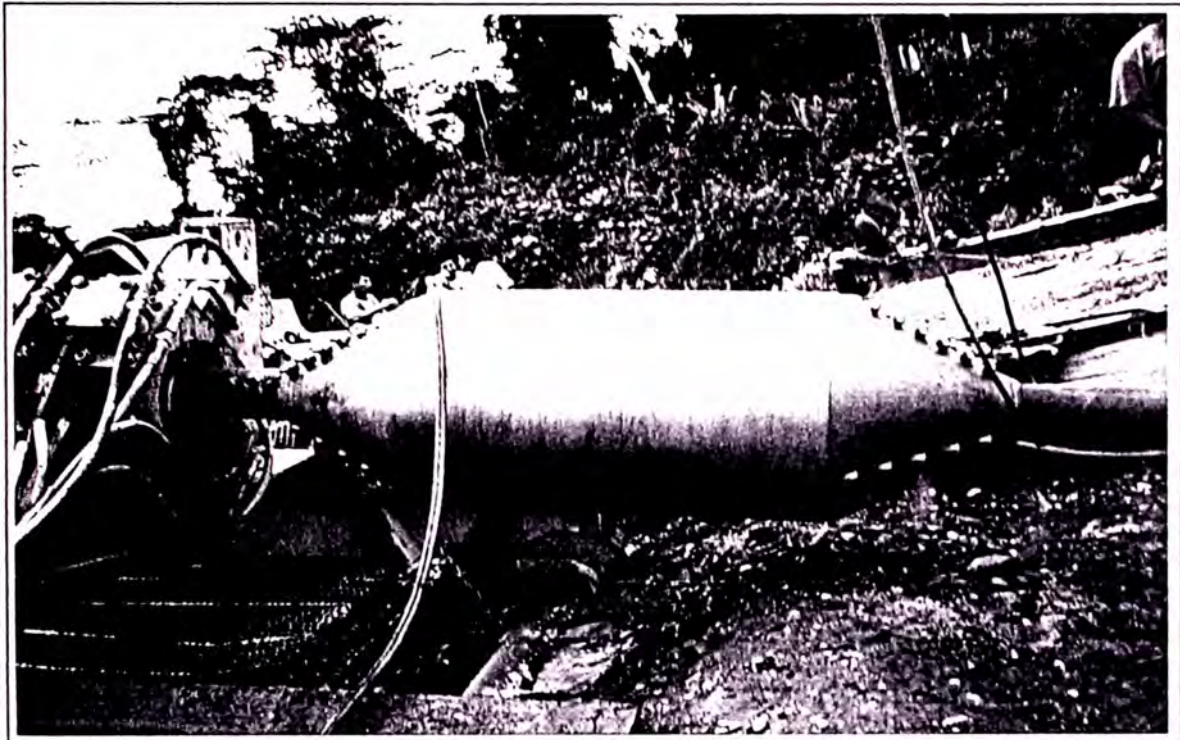


Foto 16 – Levantado del guía del Varillón para retiro del tubo de 5" Ø de la máquina de perforación

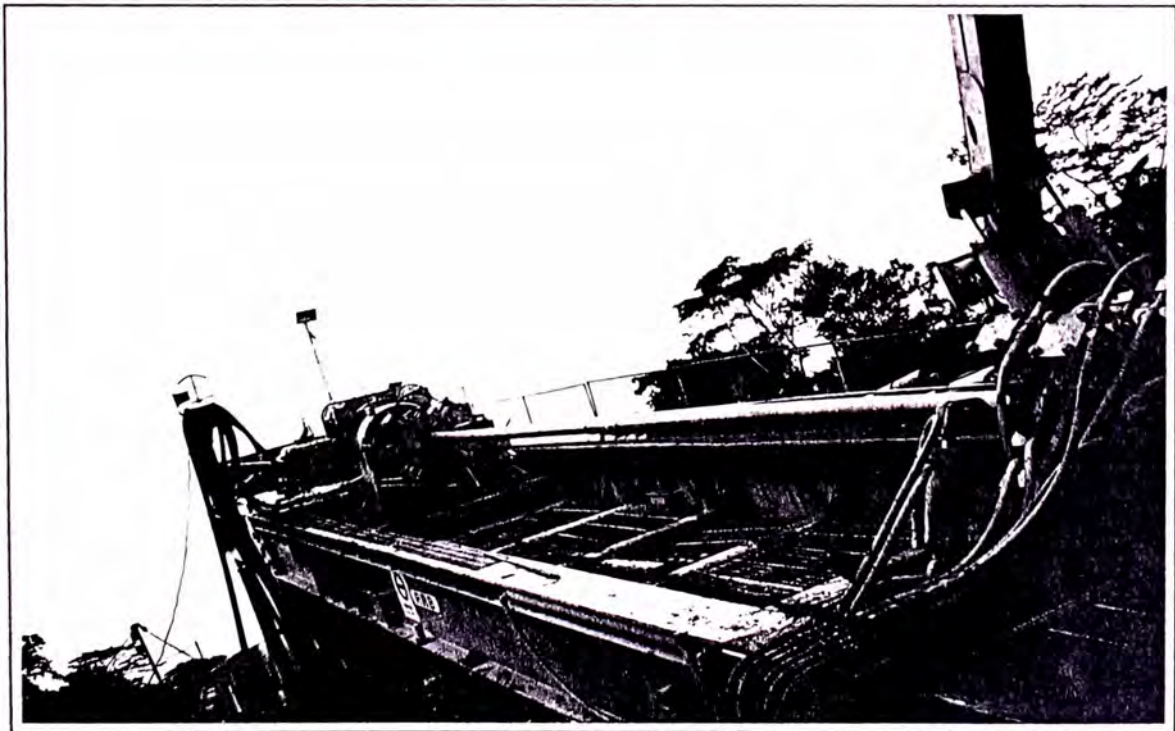


Foto 17 – Ultimo tubo de 5" Ø (30' long.) entre la guía de la perforadora y el sistema de empuje/halado y torque

### **3. SOLDADURA DE VARILLON**



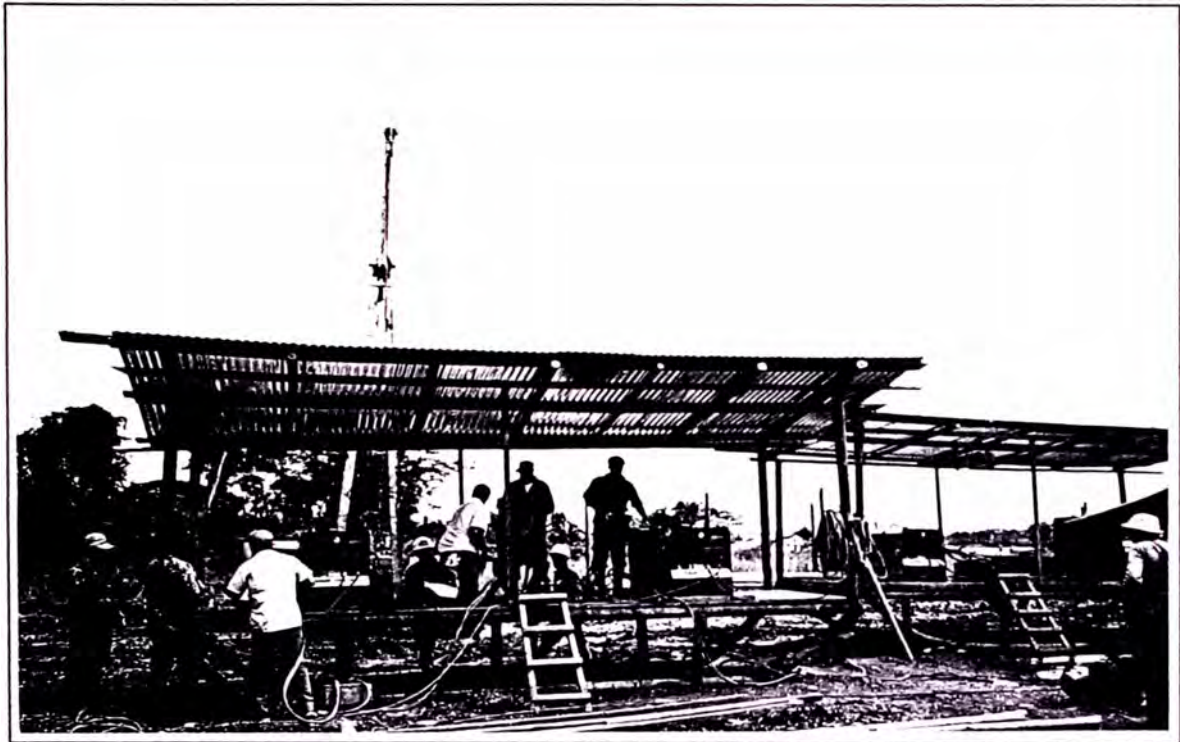


Foto 18 – Carros trineos con las máquinas de soldar.

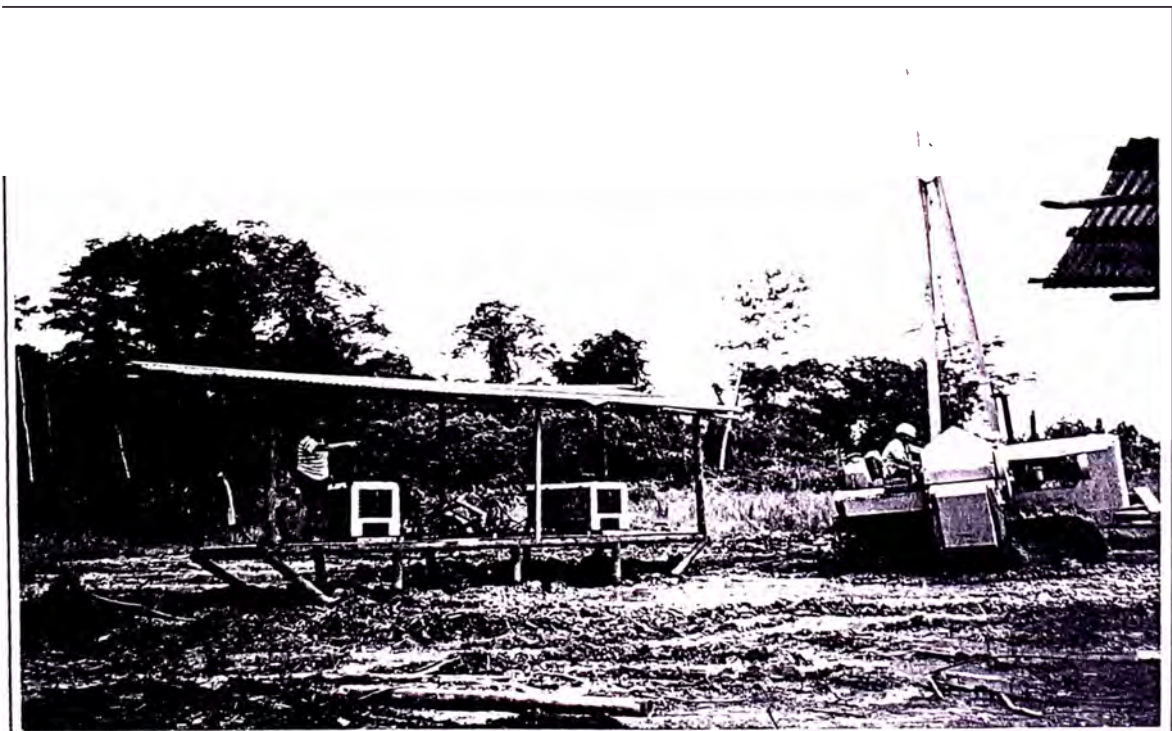


Foto 19 – El Side-boom halando trineo de máquinas de soldar 3 y 4.



Foto 20 – El Side-boom halando trineo de máquinas de soldar 1 y 2.



Foto 21 – El Side-boom halando los trineos al punto inicial para comenzar la obra (2 Km. aprox.)





Foto 22 – Tendido de tubos hacia el campamento de obreros.



Foto 23 – Conjunto de tubos no alineados en trocha de margen izquierda.

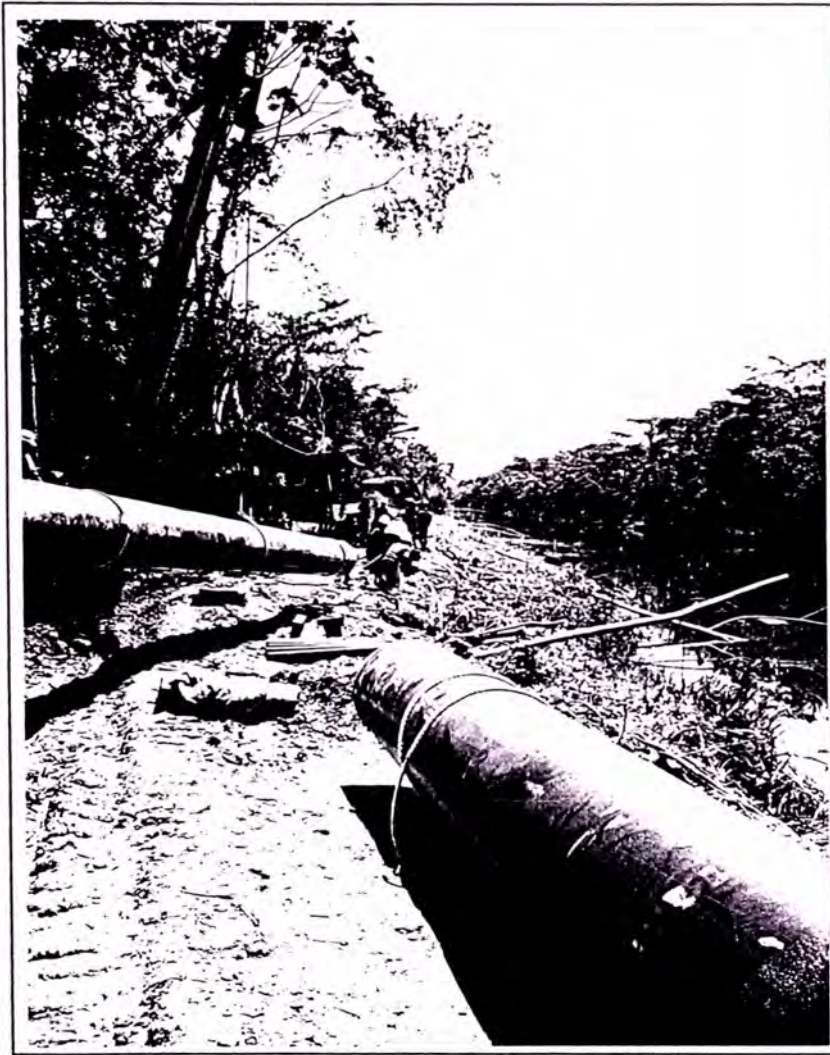


Foto 24 – Introducción de Varillas de alineamiento en tubo transportado por el Side-boom



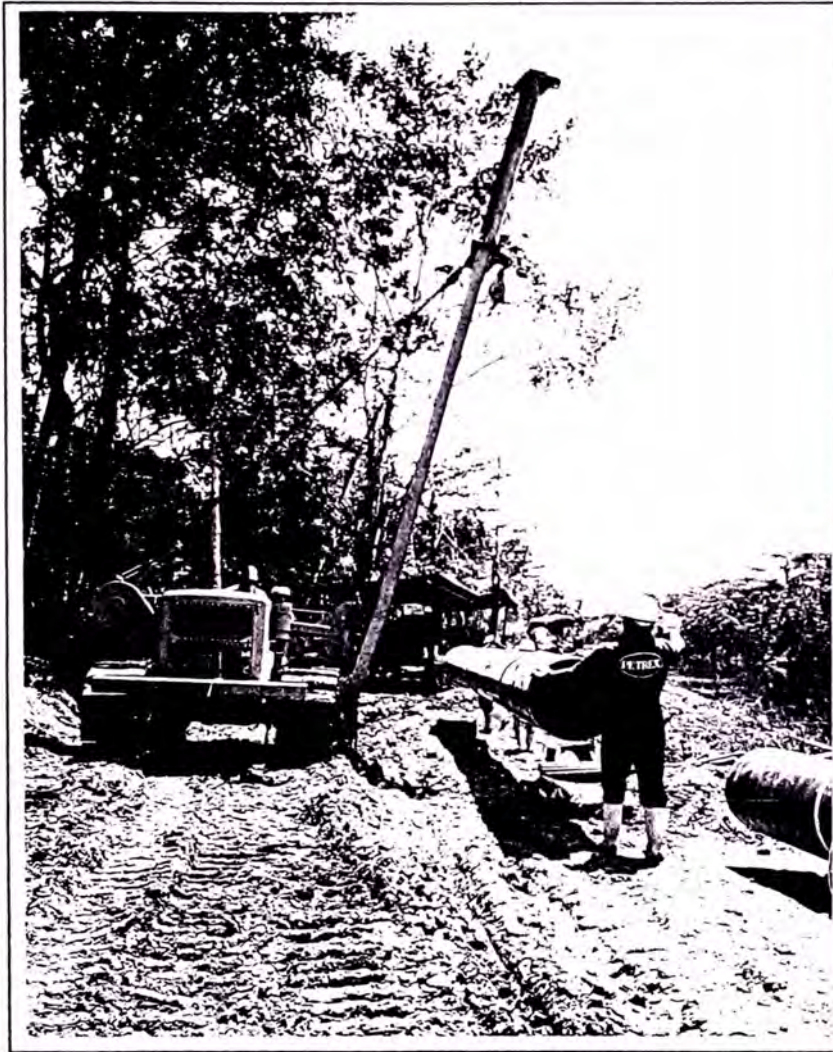


Foto 25 – Traslado de otro tubo para alineamiento con el Side-boom.



Foto 26 – Continuación del alineamiento de tuberías con ayuda del Side-boom.



Foto 27 – Tuberías tiradas a lo largo de la trocha en la margen izquierda hacia el campamento de obreros





Foto 28 – Halando el Pig manual para limpiar el primer tubo

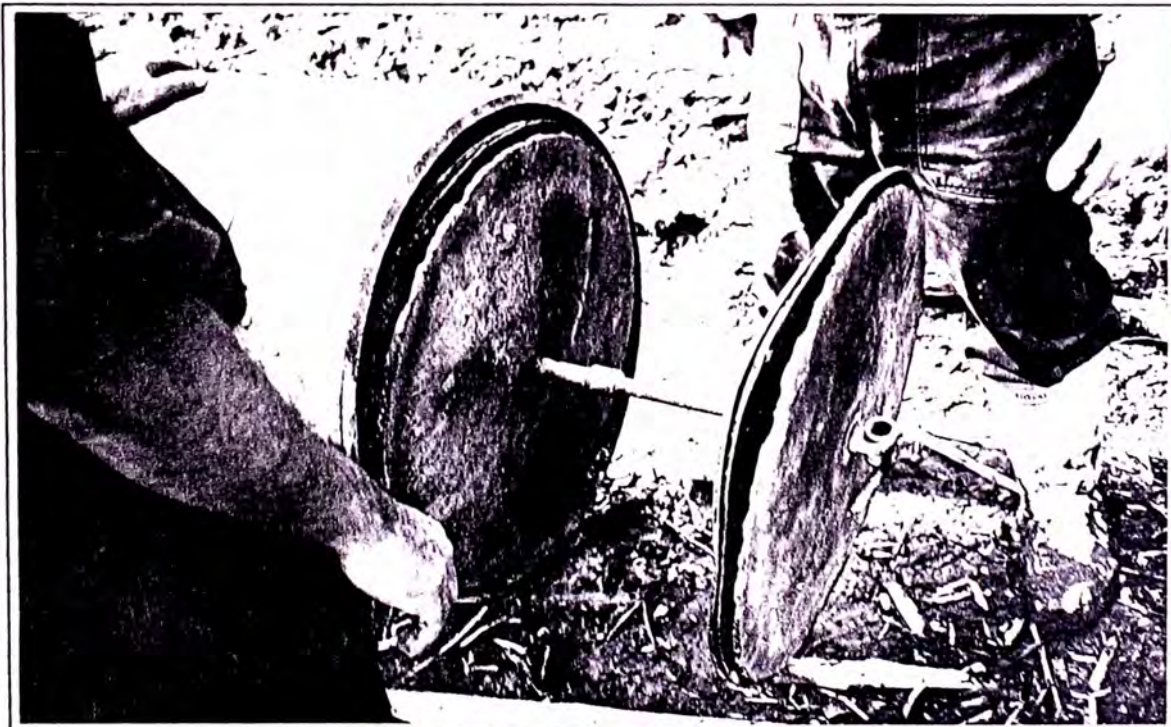


Foto 29 – Pig manual para limpieza interna de los tubos





Foto 30 – Alineador exterior - Clamp

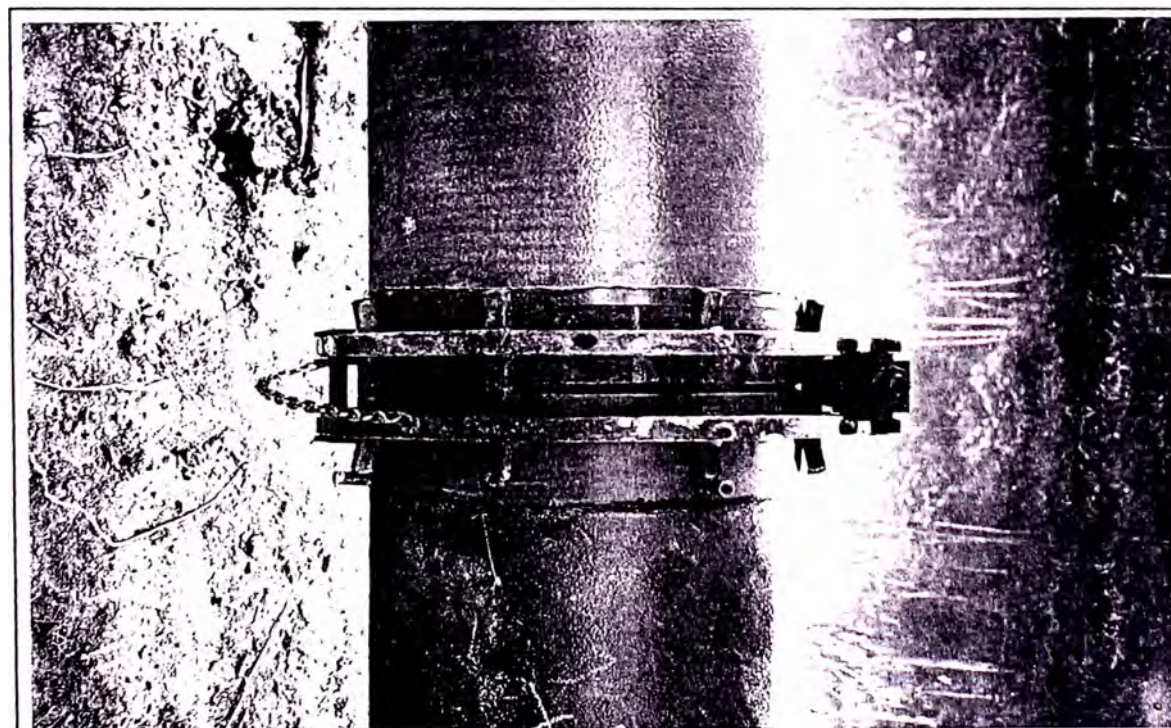


Foto 31 – Alineamiento de tubos con alineador (Clamp) exterior





Foto 32 – Alineamiento de tubos con Clamp externo  
Proceso de soldadura al 50% de longitud soldada antes de retirar el  
Clamp.



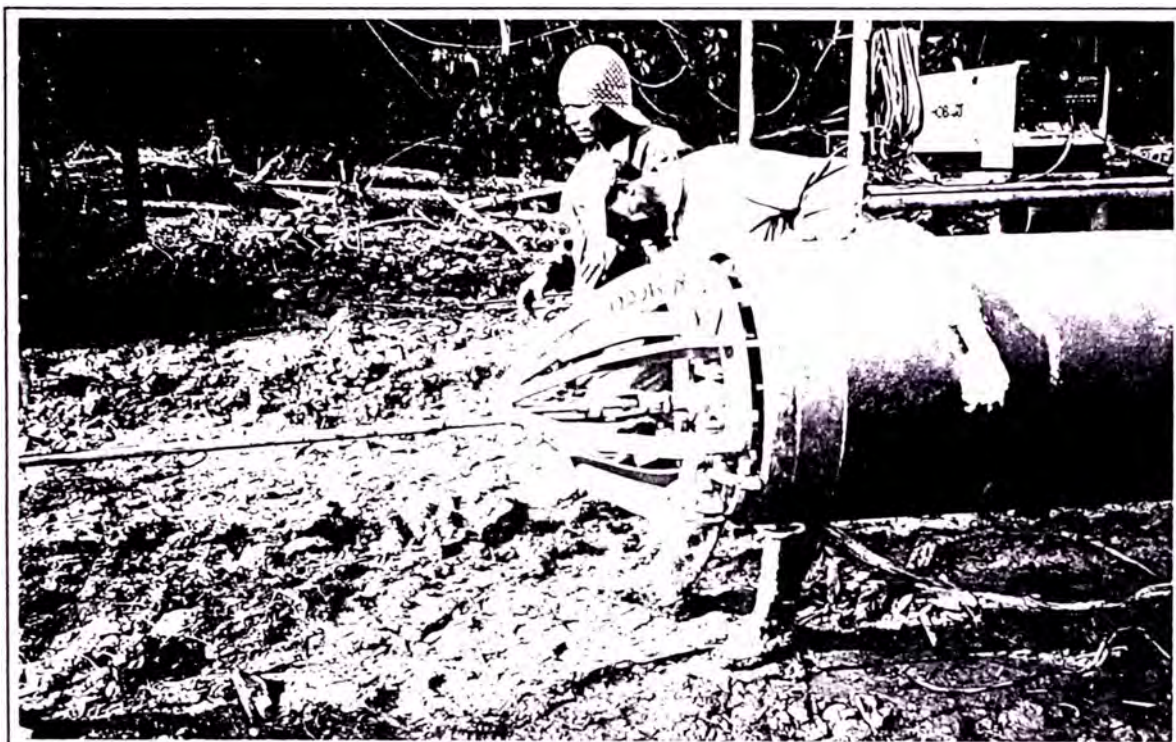


Foto 33 – Clamp interior en posición de trabajo con Varilla de ajuste para alineamiento



Foto 34 – Introducción de Varilla de alineamiento y acercamiento de un segundo tubo.





Foto 35 – Soldadura de tubería alineada – Avance de obra



Foto 36 – Soldadura de relleno – Obsérvese la puesta a tierra de las dos máquinas.





Foto 37 –Avance y soldeo del Varillón principal

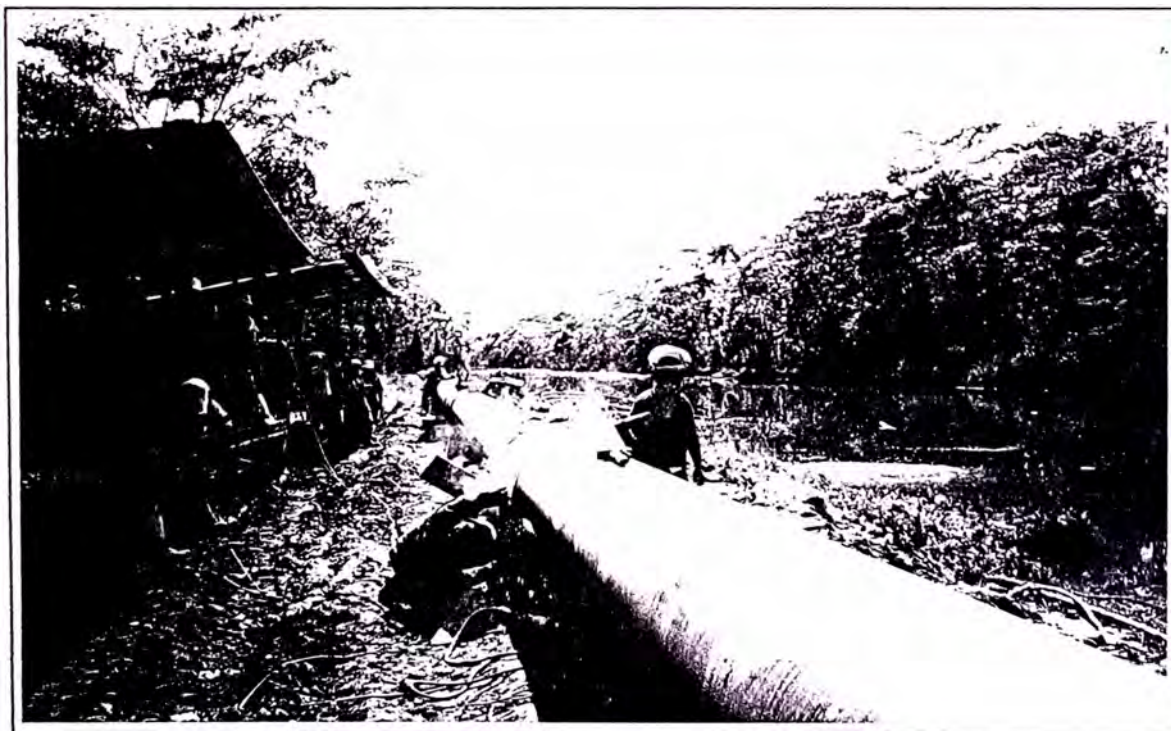


Foto 38 – Avance de soldeo del Varillón principal.





Foto 39 –Terminando primer tramo de Varillón principal para preparar un cruce

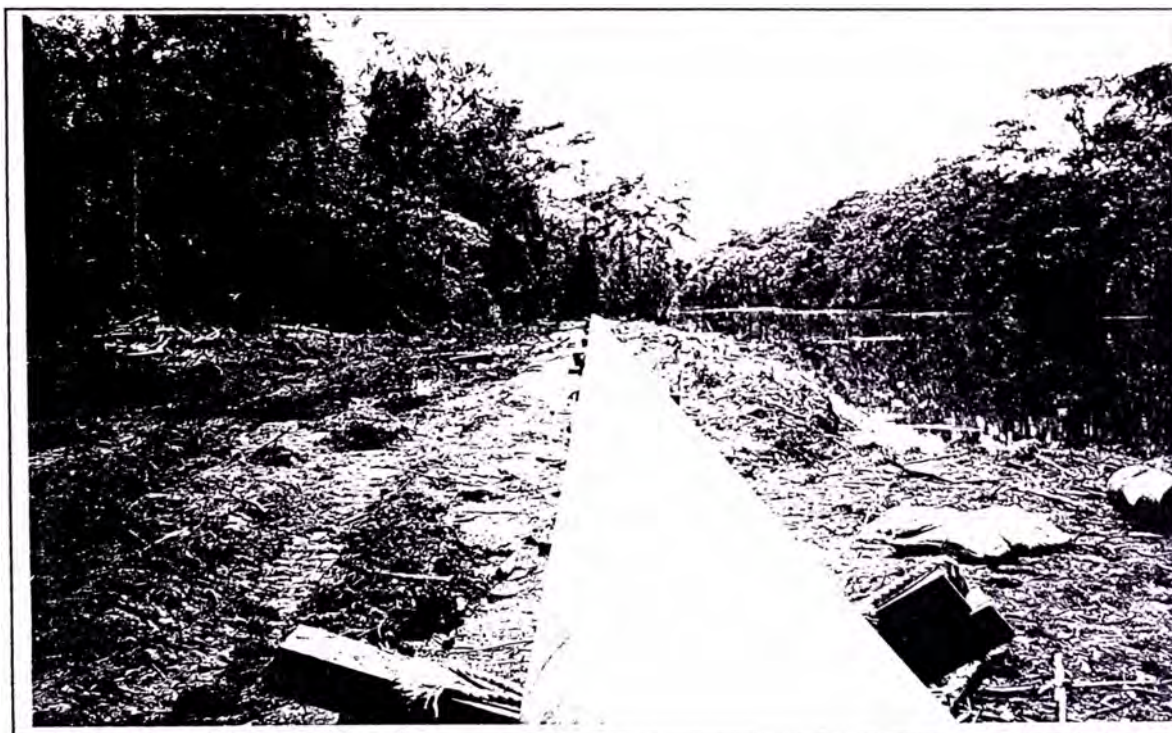


Foto 40 – Primera etapa de Varillón principal terminado, a espera de preparar cruce.



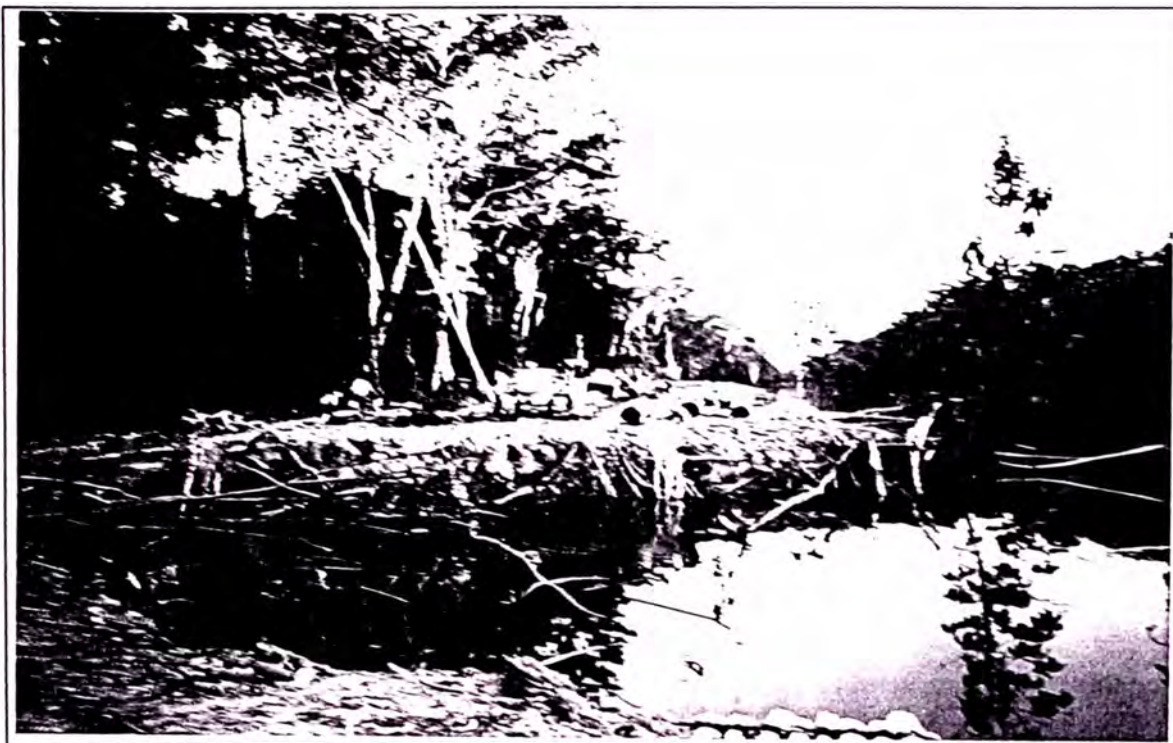


Foto 41 – Zona a cruzar con Varillón principal.

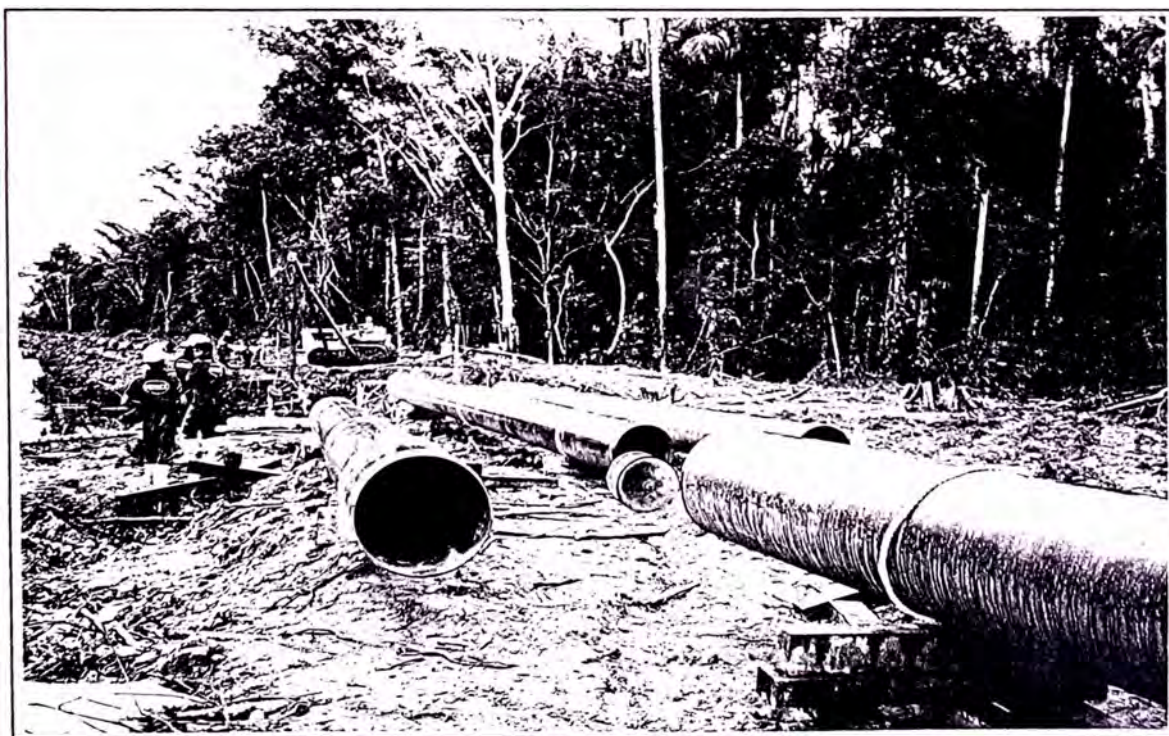


Foto 42 – Limpieza de dos tubos a ser unidos para ejecutar el cruce.





Foto 43 – Soldadura de tubos a utilizar en cruce.



Foto 44 – Preparación de pilares para el montaje de tubos.





Foto 45 –Preparación de pilares para montaje de tubo.



Foto 46 – Unión de pilares para montaje de tubo.



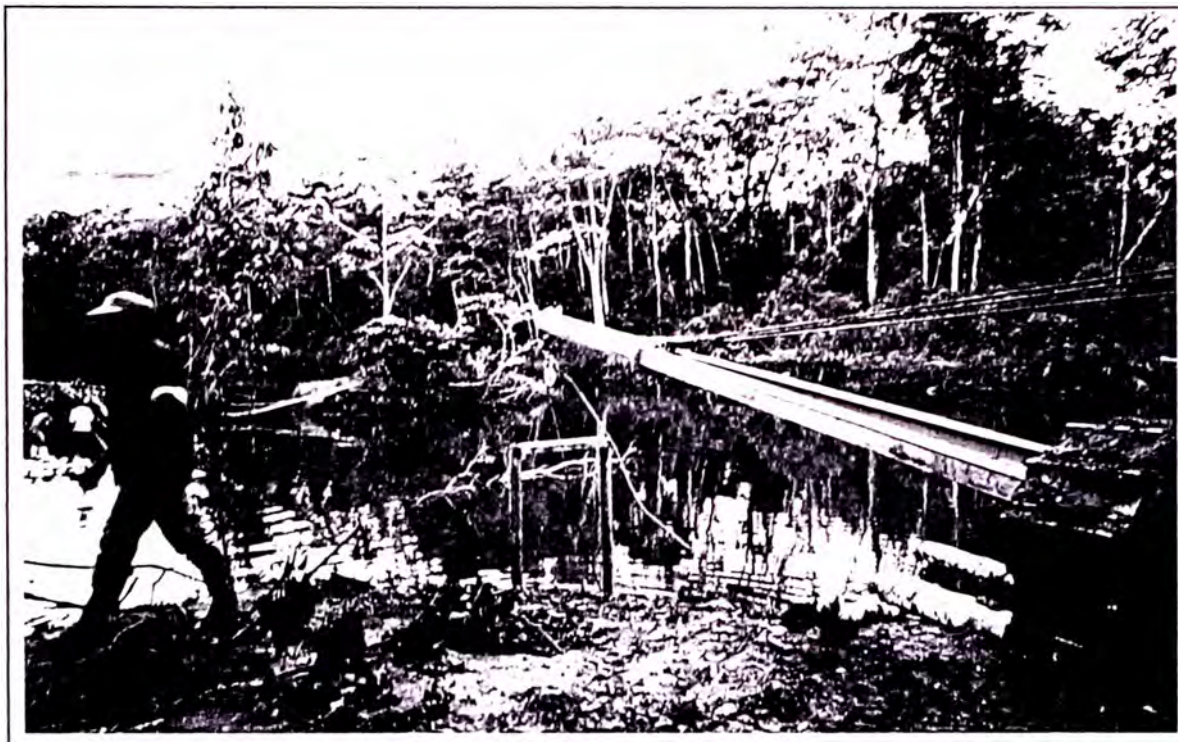


Foto 47 –Terminado del Puente No 2.



Foto 48 – Aseguramiento de Puente con Cabezal de Side-boom.





Foto 49 – Halado de tuberías 29, 30 y 31 para montar en los dos puentes.



Foto 50 – Izaje de tuberías 29, 30 y 31.





Foto 51 – Izaje completado de tuberías 29, 30 y 31.



Foto 52 – Movimiento de tuberías 29, 30 y 31 hacia el borde del canal.



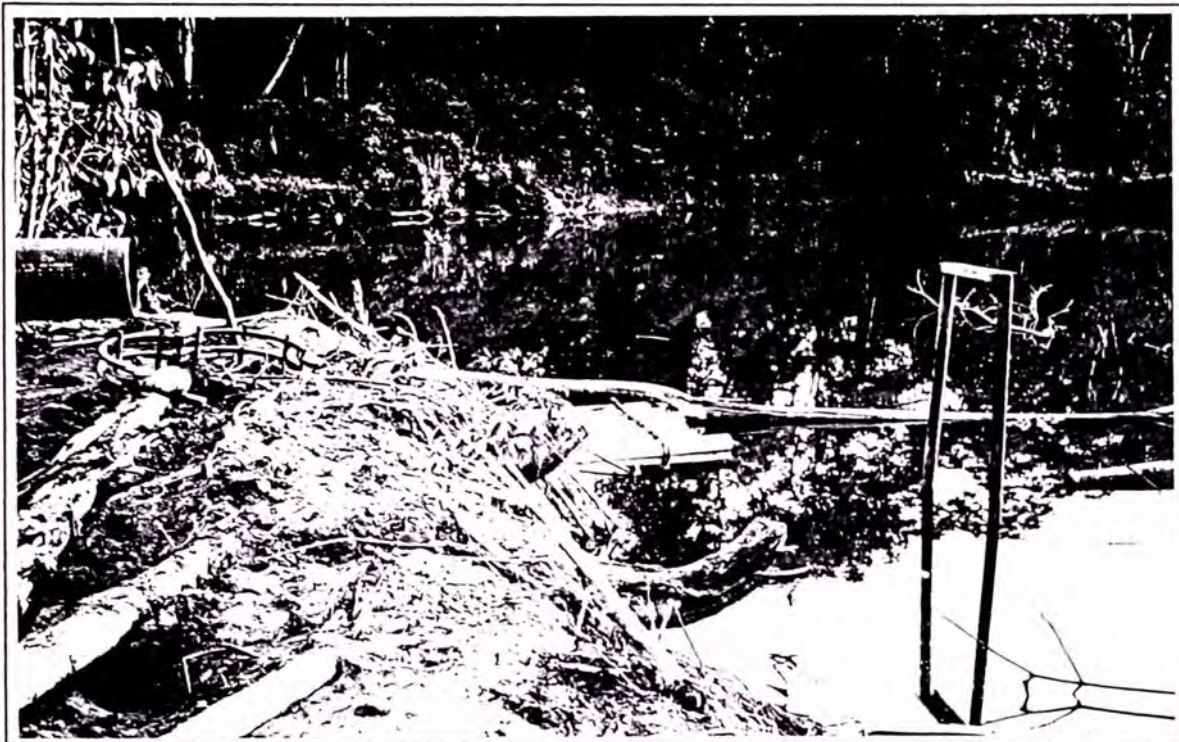


Foto 53 – Colocación del Clamp externo para unir a tubería 29-30 y 31 izada.



Foto 54 – La tubería 29, 30 y 31 cruzando el canal.





Foto 55 – El Side-boom sosteniendo la tubería 29-30 y 31.



Foto 56 – El Side-boom al otro extremo baja cables para que los unan a la correa que envuelve la tubería.





Foto 57 – El cable es unido a la correa.



Foto 58 – La lenco sostiene atrás y el Side-boom hala la tubería.





Foto 59 – Se continua halando tuberías.

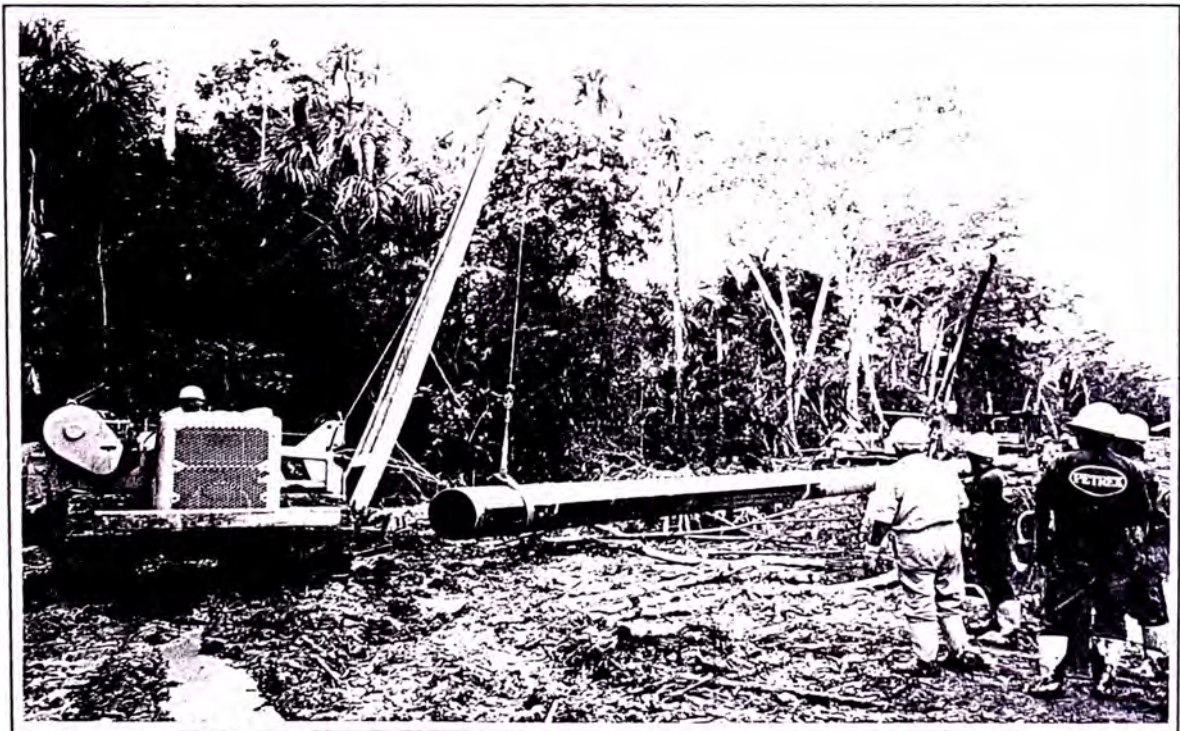


Foto 60 – La tubería llegando al otro borde



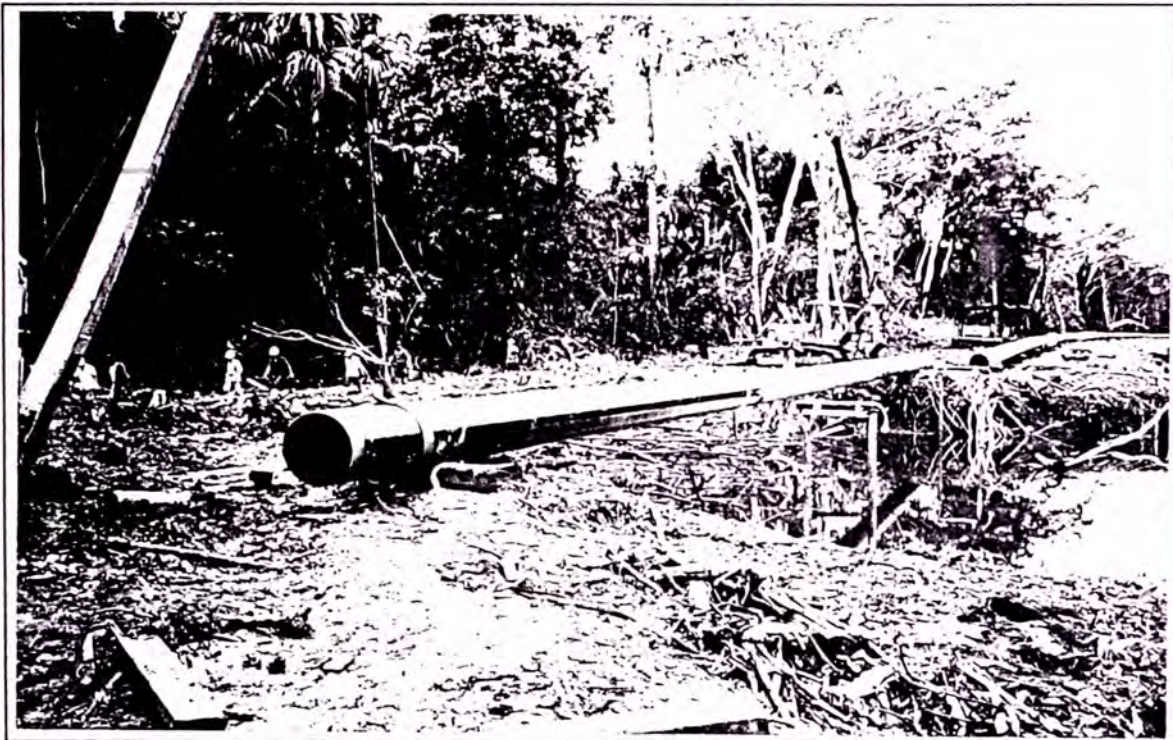


Foto 61 – Tubería libre descansando entre bordes, lista para montarla.



Foto 62 – Montaje de tuberías entre apoyos.



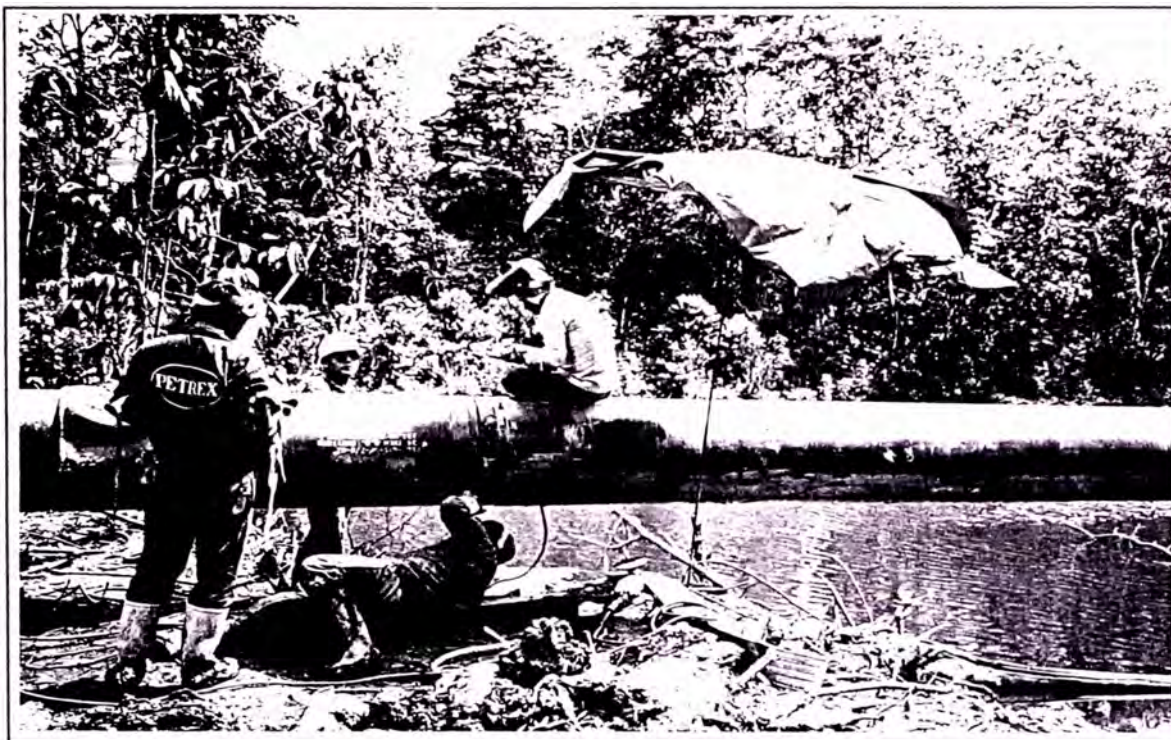


Foto 63 – Haciendo pase en caliente en la Junta 28..



Foto 64 – Terminando pase en caliente de Junta 28





Foto 65 – Soldando pase en caliente de Junta 31 y rellenando Junta 28.



Foto 66 – Rellenando Junta 31 y curvatura elástica de los 33 primeros tubos.

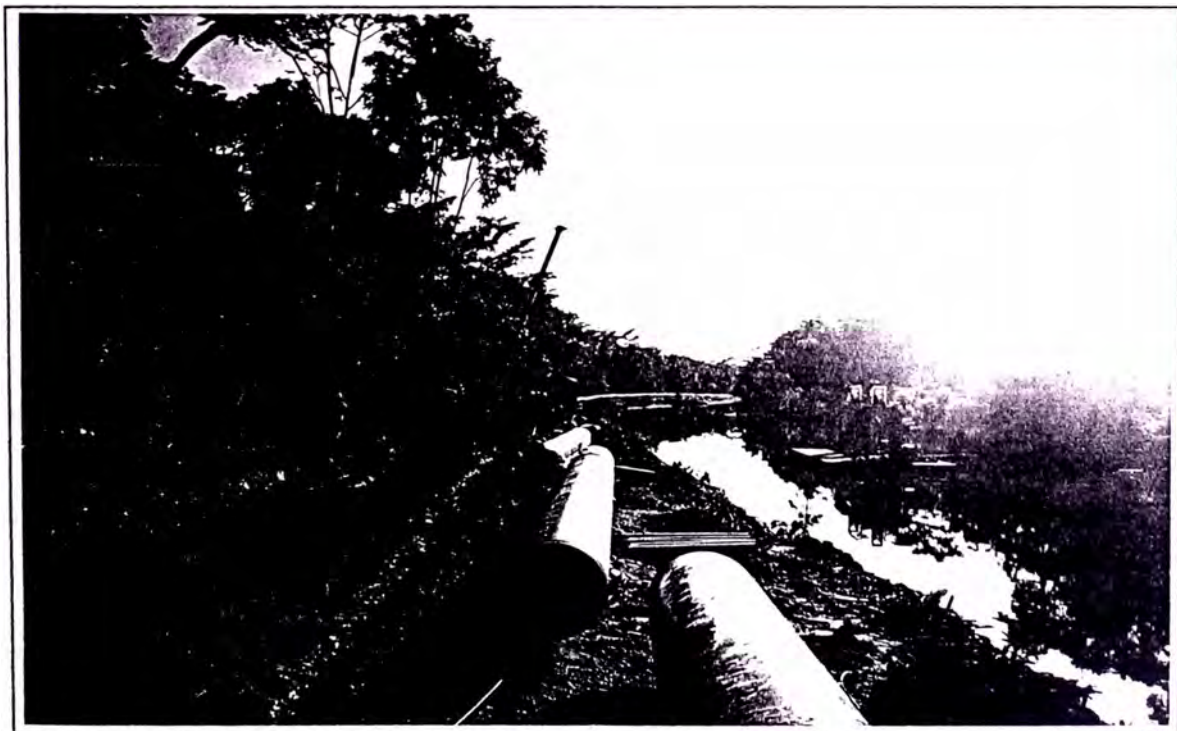


Foto 67 – Se paró el proceso de soldadura por lluvia.



Foto 68 – Continuación de la soldadura de tubos.



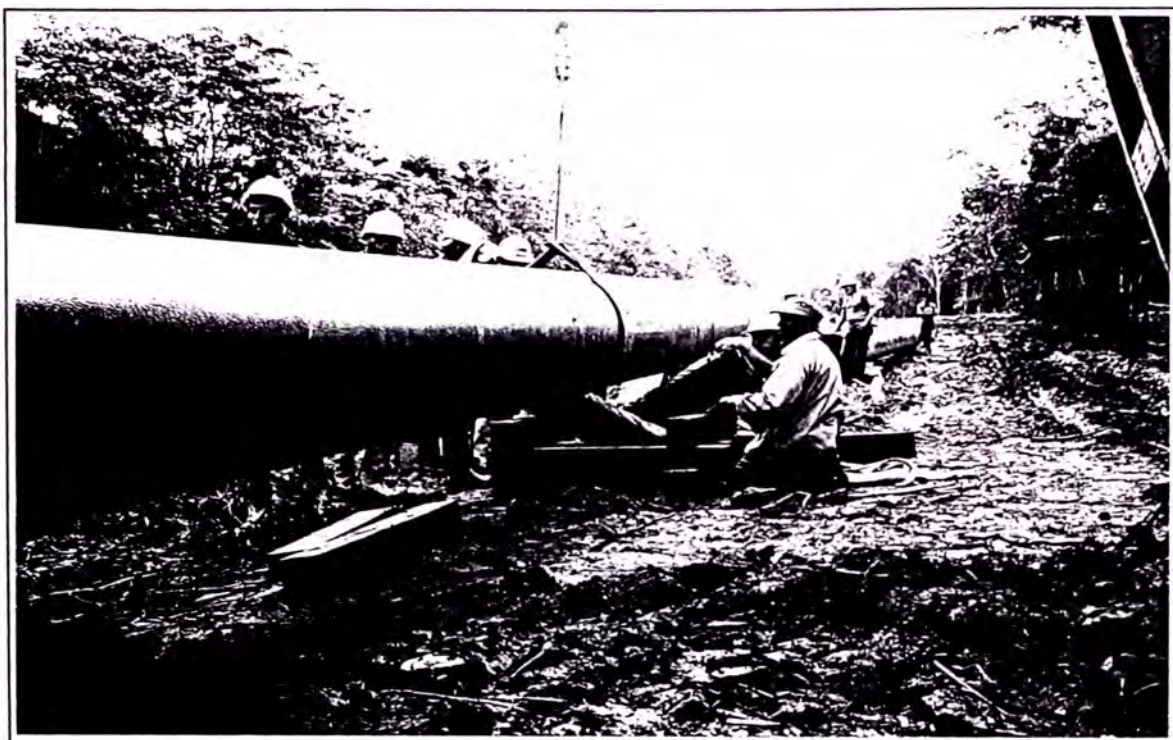


Foto 69 – Izaje y alineamiento de tuberías para continuar proceso de soldeo.

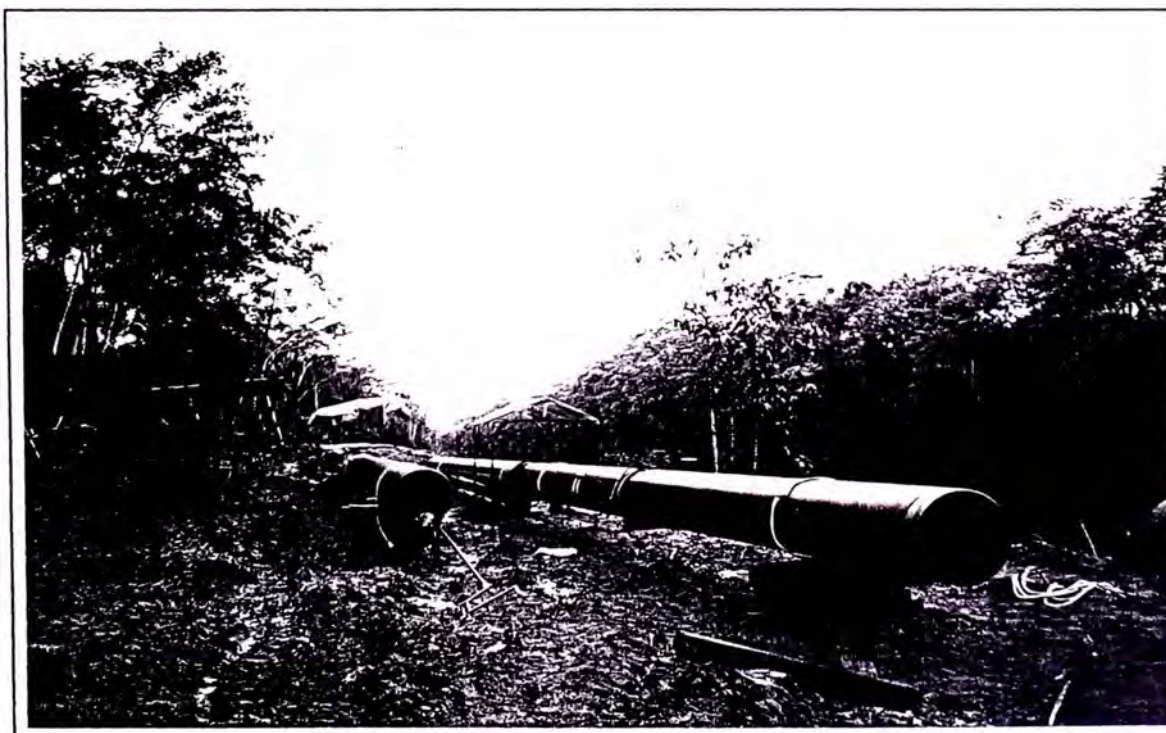


Foto 70 – Colocación de carpas de protección por lluvia.





Foto 71 – Eliminación de humedad del medio ambiente  
a las 6:30am por calentamiento con soplete de calentamiento

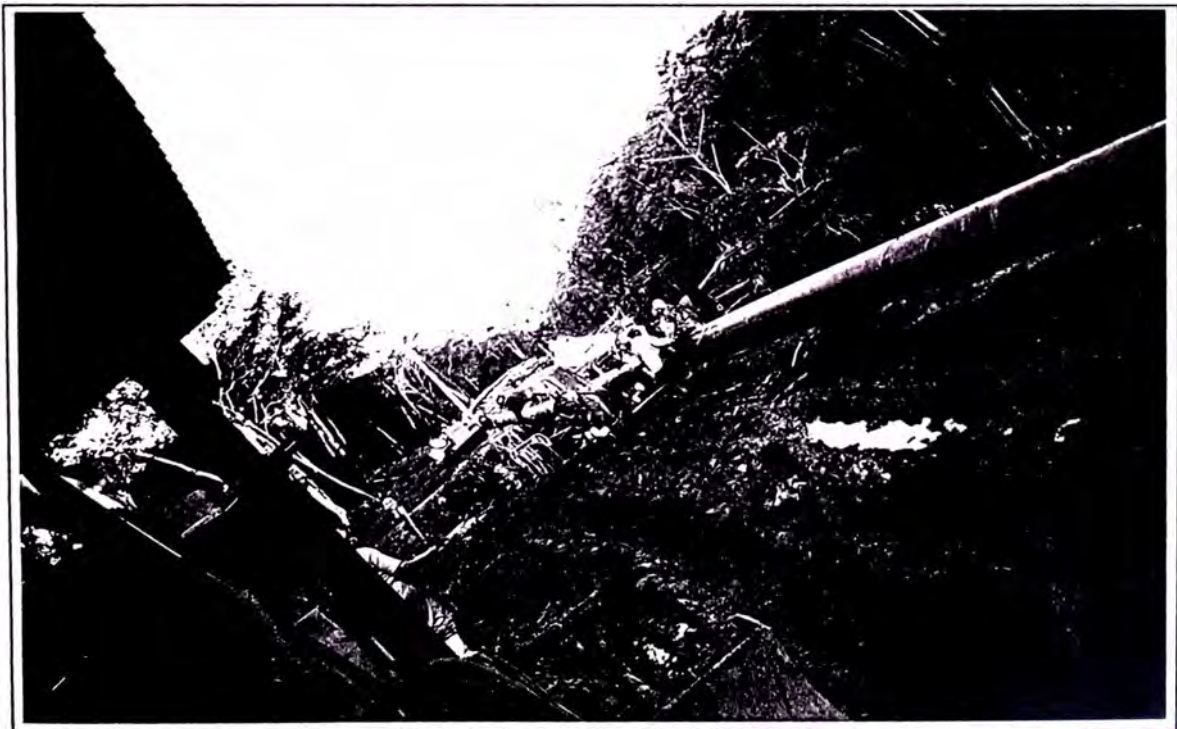


Foto 72 – Alineamiento y soldado de Tubo 33.





Foto 73 – Término del Varillón principal  
Se colocará capucha para proteger y evitar  
el ingreso de insectos u otros al interior.

#### **4. EQUIPO DE ARENADO Y PINTADO**



Foto 74 – Carro de pinturas

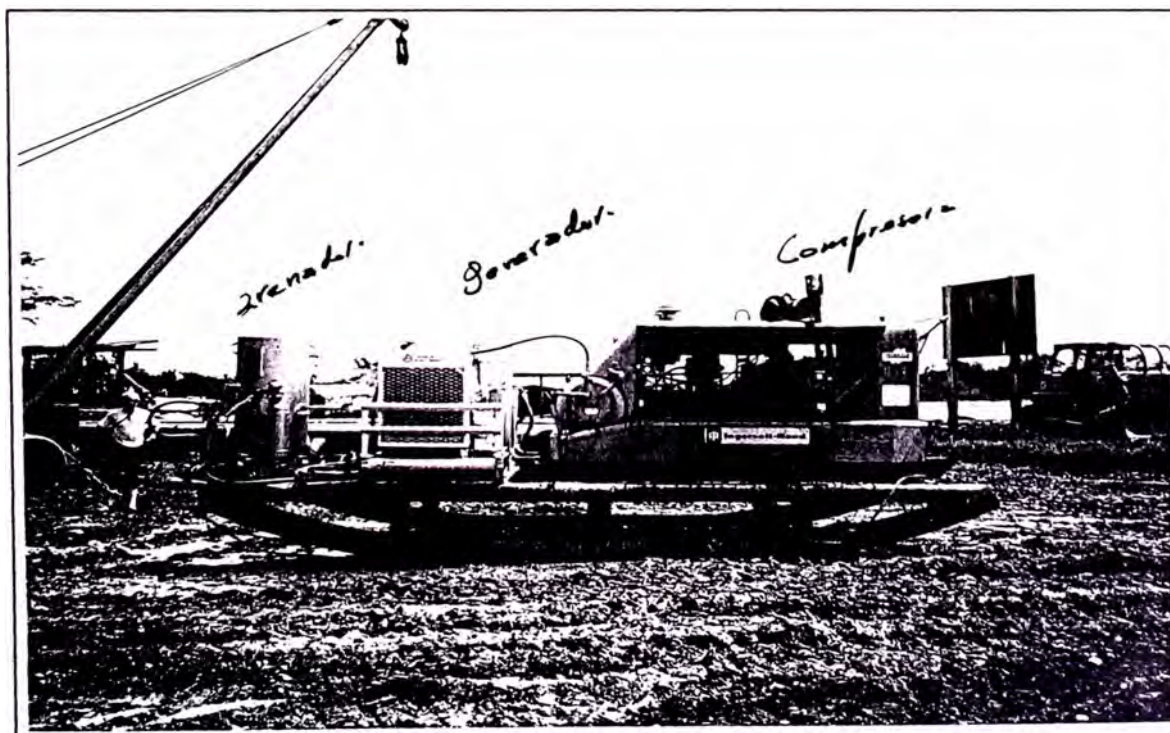


Foto 75 – Equipo para arenado y generador para bobina de calentamiento.



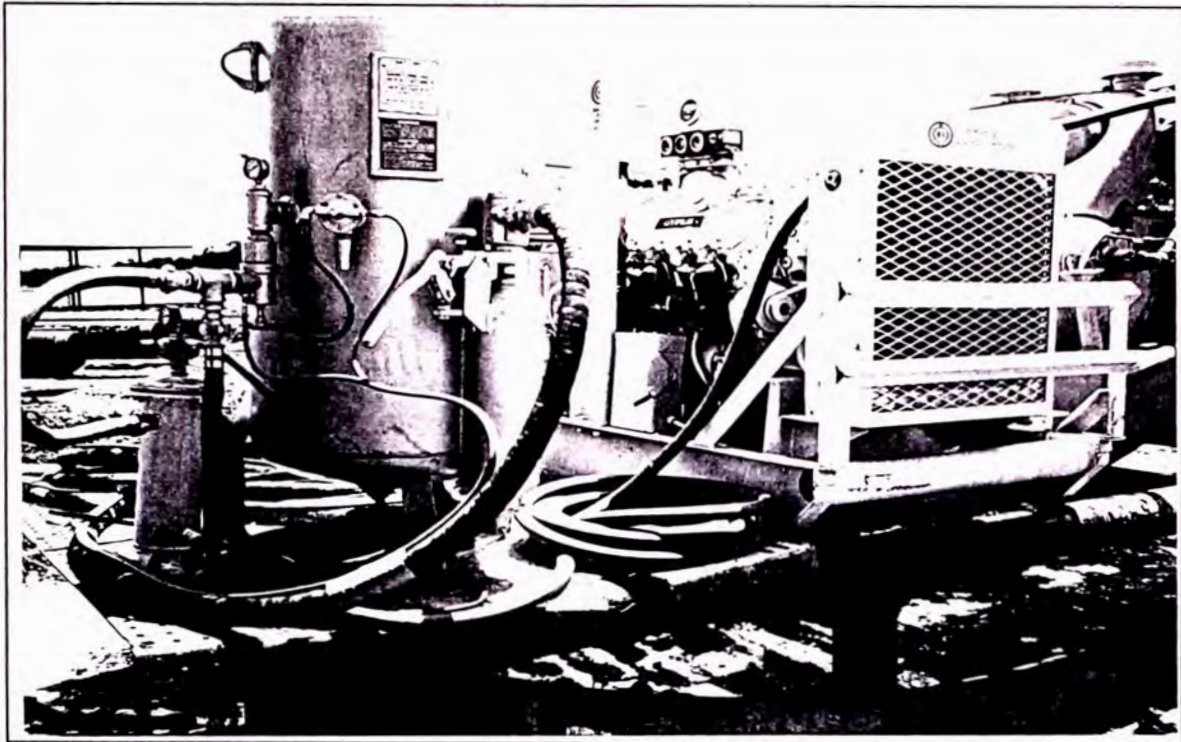


Foto 76 – Equipo de arenado instalado a compresora de 120 psi.



Foto 77 – Preparación de hombre para arenar con el equipo de seguridad.



Foto 78 – Tipo de pintura epóxica en polvo.





Foto 79 – Powercrete – Parte A: Se mezcla con botella Parte B. El tiempo de uso de la mezcla debe ser 20 minutos máximo

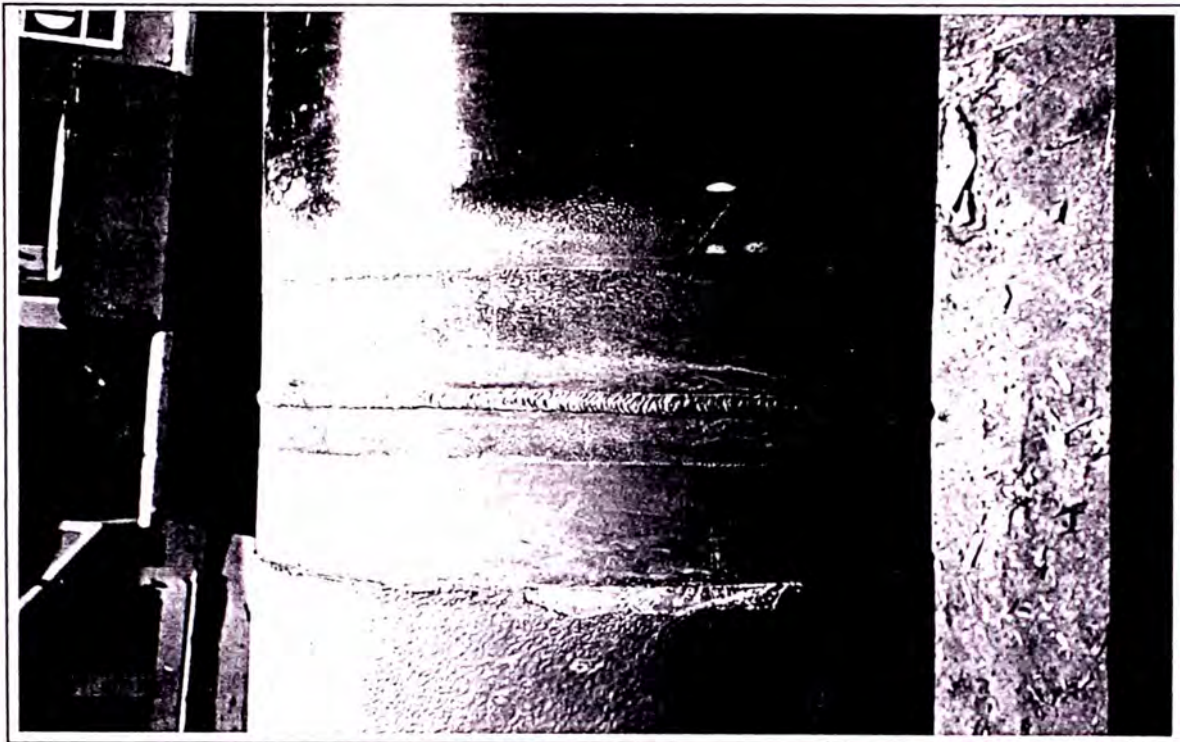


Foto 80 – Superficie tal como se encuentra en todas las juntas oxidadas.



Foto 81 – Arenado



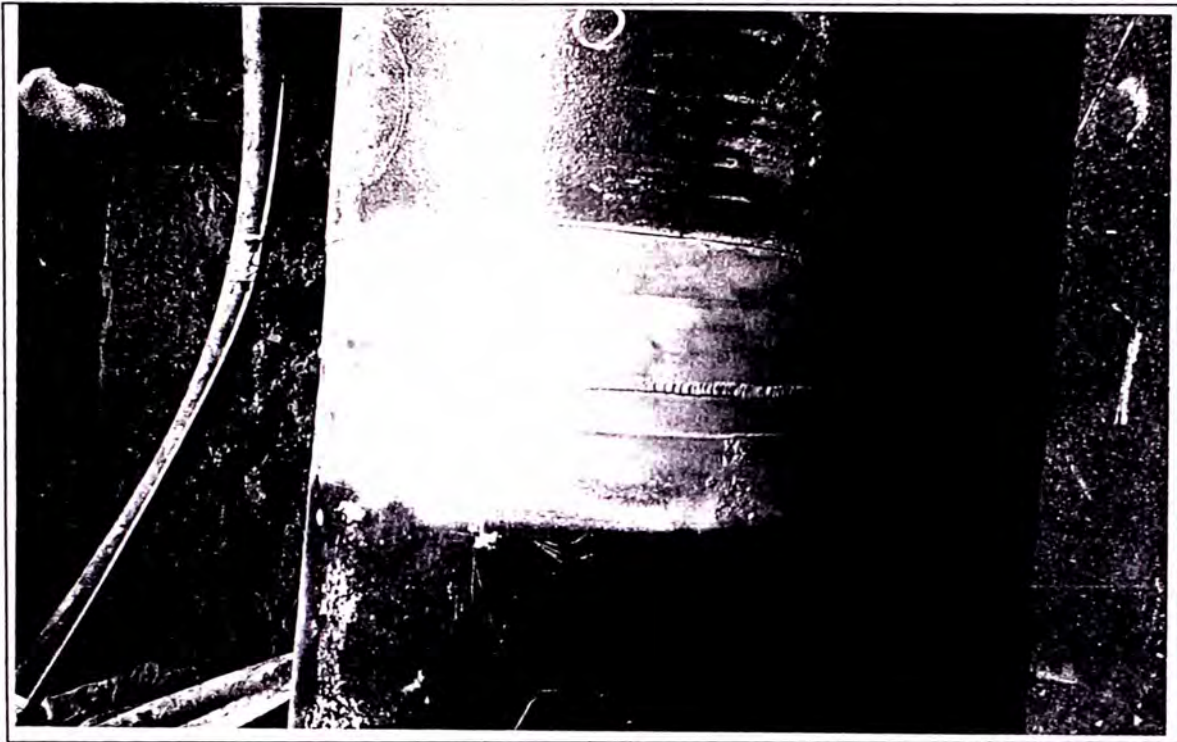


Foto 82 – Superficie arenada tal como queda al término al proceso.



Foto 83 – Montaje de bobina de calentamiento.

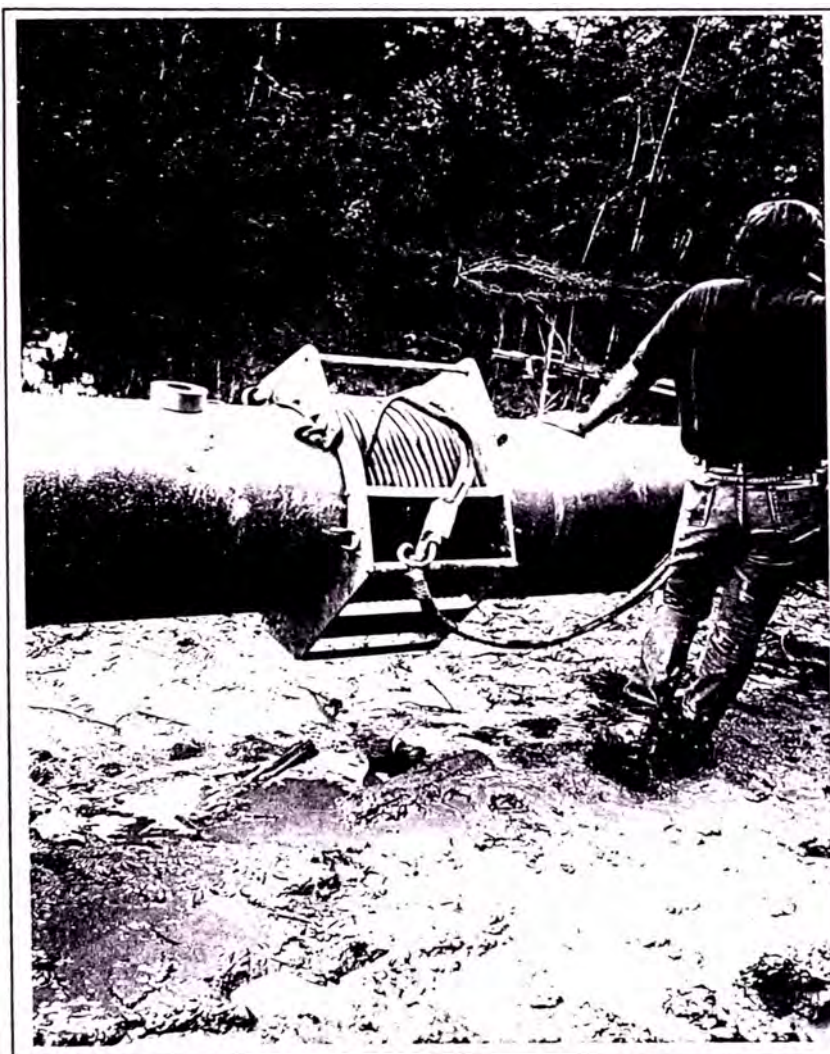


Foto 84 – Instalación de bobina al generador.



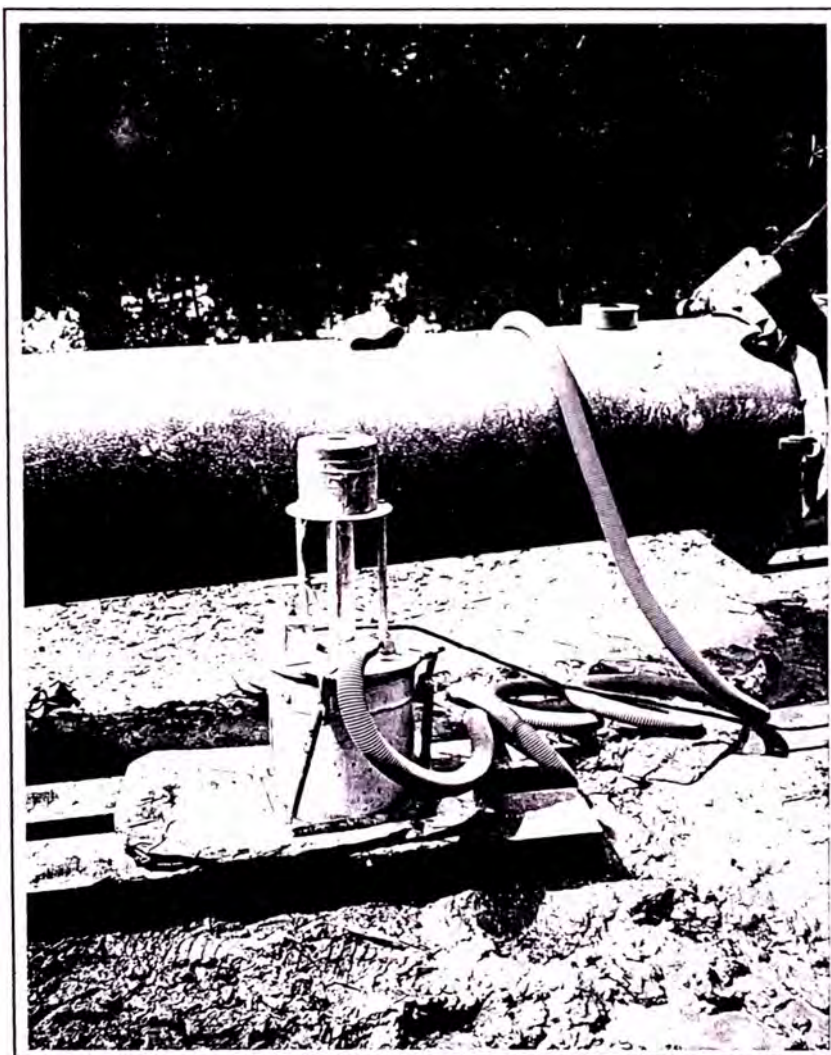


Foto 85 – Equipo para espolvorear pintura epóxica sobre la superficie a recubrir.



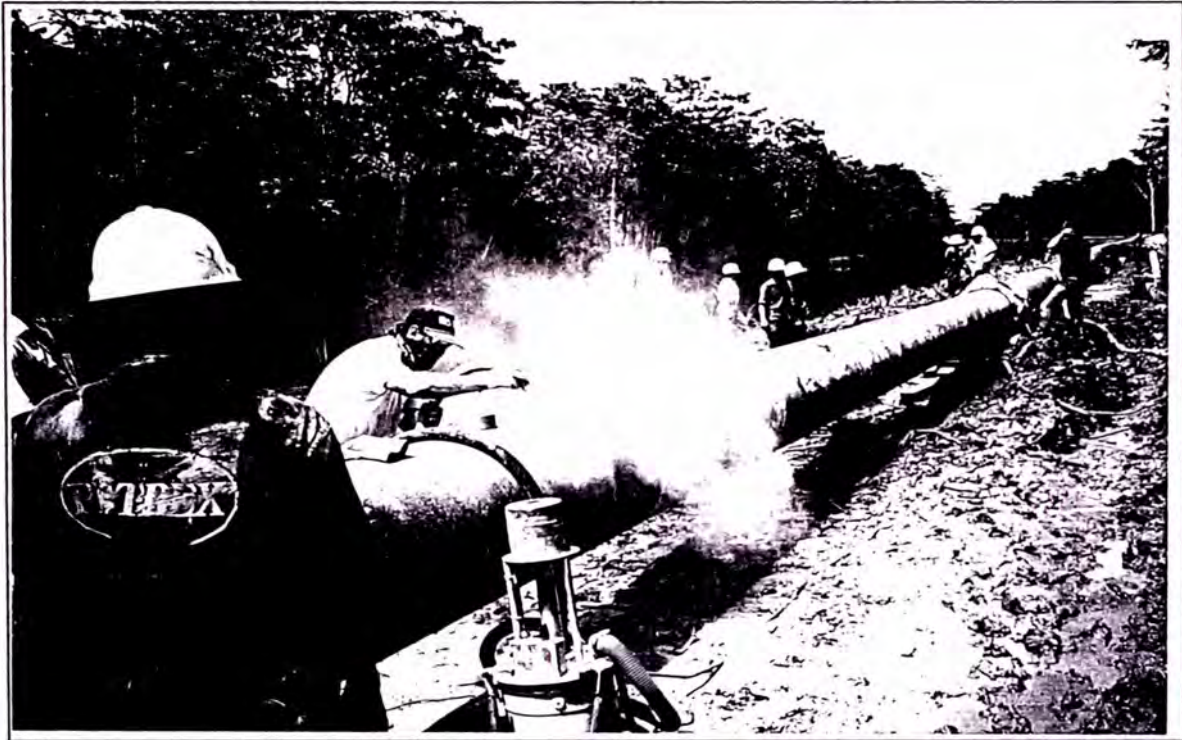


Foto 86 – Aplicación de polvo epóxico y calentamiento de siguiente junta

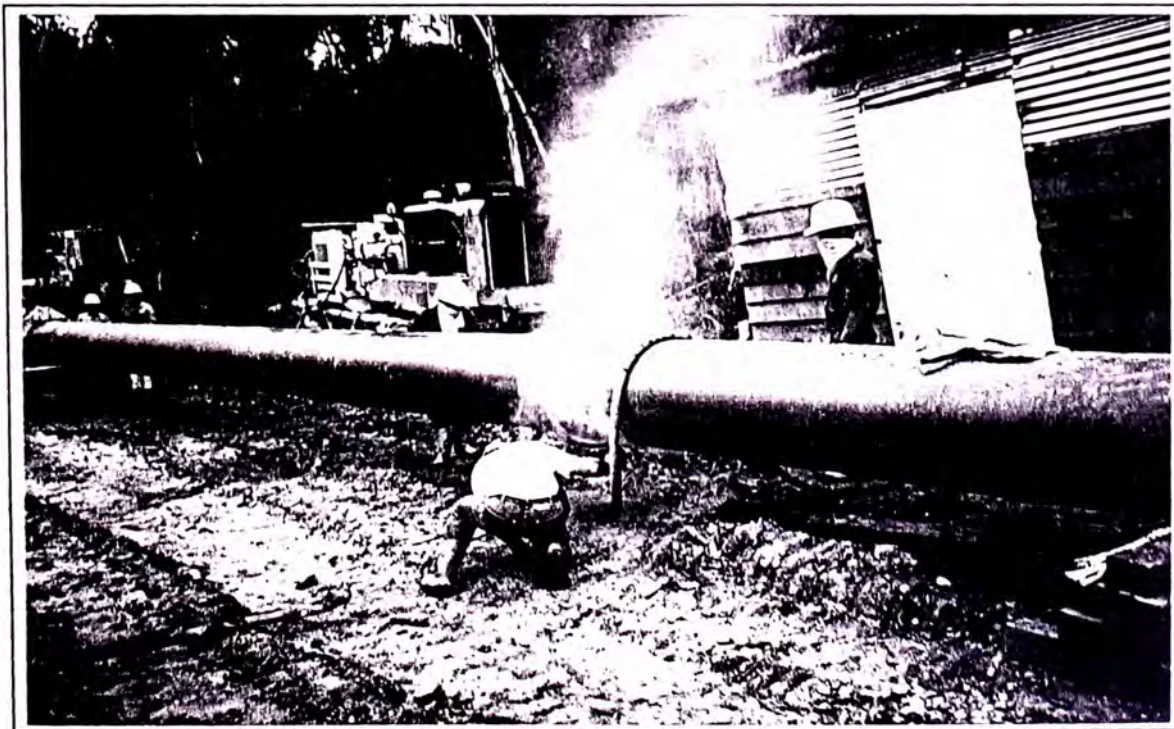


Foto 87 – Aplicación de polvo epóxico.



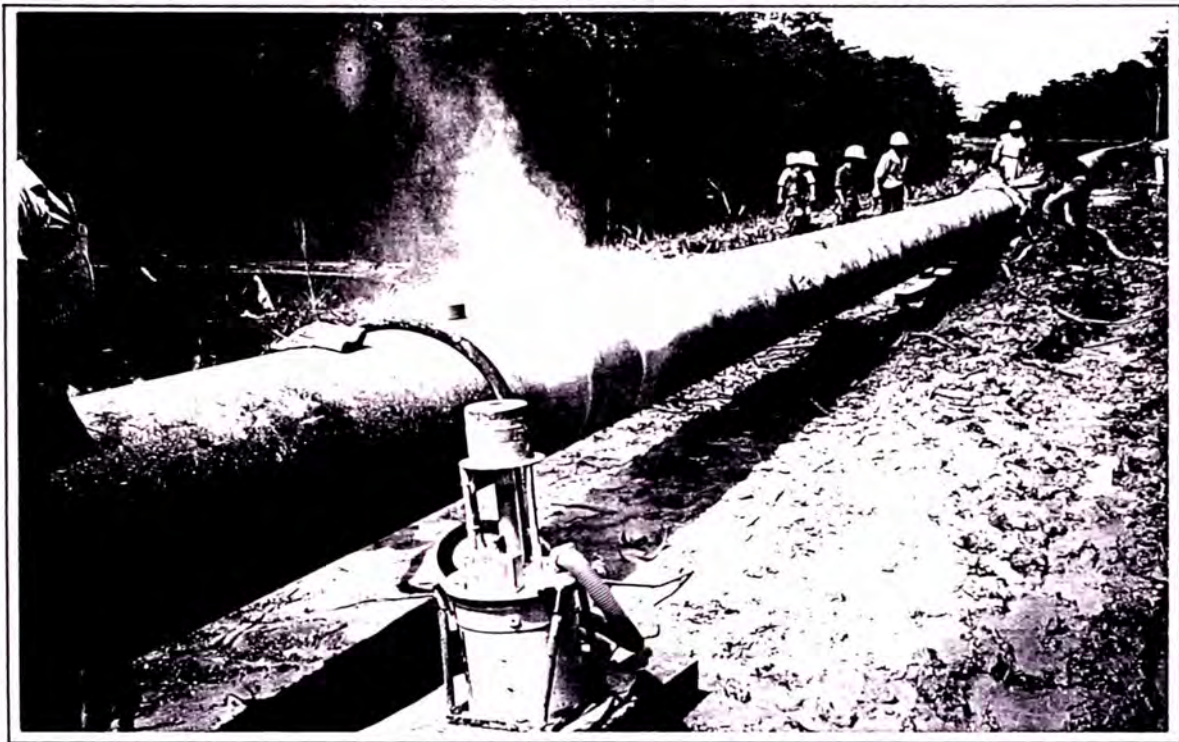


Foto 88 – Aplicación de polvo epóxico parte posterior-inferior del tubo.

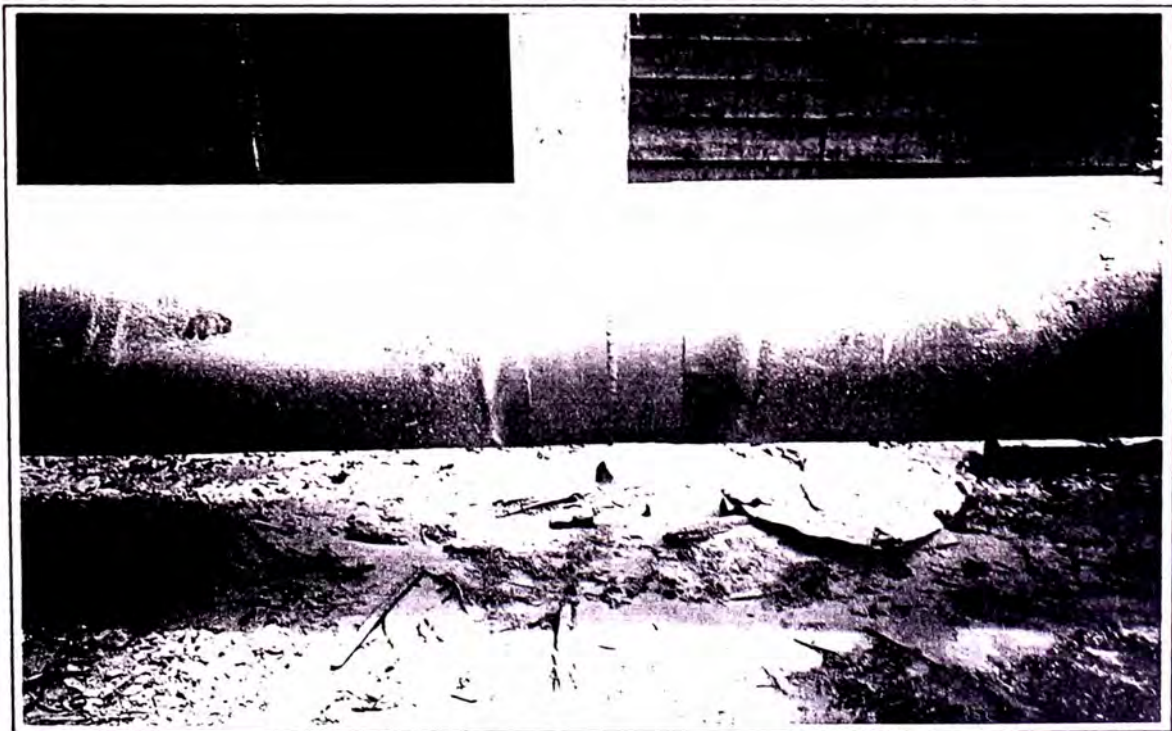


Foto 89 – Polvo epóxico aplicado –espesor de capa vanalste de 20 a 38 mils



Foto 90 – Aplicación de Powercrete.

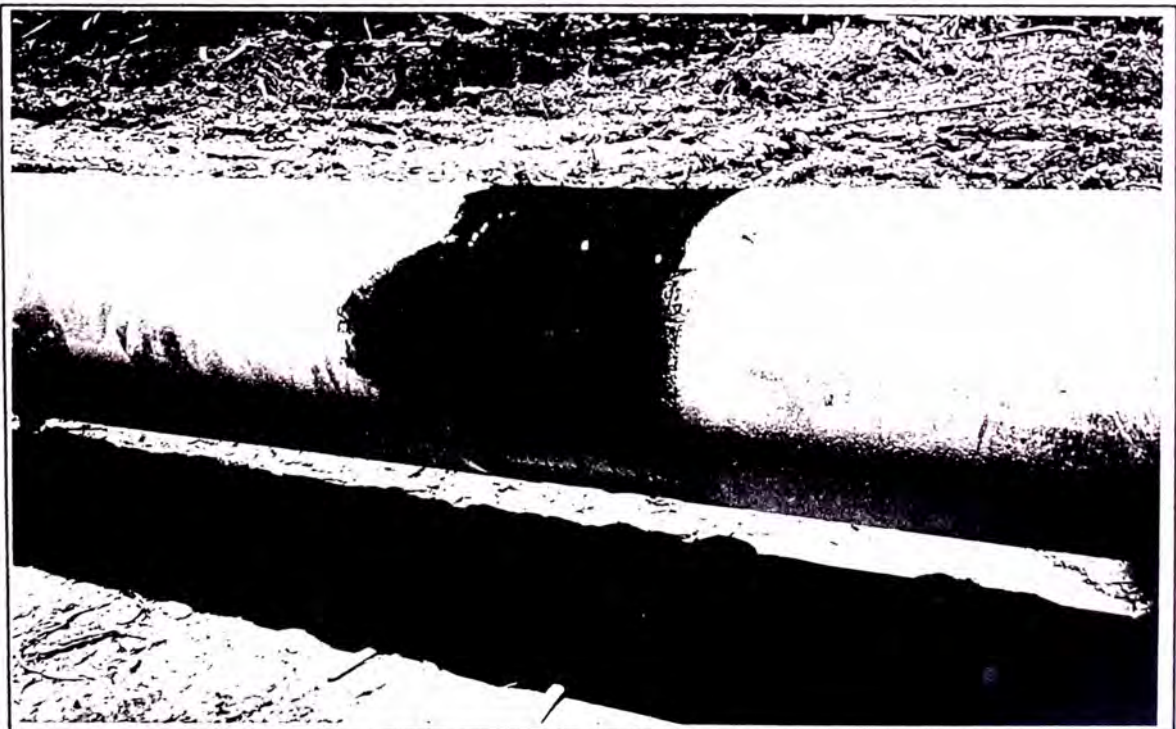


Foto 91 – Aplicación de Powercrete.



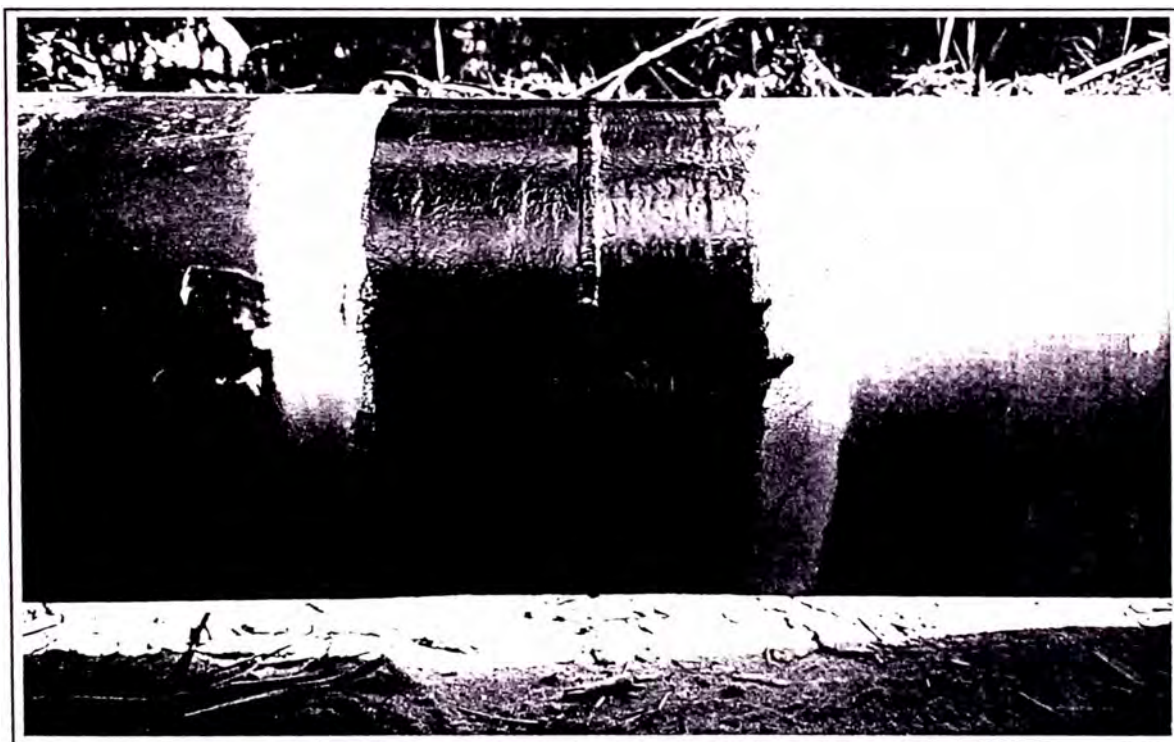


Foto 92 – Powercrete aplicado en dos pases para cubrir el espesor.

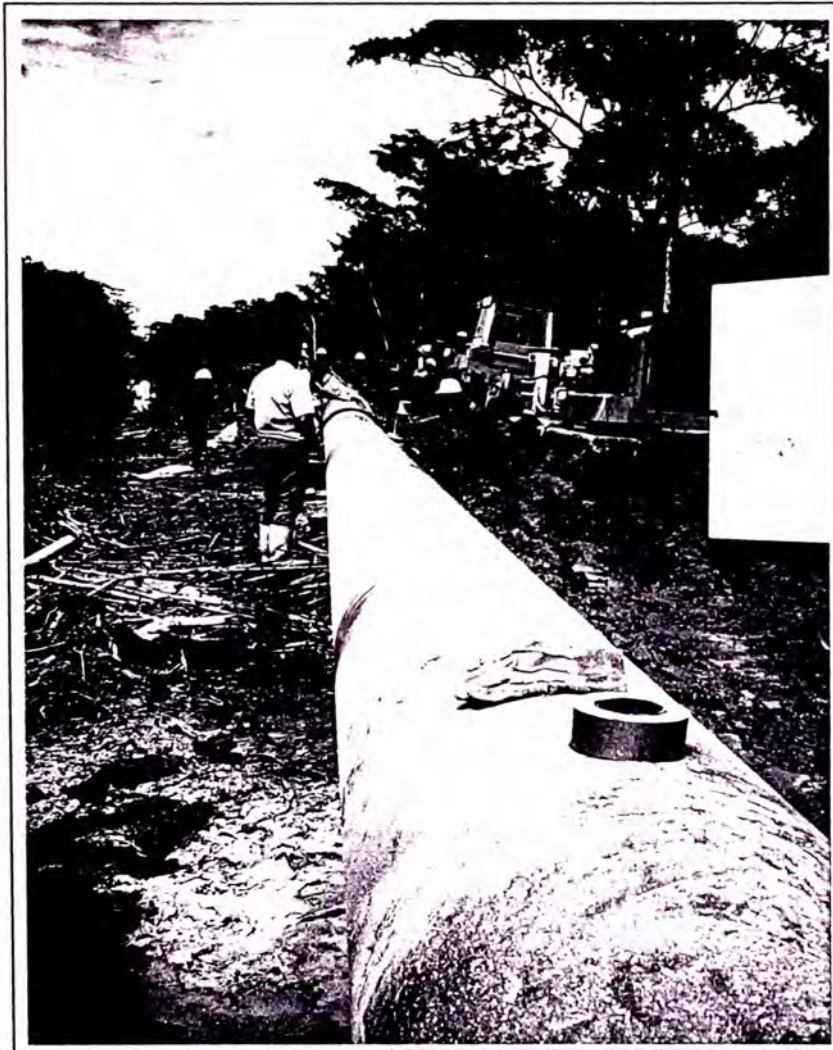


Foto 93 – Inspección de Junta y preparación para recubrimiento epóxico.



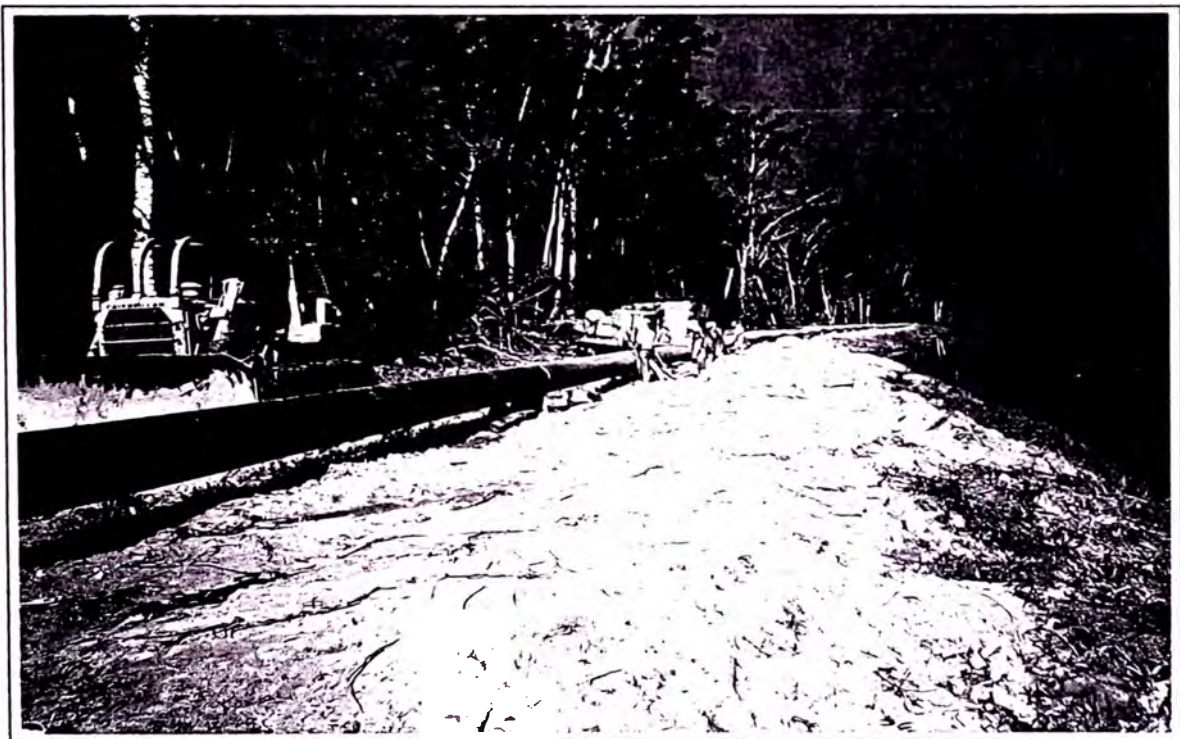


Foto 94 – Avance en la Línea con el recubrimiento epóxico.

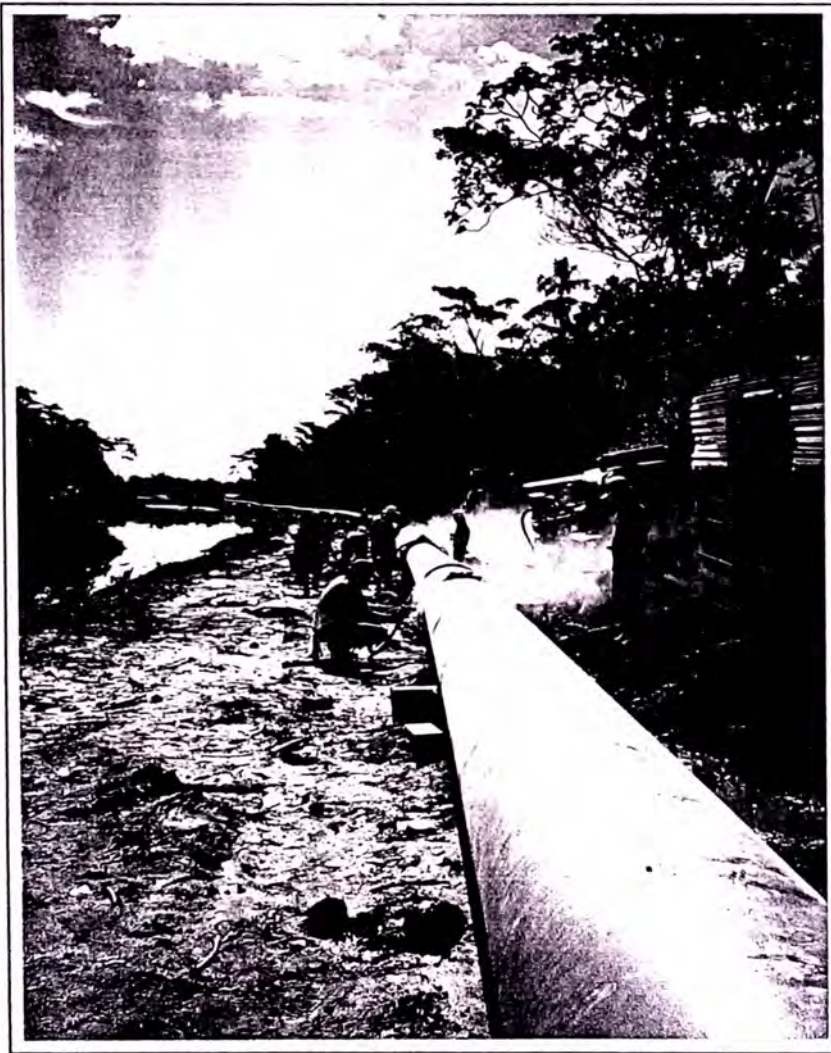


Foto 95 – Continuación del proceso de recubrimiento con polvo epóxico



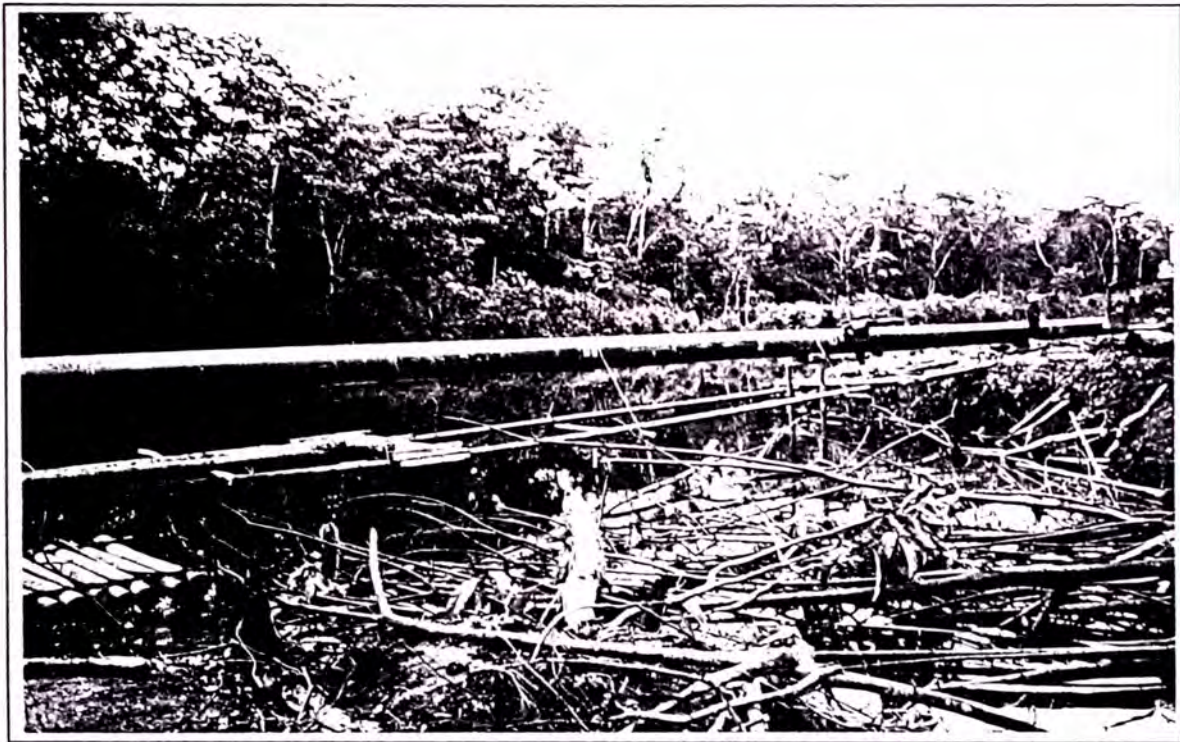


Foto 96 – Tramo en voladizo preparado para el pintado anticorrosivo con polvo epóxico.

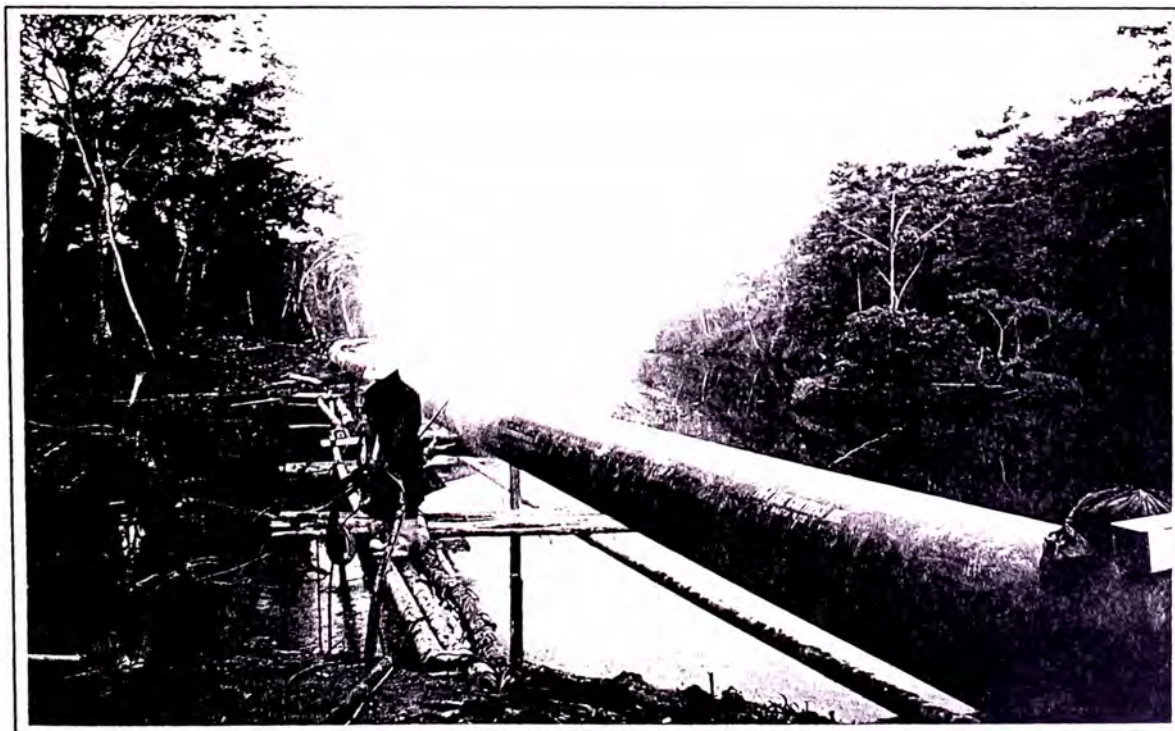


Foto 97 – Arenado de las juntas en el tramo en voladizo



Foto 98 – Pintado con anticorrosivo 3M – Líquido





Foto 99 – Recubrimiento Líquido Epóxico –3M para sustituir el polvo epóxico en zonas donde no se pueda trabajar con la bobina de calentamiento



Foto 100 – Zona con mucha agua, pintado con líquido epóxico 3M.



## **5. TIPOS DE PIGS**

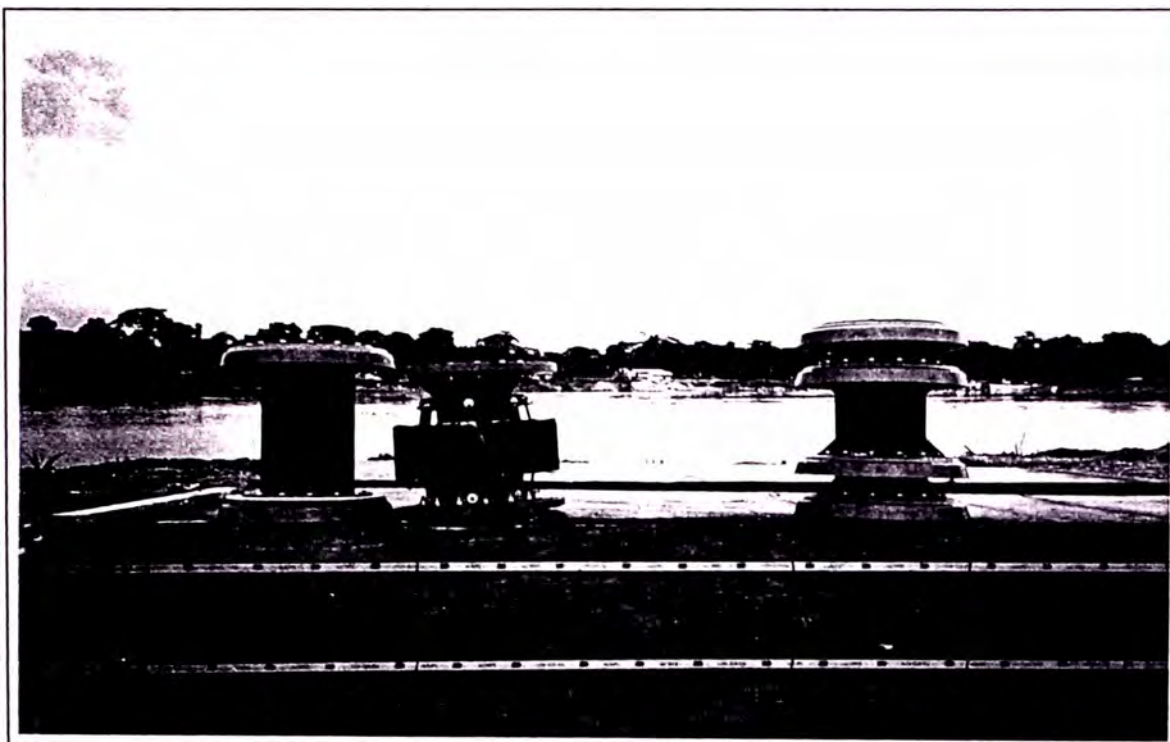


Foto 101 – Diversos tipos de Pig a usar en la Línea.

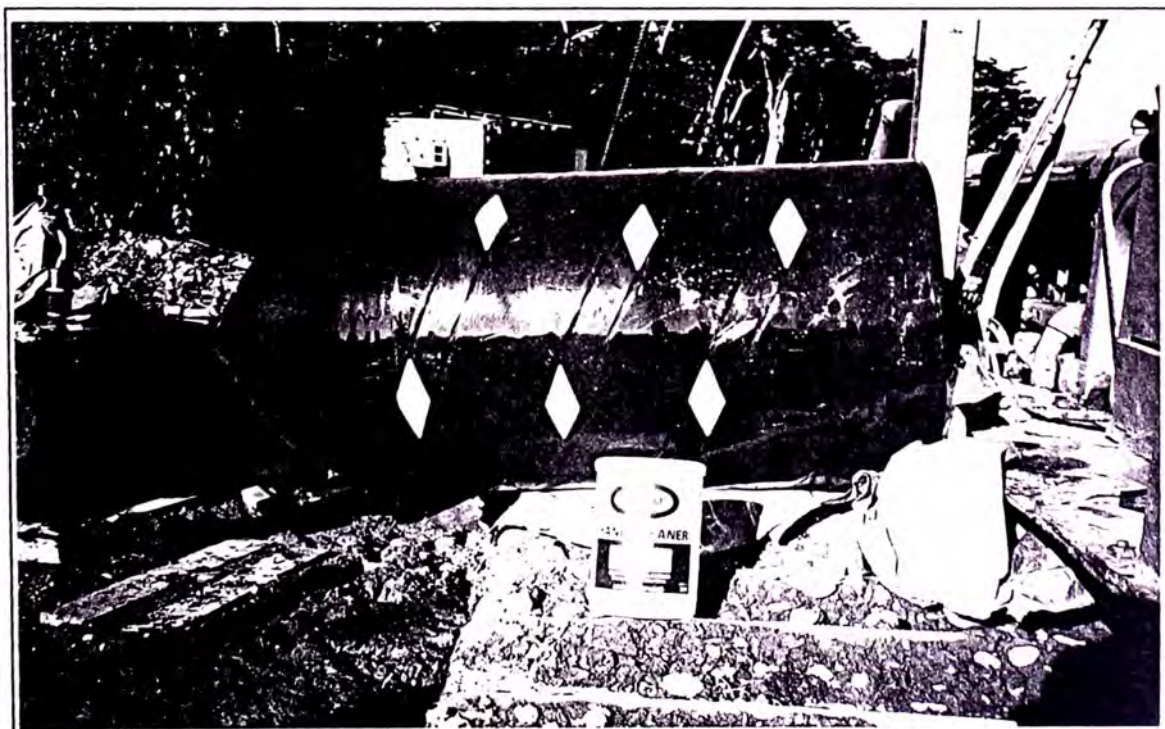


Foto 102 – Poly-pig.

**6. PREPARACIÓN Y ARMADO DE LOS CABEZALES PARA PRUEBA  
HIDROSTATICA DEL VARILLON**





Foto 103 – Seccionado de tubo para elaboración de Cabezal.

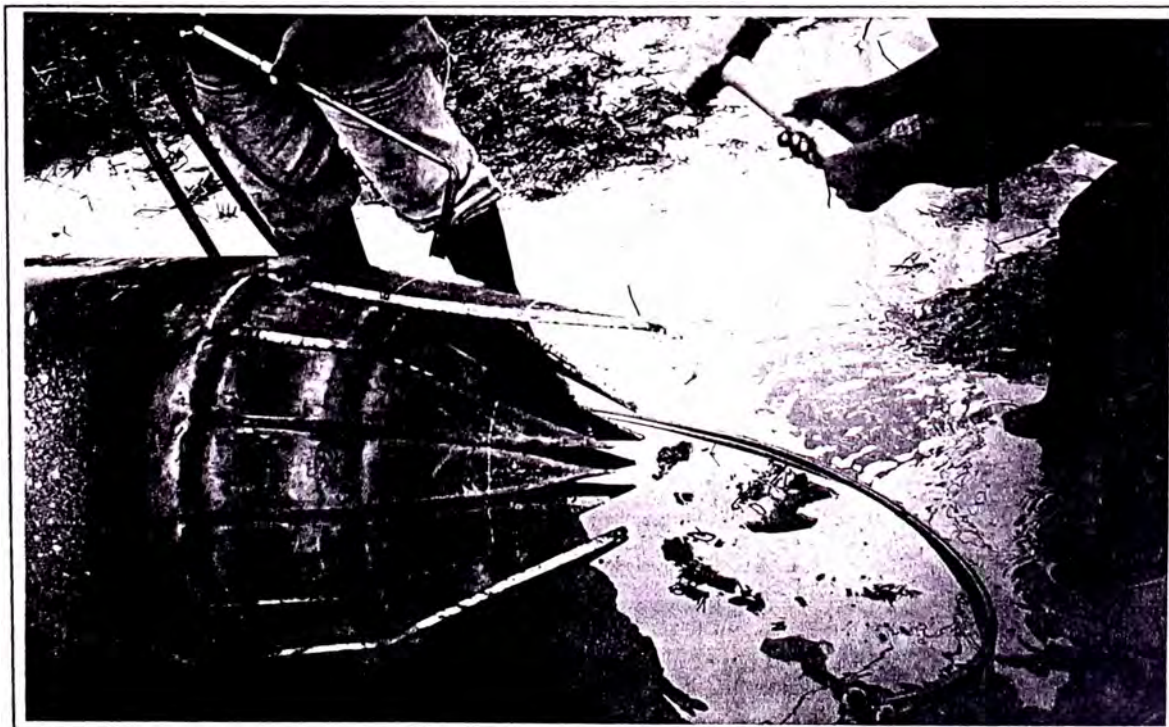


Foto 104 – Calentamiento y curvado de las diversas secciones.



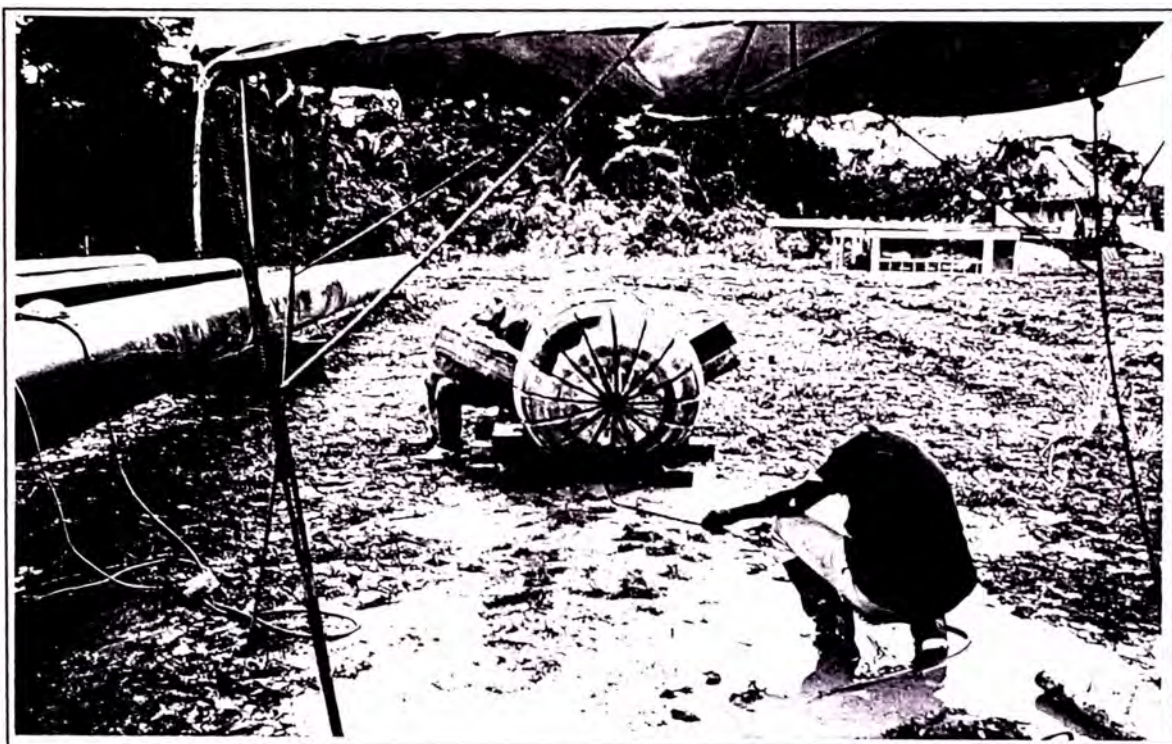


Foto 105 – Curvado terminado y listo para preparar juntas.

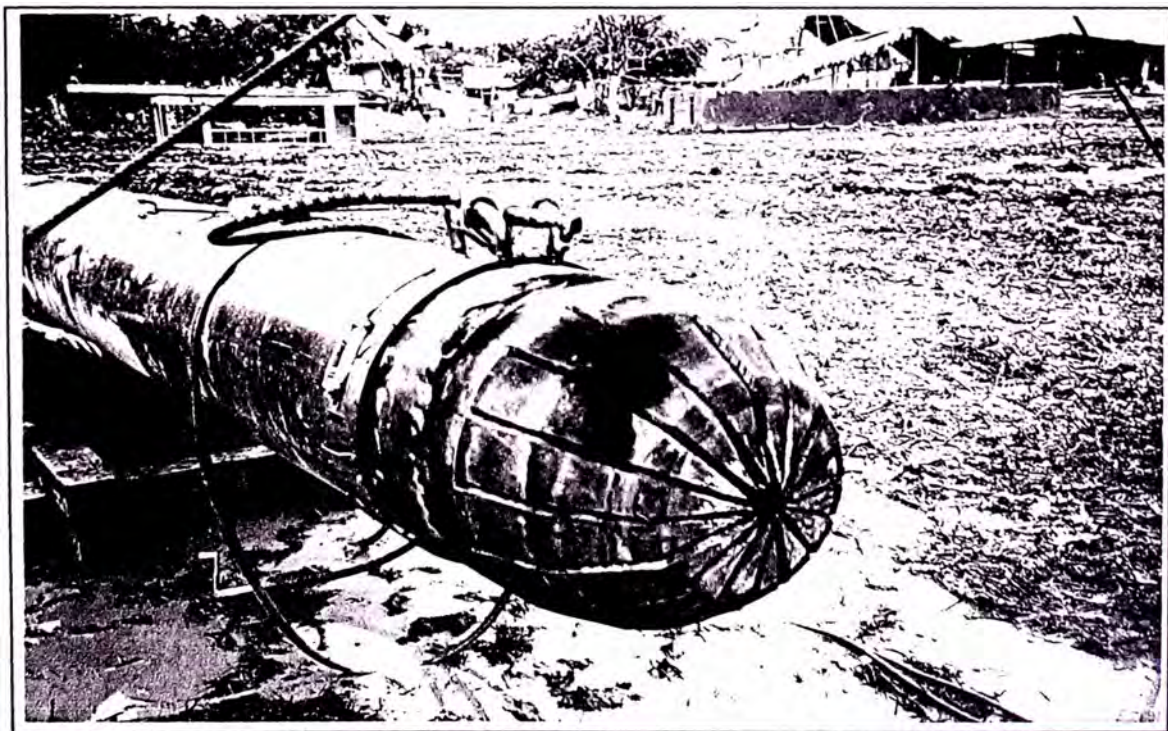


Foto 106 – Operación de corte.





Foto 107 – Equipo de corte montado.

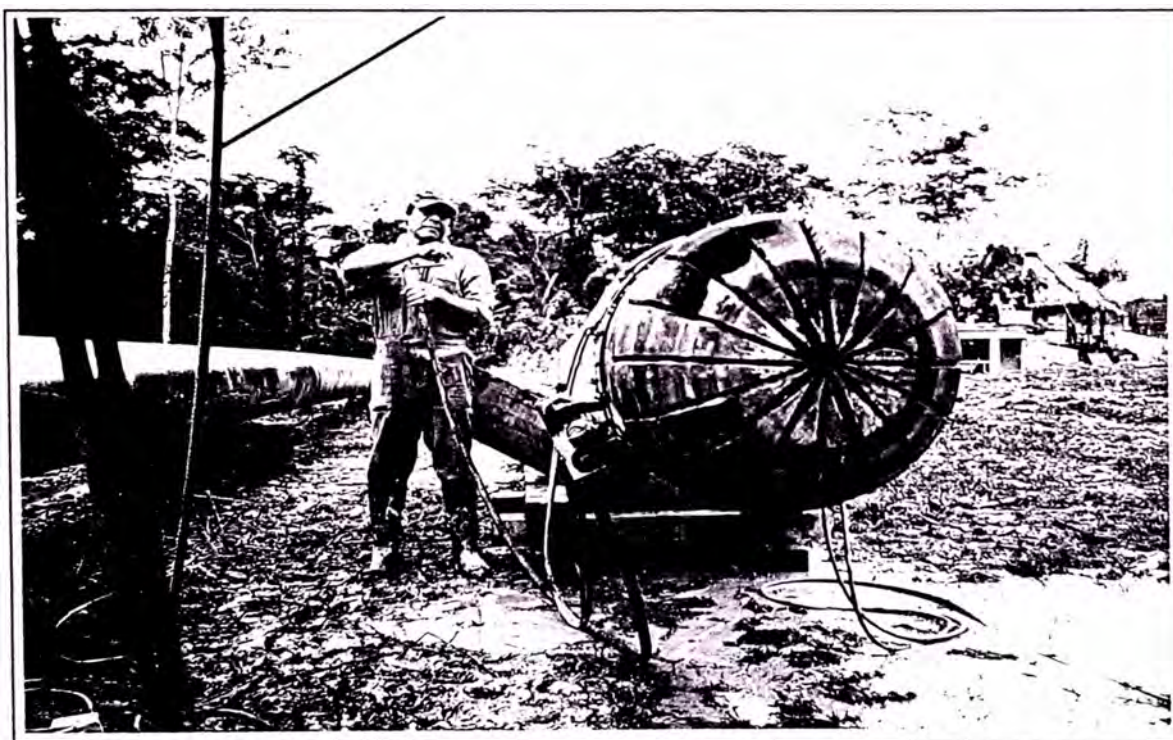


Foto 108 – Corte de la sección de tubo empleado para elaborar Cabezal.



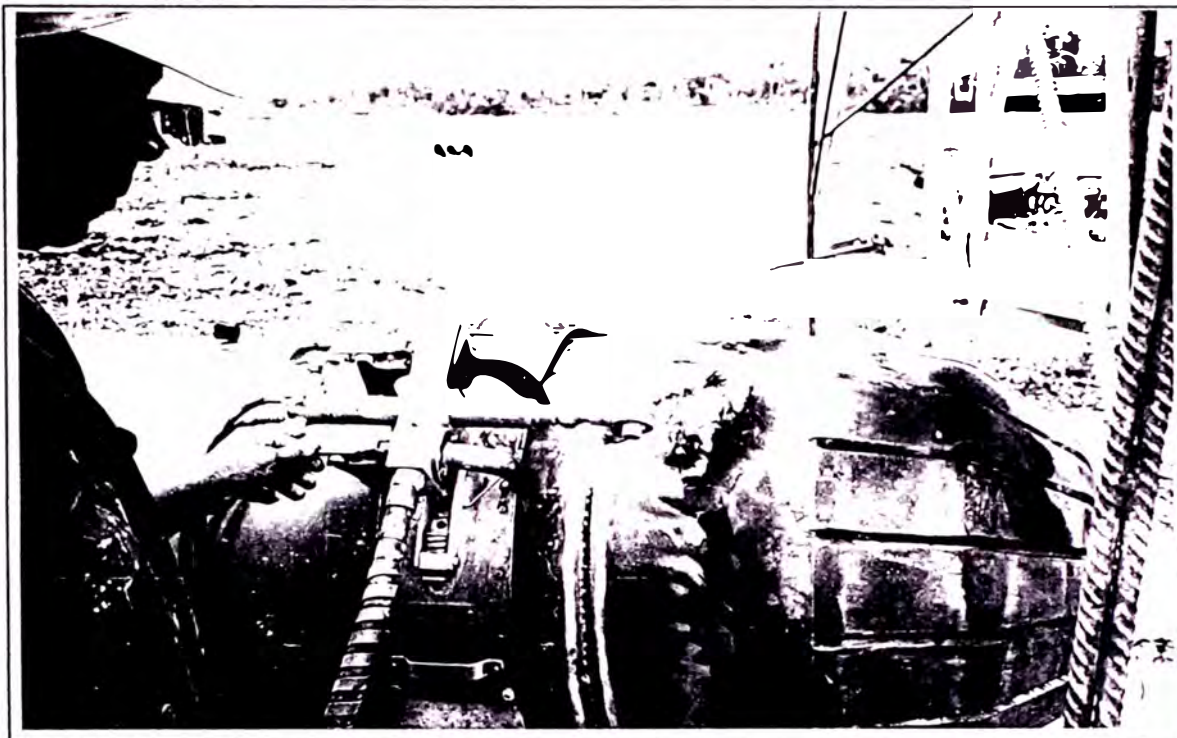


Foto 109 – Terminando operación de corte.



Foto 110 – Operación de corte terminado.





Foto 111 – Preparando bisel a Cabezal.

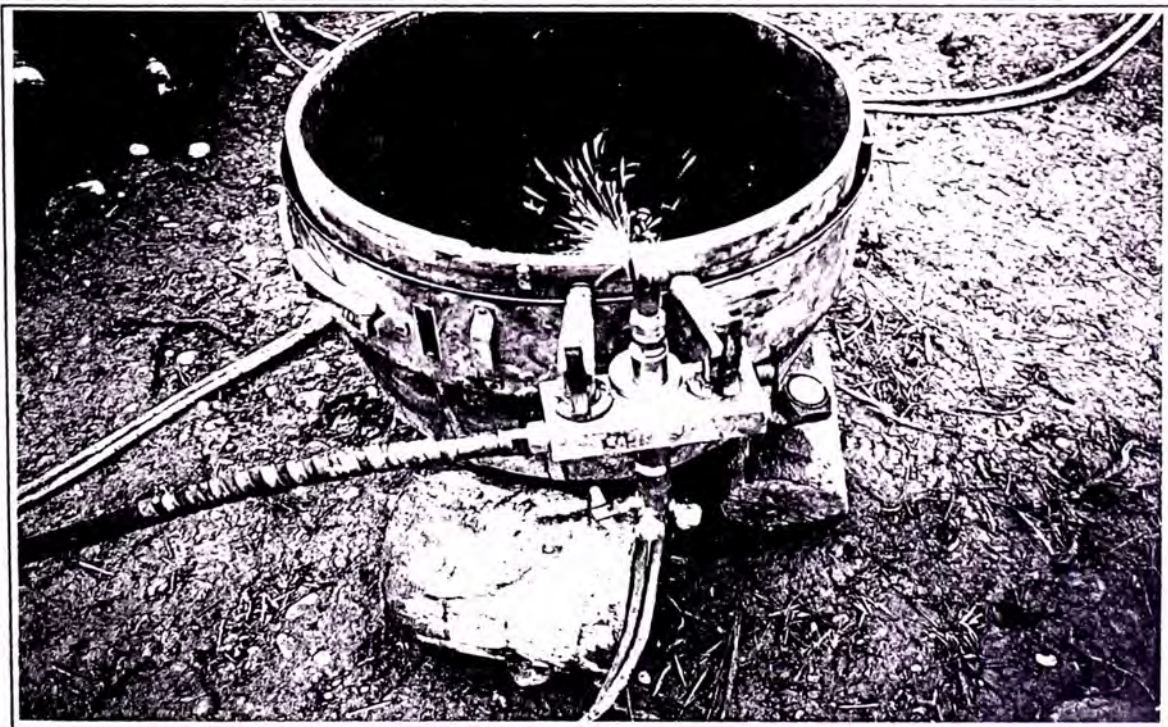


Foto 112 - Preparación de bisel de Cabezal.



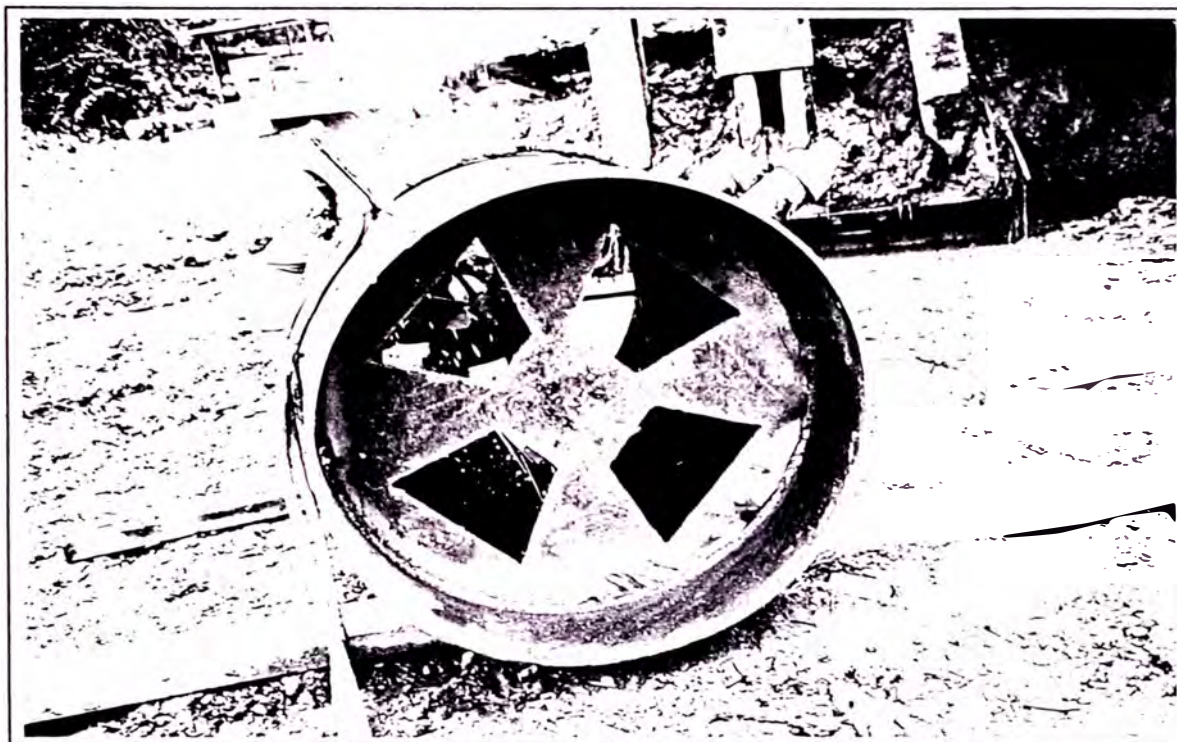


Foto 113 – Montaje del sistema de recepción del Pig.

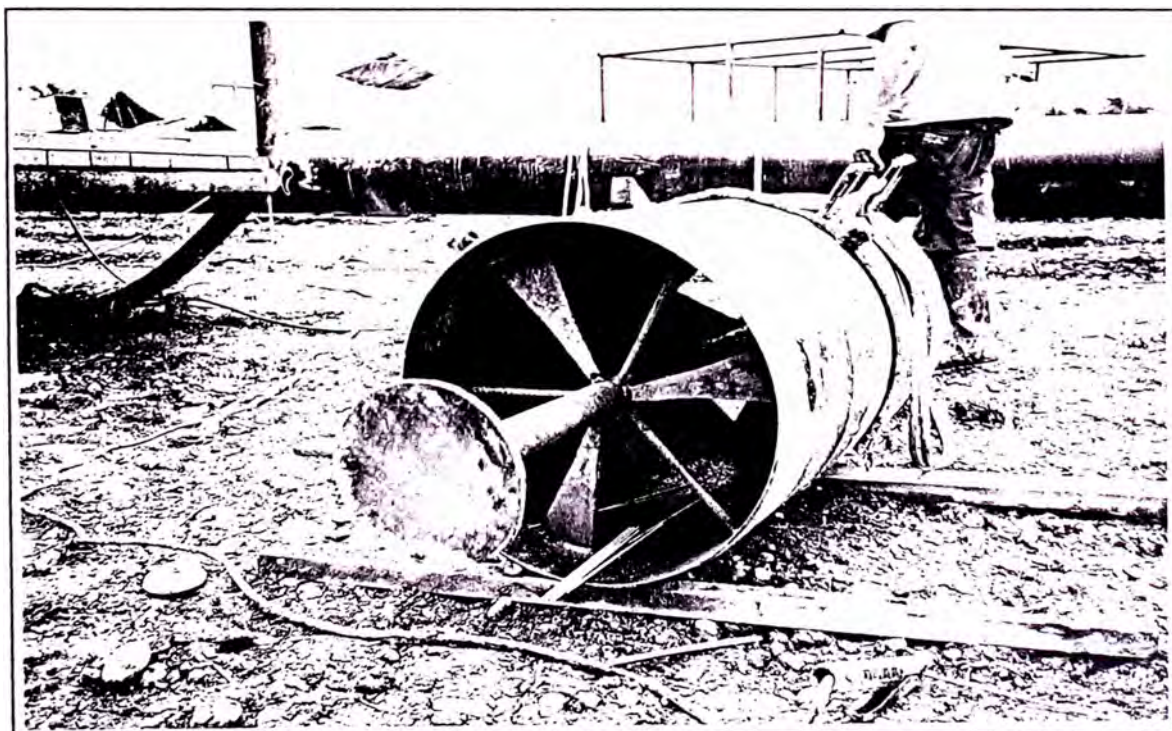


Foto 114 – Cabezal anterior asegurando tope y bastidor de choque para Pig.



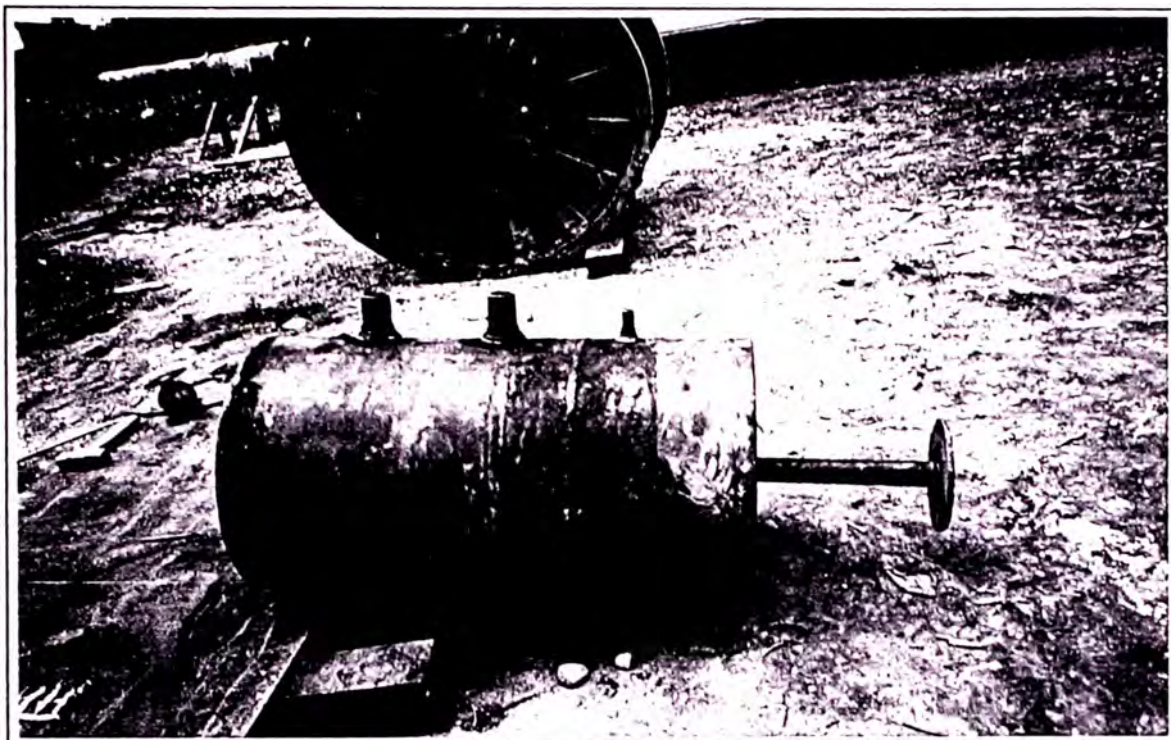


Foto 115 – Colocación de niples para montaje de control de presión, temperatura y drenaje.

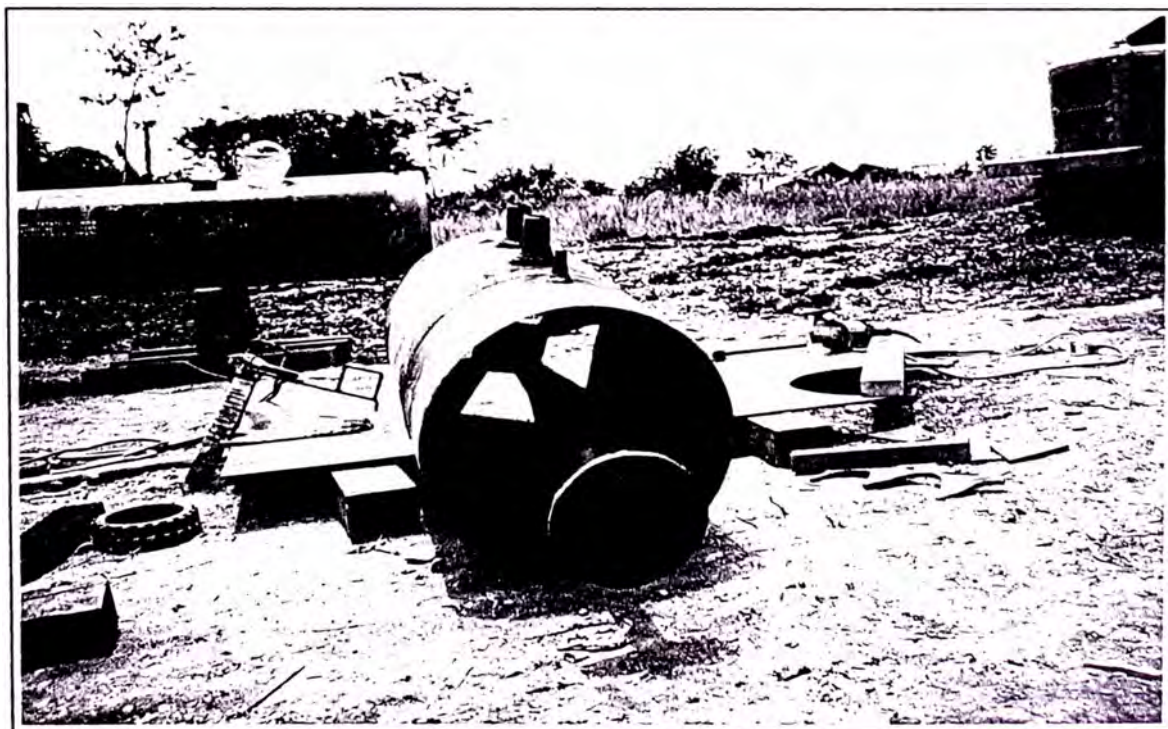


Foto 116 – Sección transversal de Bastidor





Foto 117 – Cabezal preparado para unirlo al bastidor.



Foto 118 – Cabezal y tapa montados en Varillón en la parte posterior.



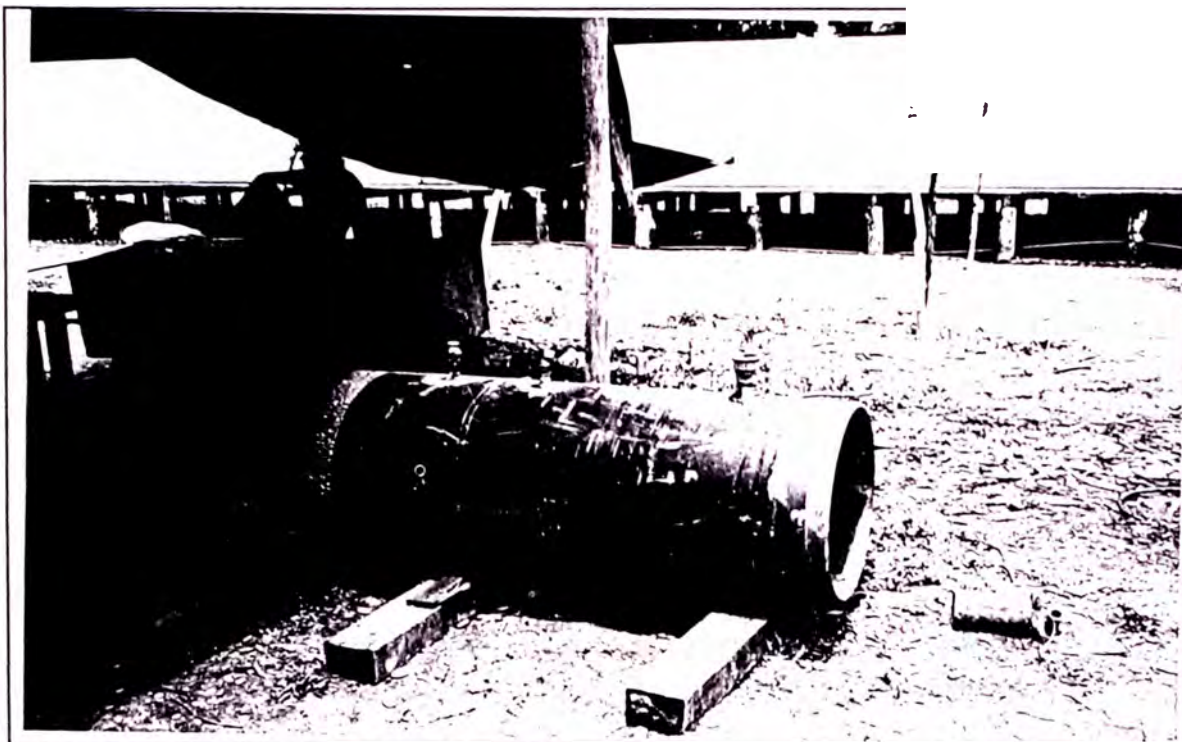


Foto 119 – Cabezal ha ser montado en la parte anterior del Varillón para movilizar Pig con aire comprimido

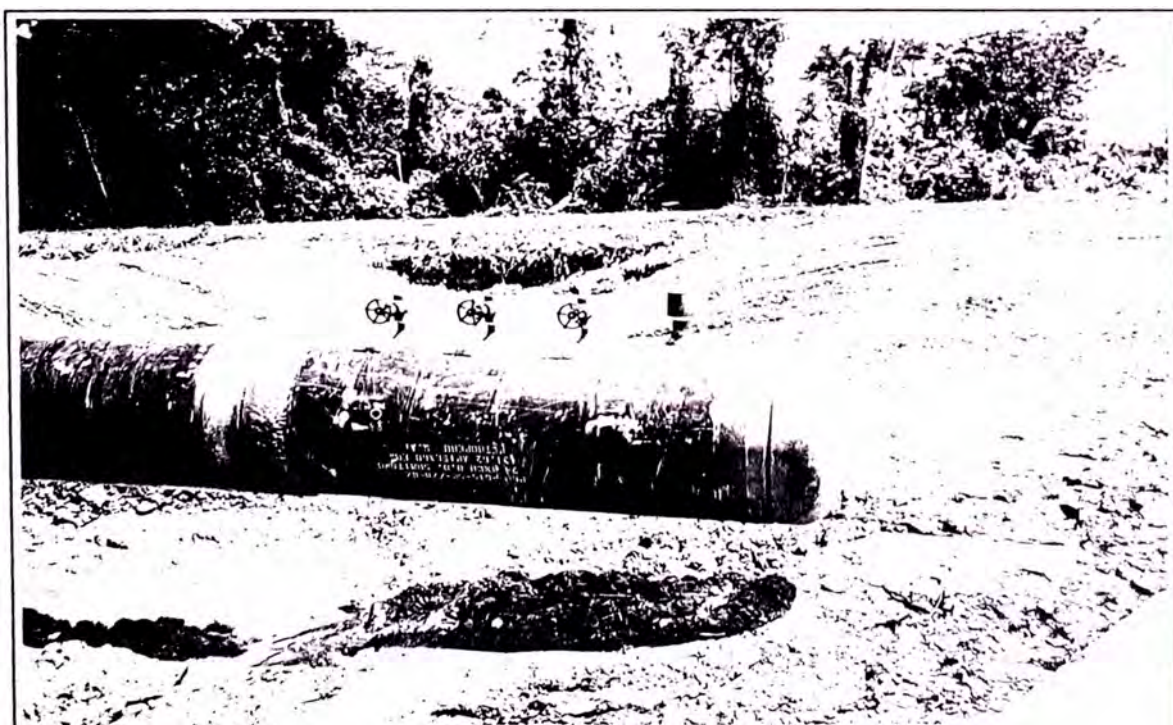


Foto 120 – Cabezal anterior listo, unido por un pase a tapa y tubería.





Foto 121 – Soldadura de tapa a cabezal anterior.



Foto 122 – Retiro de Cabezal para montar Poly-Pig y Pig para limpieza y eliminación de aire

## **7. PRUEBA HIDROSTATICA DEL VARILLON**





Foto 123 – Finalización de la soldadura del Varillón.  
Observar la capucha que se coloca para evitar  
ingreso de insectos.  
Al inicio también se colocó.

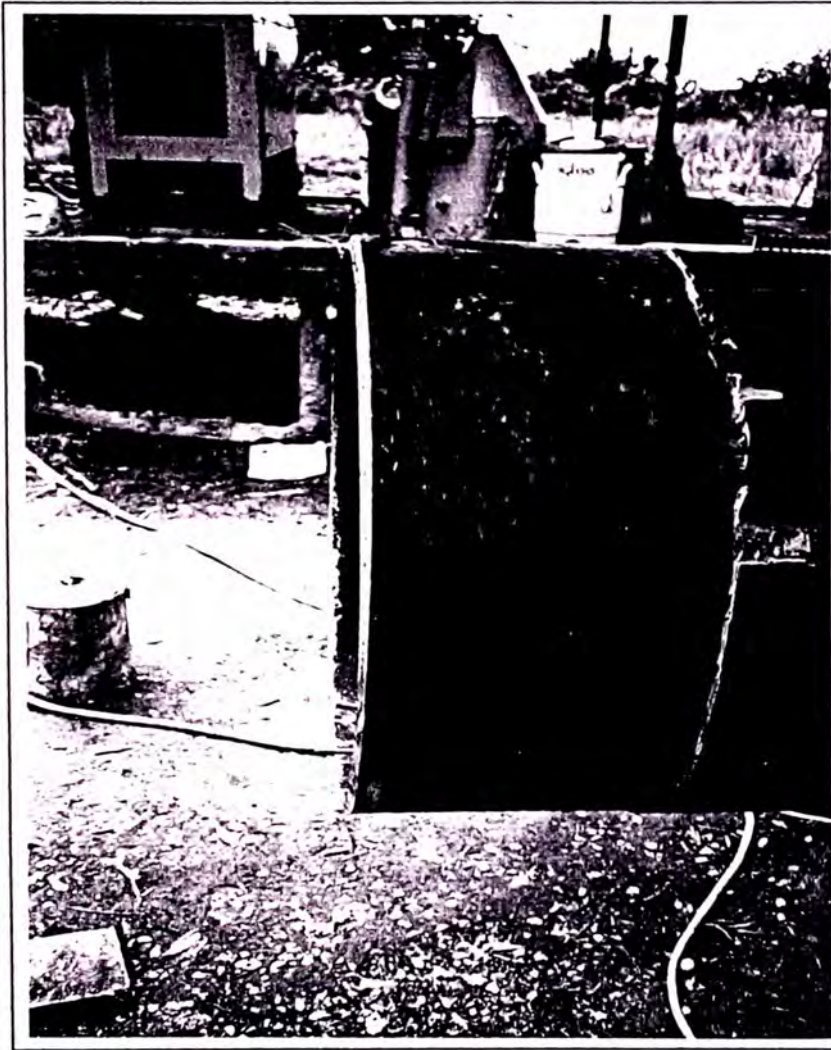


Foto 124 – Superficie circunferencial de cabezal anterior preparado para colocar tapa.

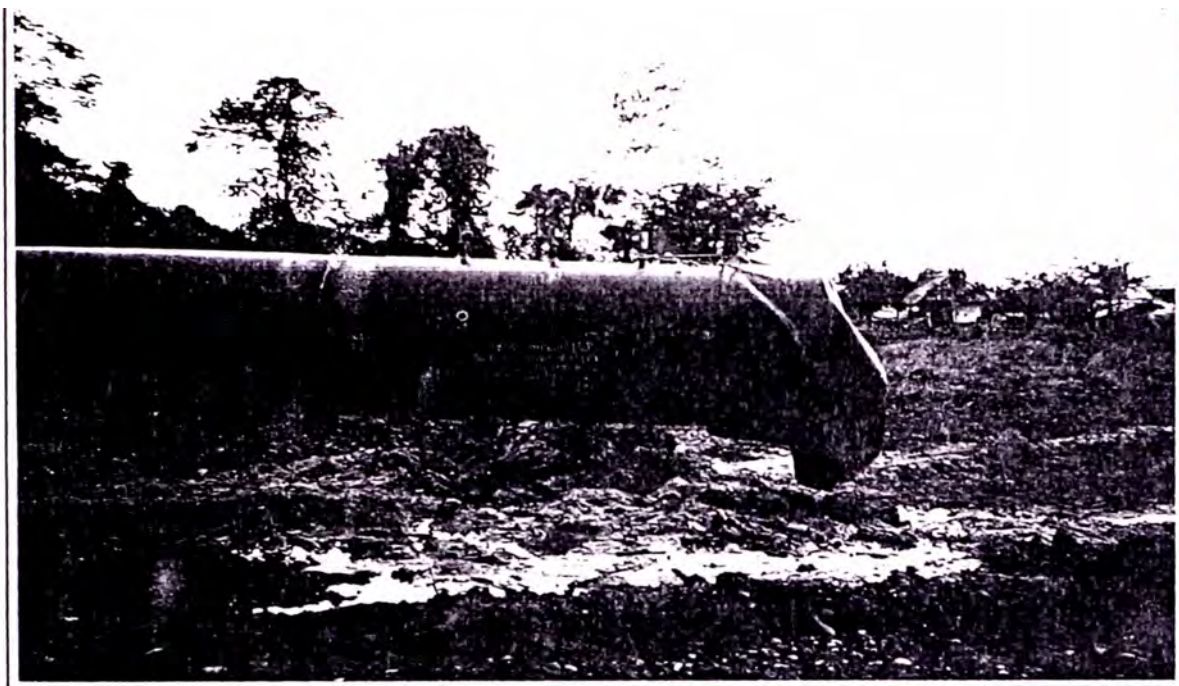


Foto 125 – Cubiertas usadas para la parte posterior y anterior del Tubo.



Foto 126 – Introducción de un Pig de poliuretano.





Foto 127 – Posicionado de Pig para introducirlo al Varillón .



Foto 128 – Pig ingresando a Varillón





Foto 129 – Poly-Pig introducido en Varillón .



Foto 130 – Alineando Pig para ser introducido en Varillón





Foto 131 – Introducción de Pig de limpieza.



Foto 132 – Mitad del Pig introducido en Varillón





Foto 133 – Terminando la introducción del Pig.

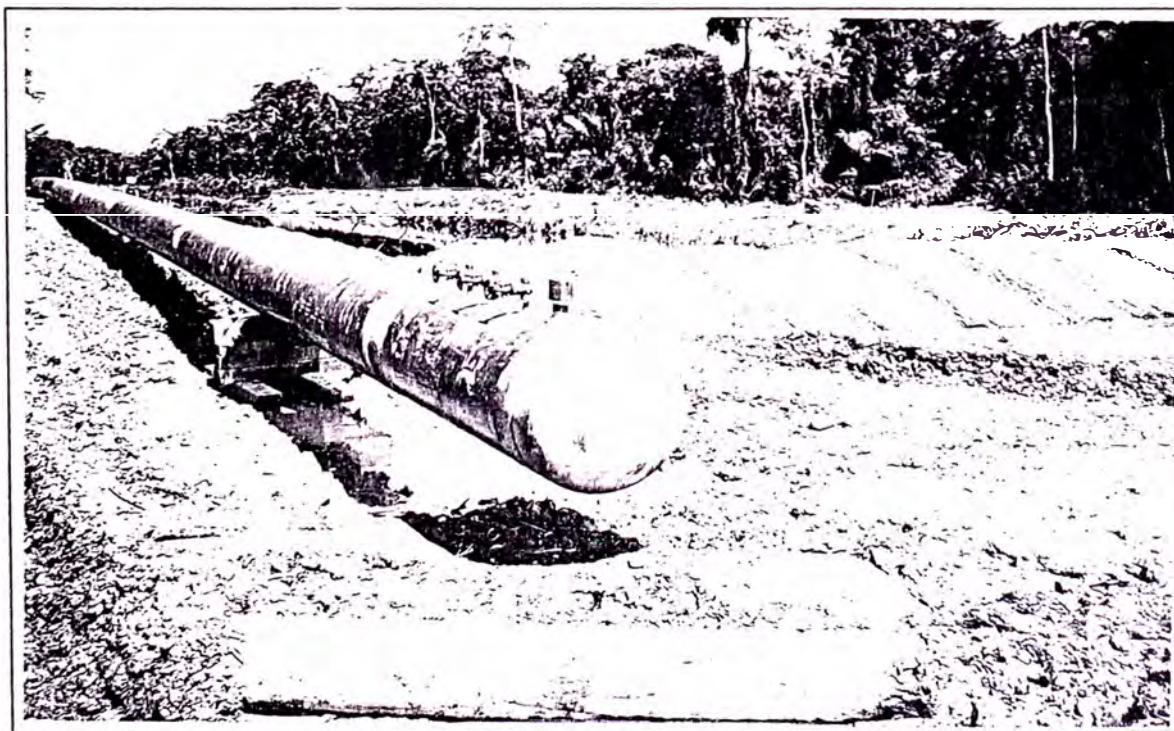


Foto 134 – Cabezal anterior nuevamente colocado.





Foto 135 – Se inyecta aire comprimido, el Pig no avanza.

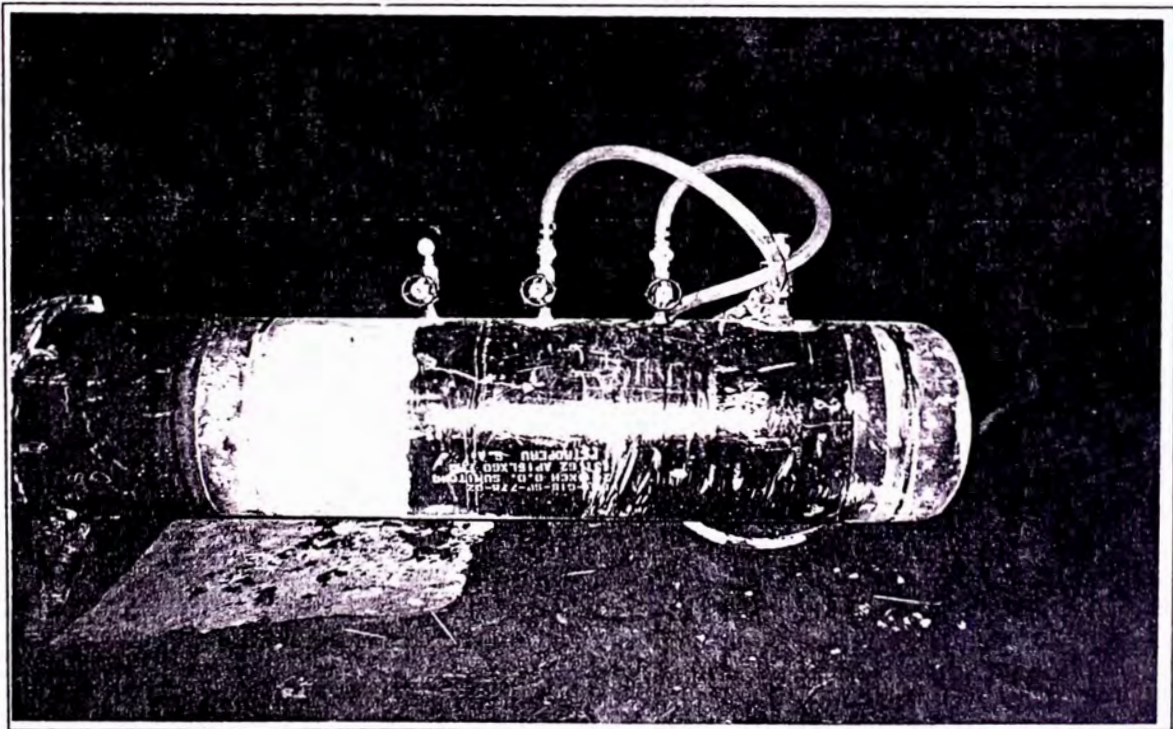


Foto 136 – Inyección de aire comprimido al Varillón por intermedio de dos mangueras. El Pig y el Poy-Pig avanzan.



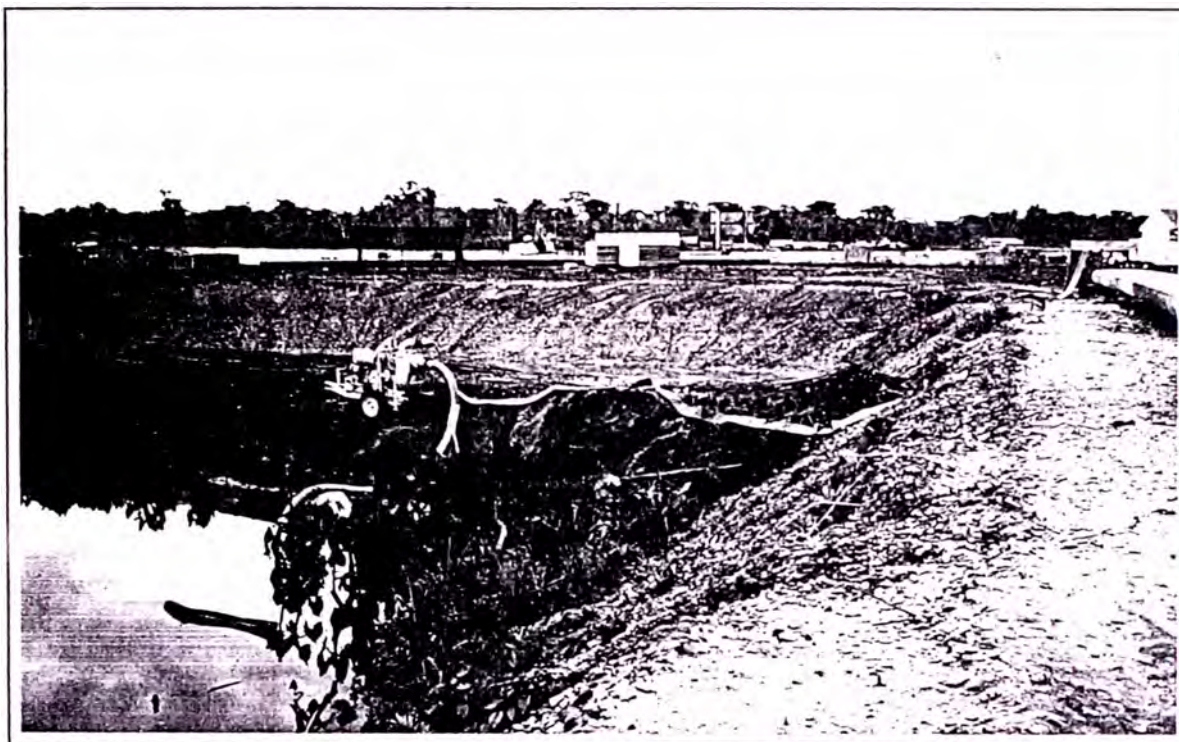


Foto 137 – Motobomba succionando agua a la bomba de presión.

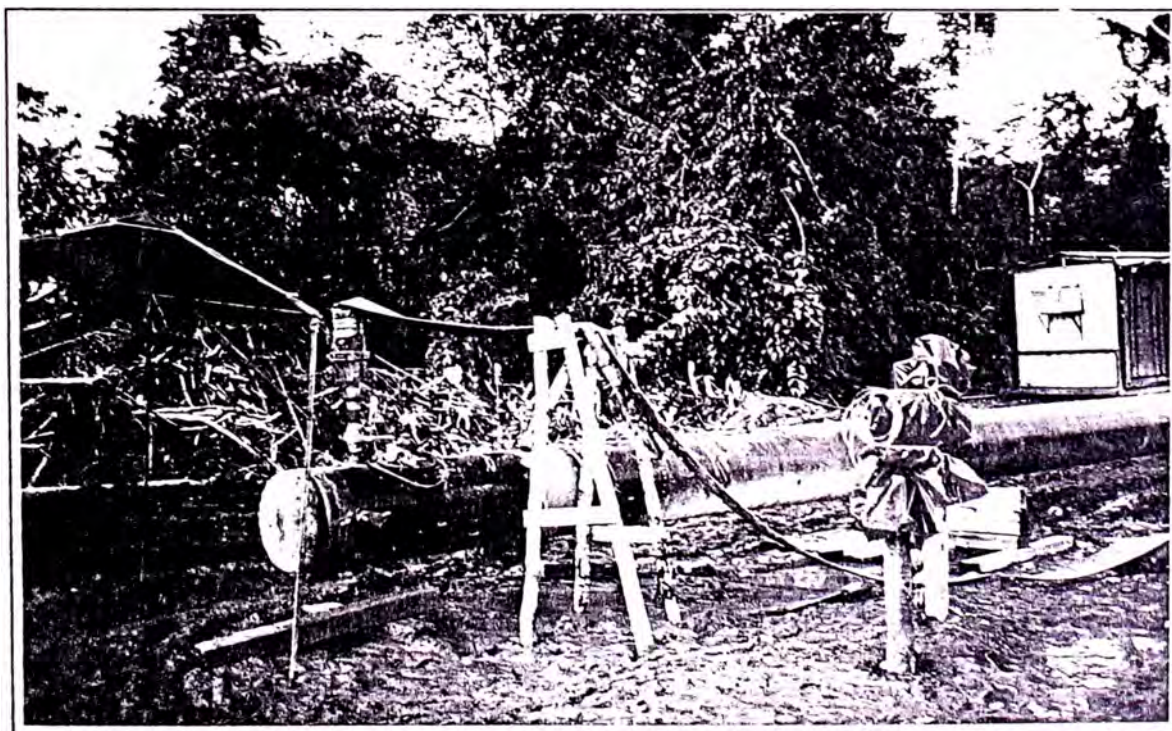


Foto 138 – Cabezal anterior montado e instalando accesorios para prueba hidrostática.



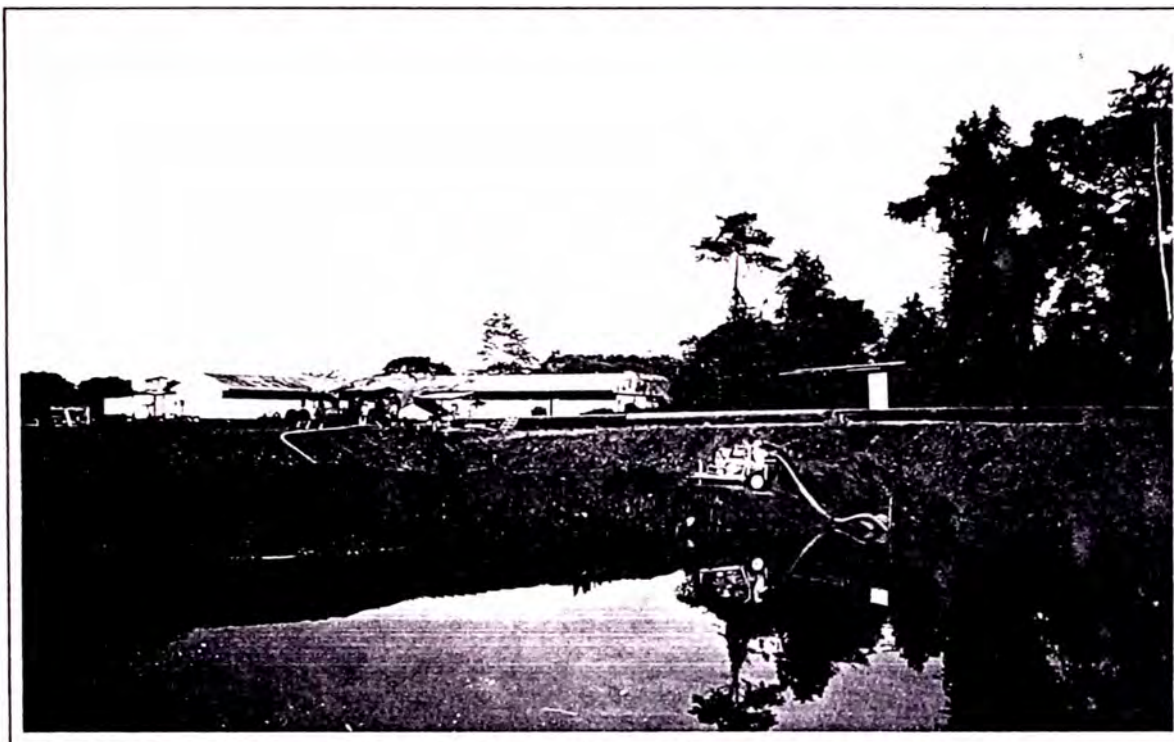


Foto 139 – Vista panorámica del sistema para prueba de presión-Manómetro .  
Evacuación e ingreso de agua de bomba de presión.

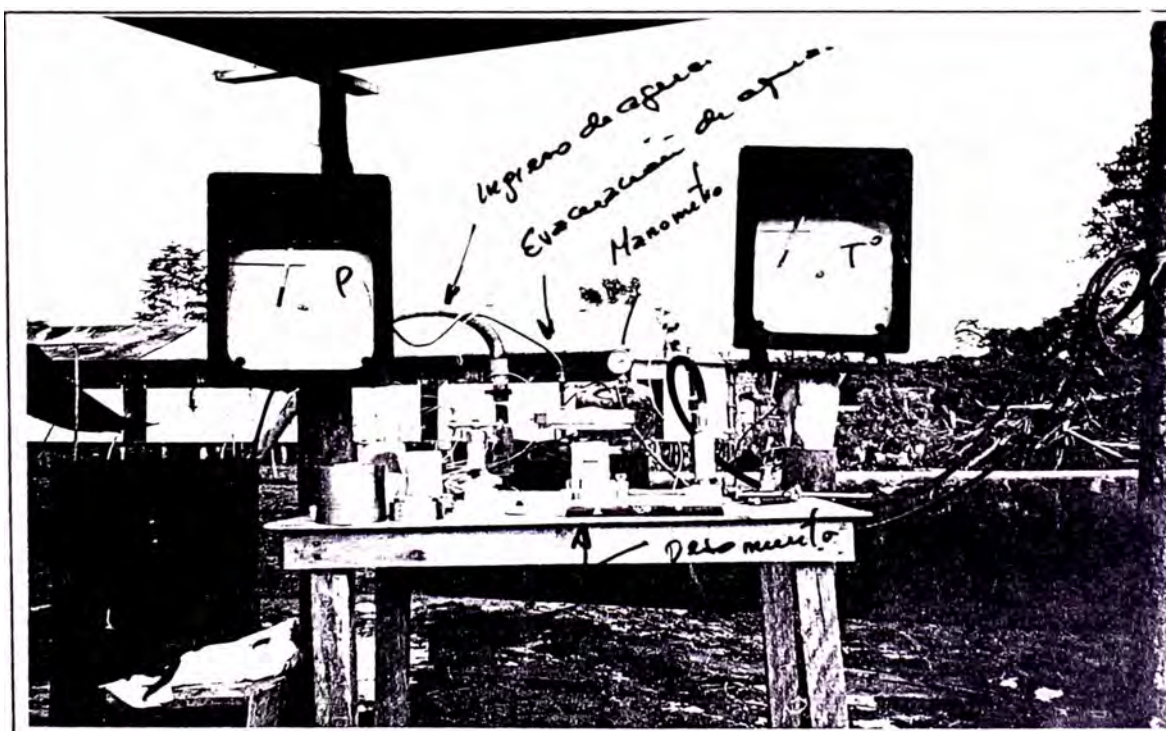


Foto 140 – Registros de T-P y Peso Muerto.  
Evacuación e Ingreso de agua de bomba de presión.



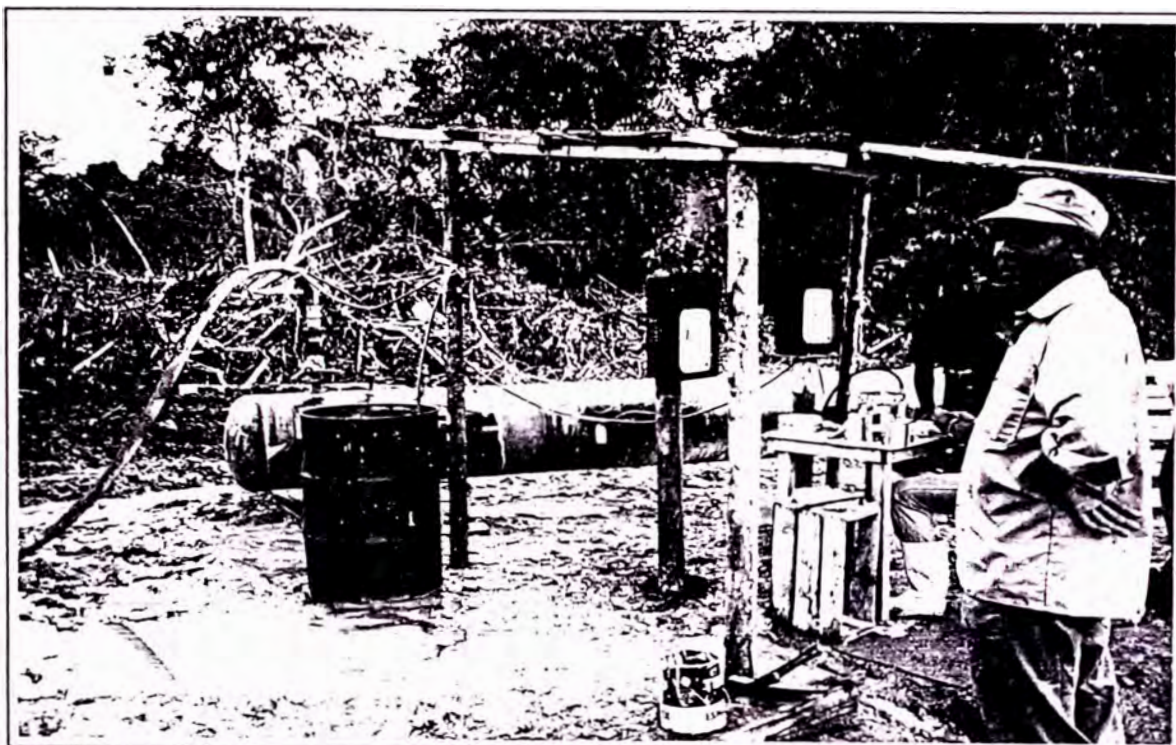


Foto 141 – Equipo totalmente montado para comenzar prueba.



Foto 142 – Montaje de Cabezal con instrumentos para el control de P-T y Peso Muerto.

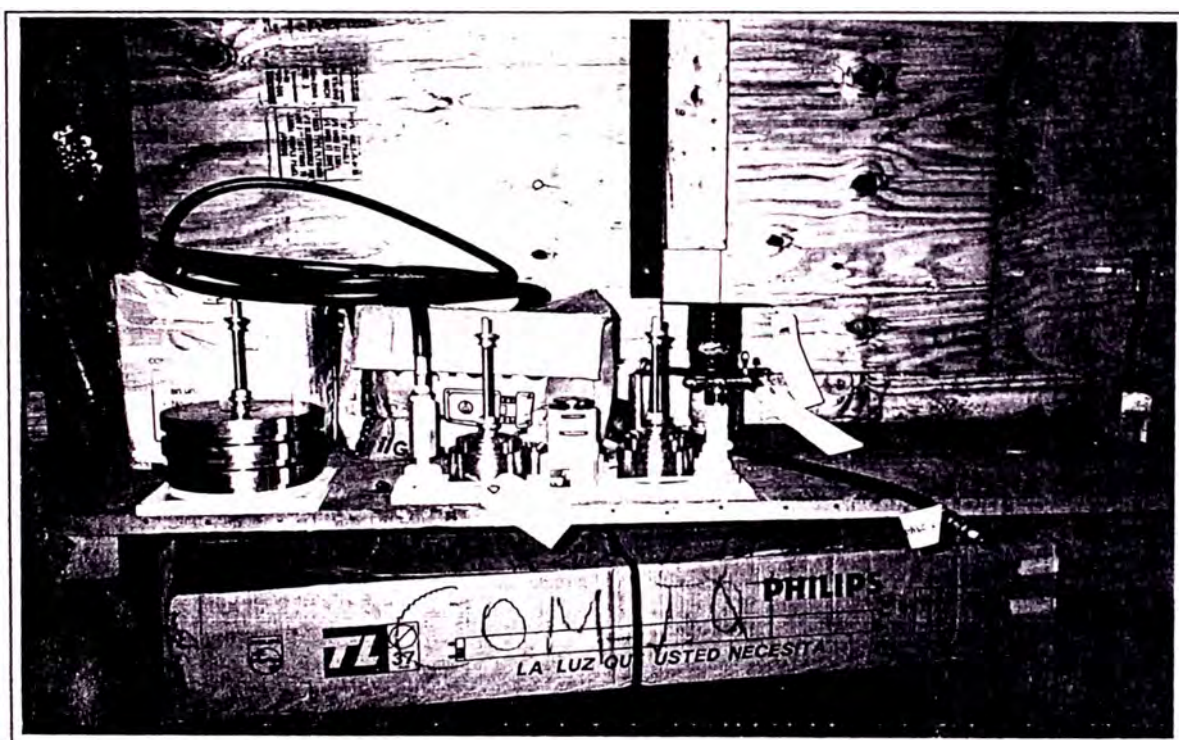


Foto 143 – Balanza de Peso Muerto para control preciso de presión.

## **8. TABLAESTACADO Y FALLA PRESENTADA**





Foto 144 – Vista anterior por zona de extracción de agua.

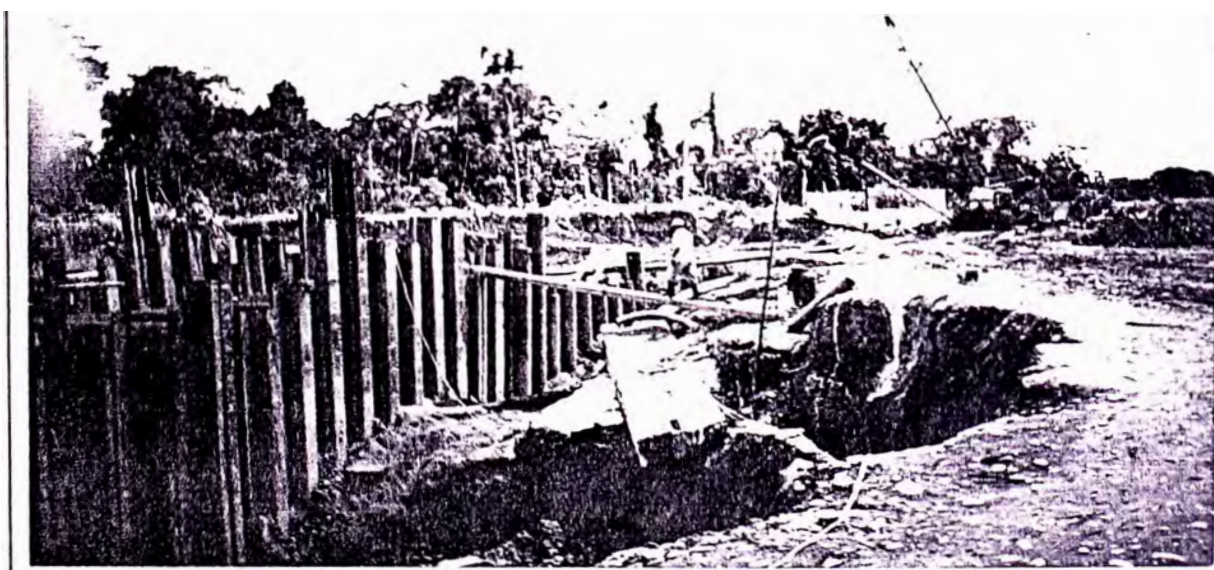


Foto 145 – Vista lateral y de ingreso hacia el interior de la excavación protegida.



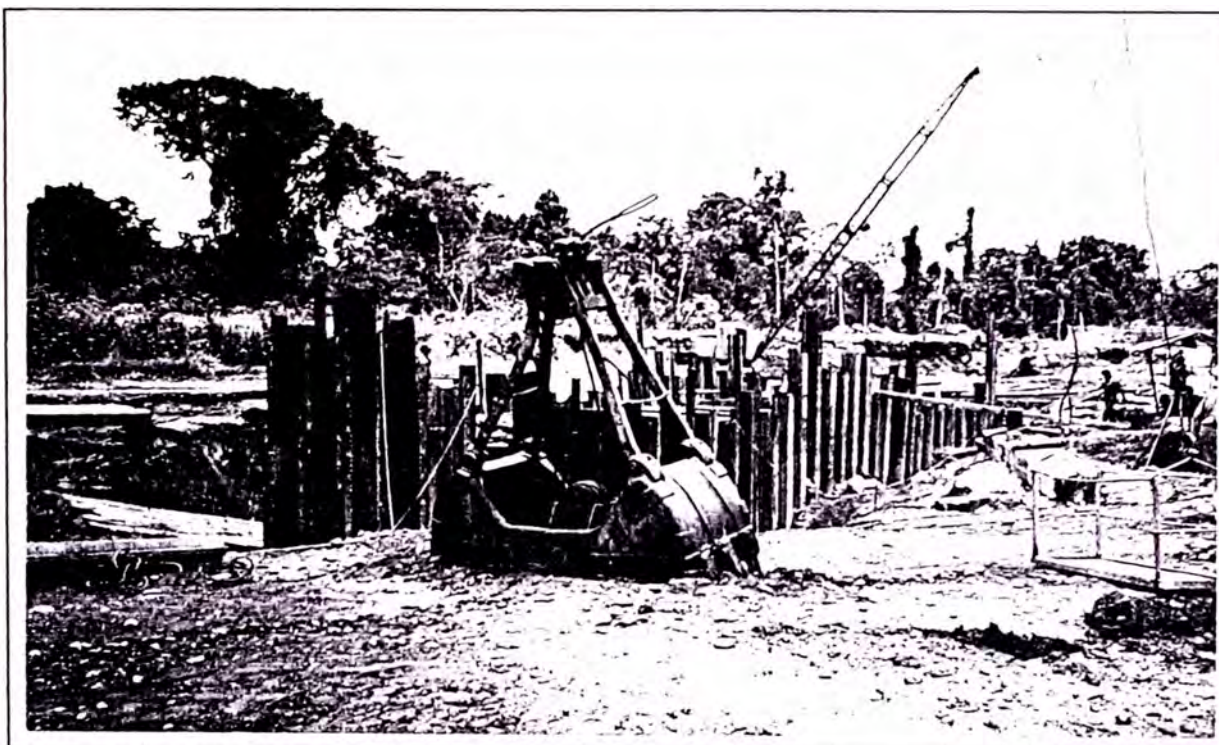


Foto 146 – Vista exterior de excavación protegida.

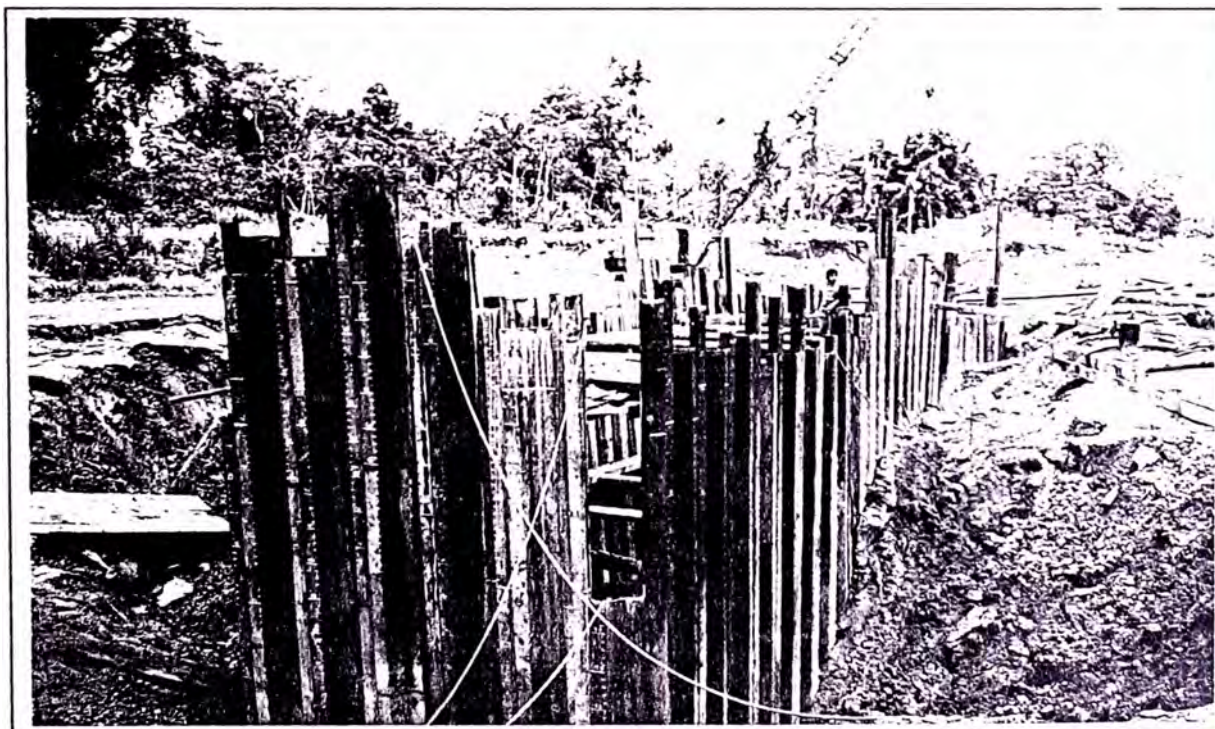


Foto 147 – Vista exterior de excavación protegida.



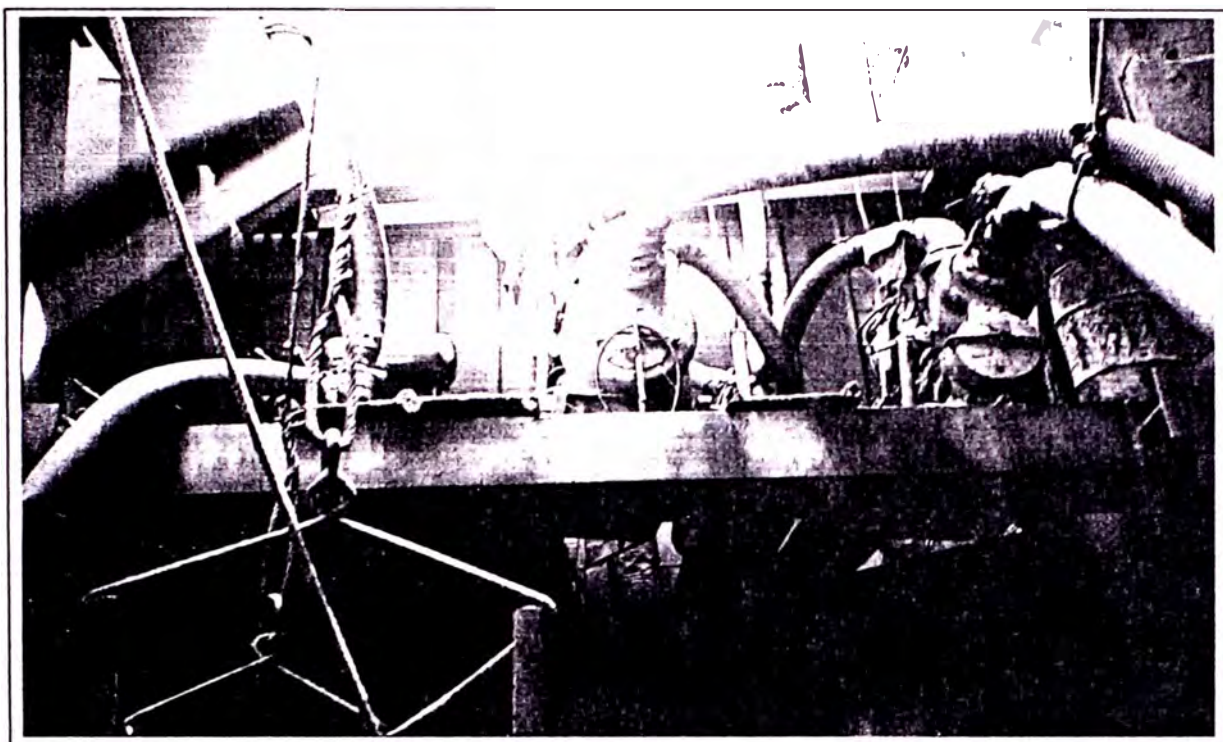


Foto 148 – Vista interior –Ubicación de bombasde succión de agua.

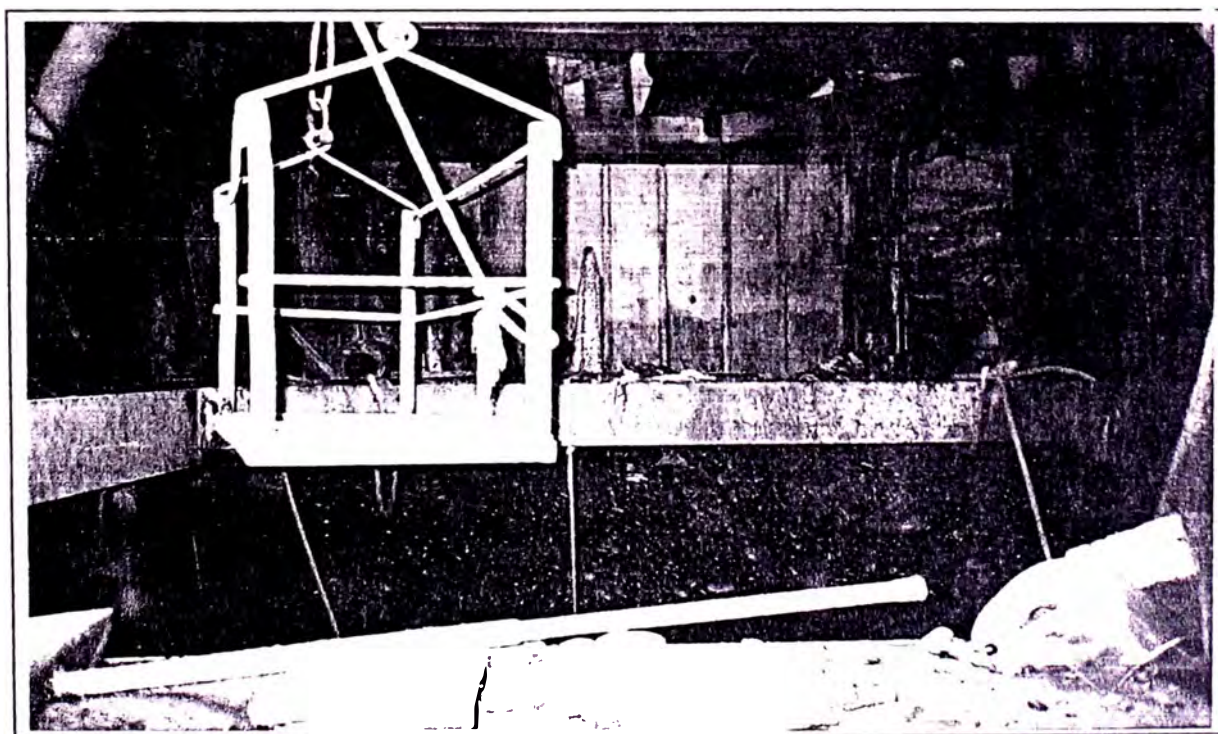


Foto 149 – Vista interior – Balso de izaje.



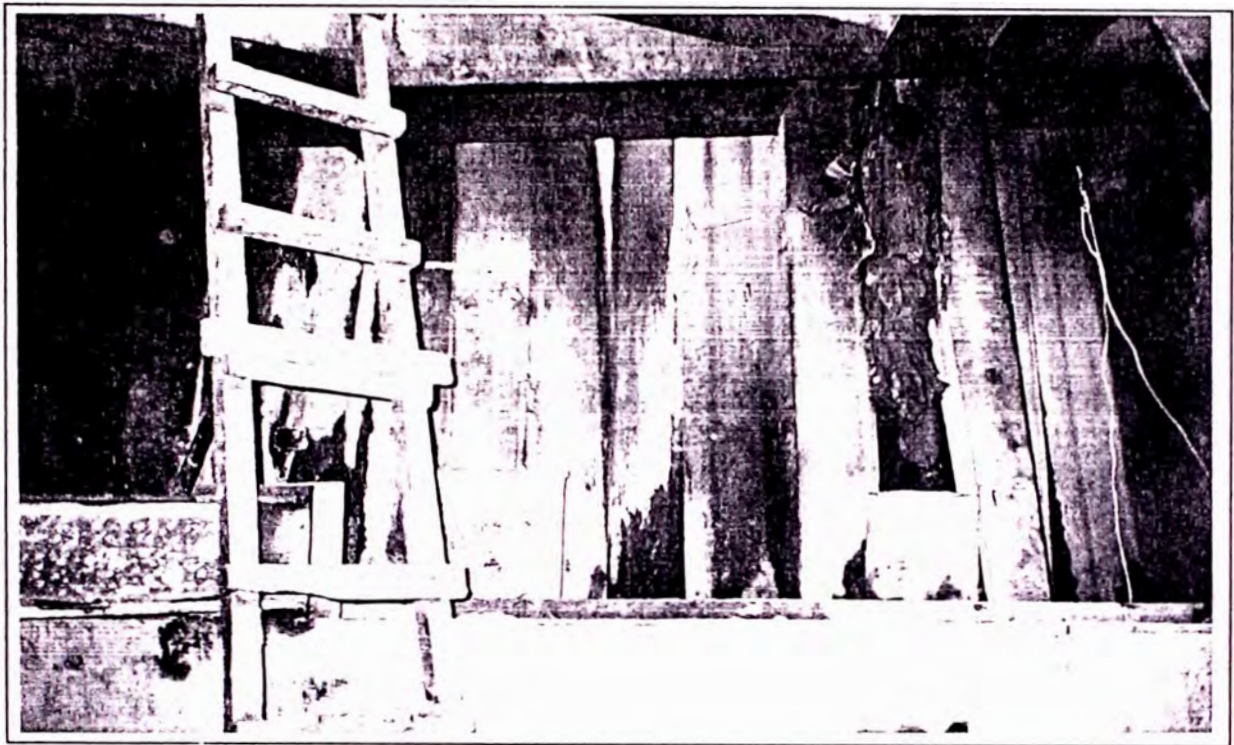


Foto 150 – Vista interior a -14.5m – Deformación de Tablaestacas

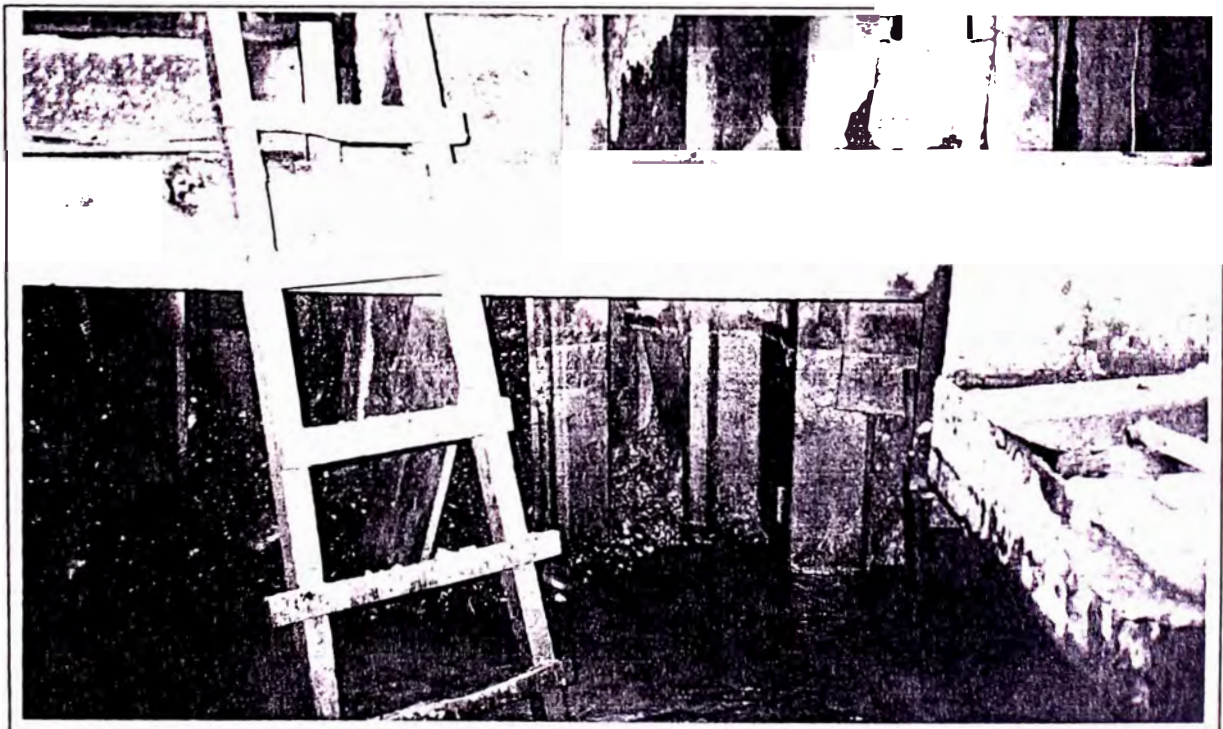


Foto 151 – Vista interior – Observar Nivel de Agua.



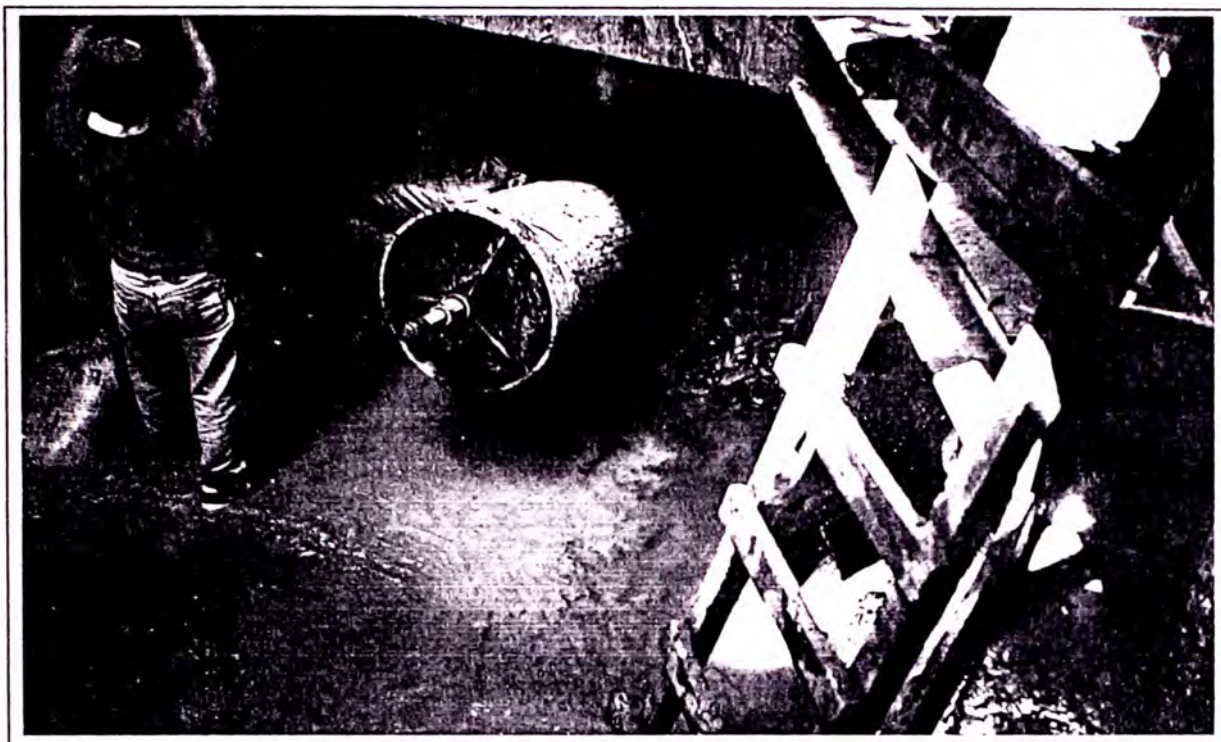


Foto 152 – Ubicación de la tubería - Ver el nivel de agua.

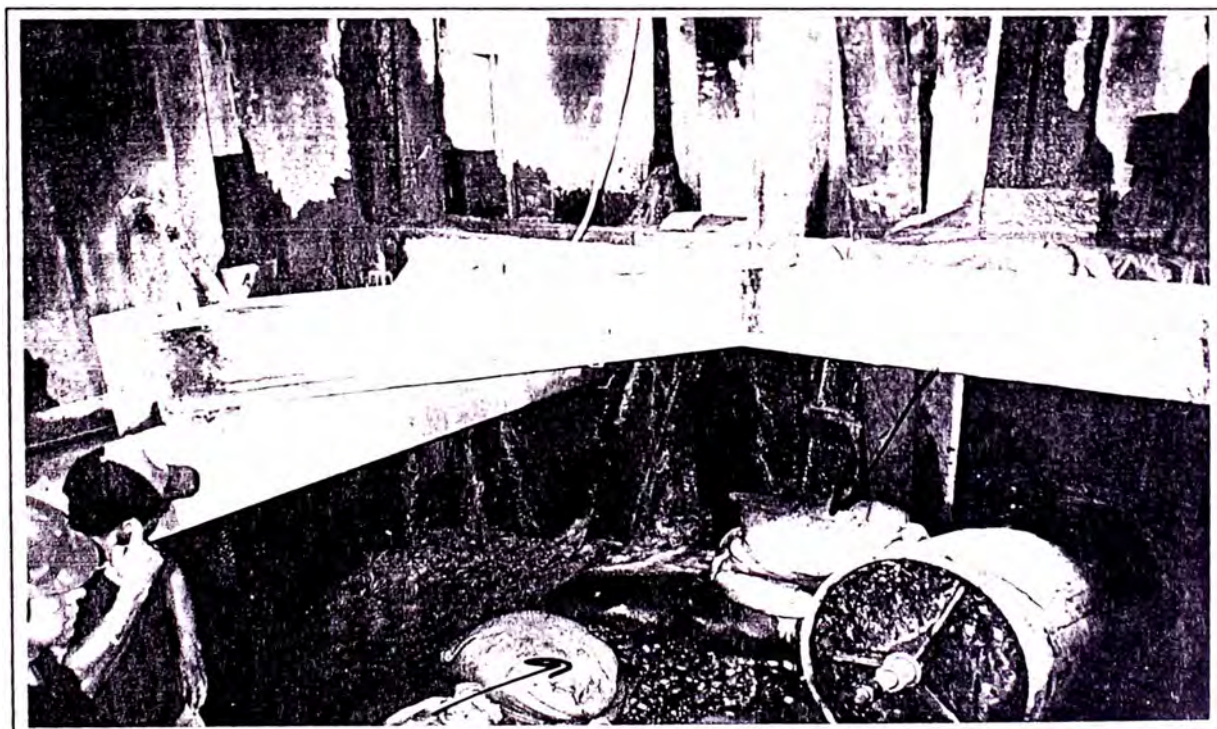


Foto 153 – Ubicación de tubería y colocación de bolsas de arena para desviar ingreso de agua.





Foto 154 – Vista interior a – 17.5m de excavación protegida.

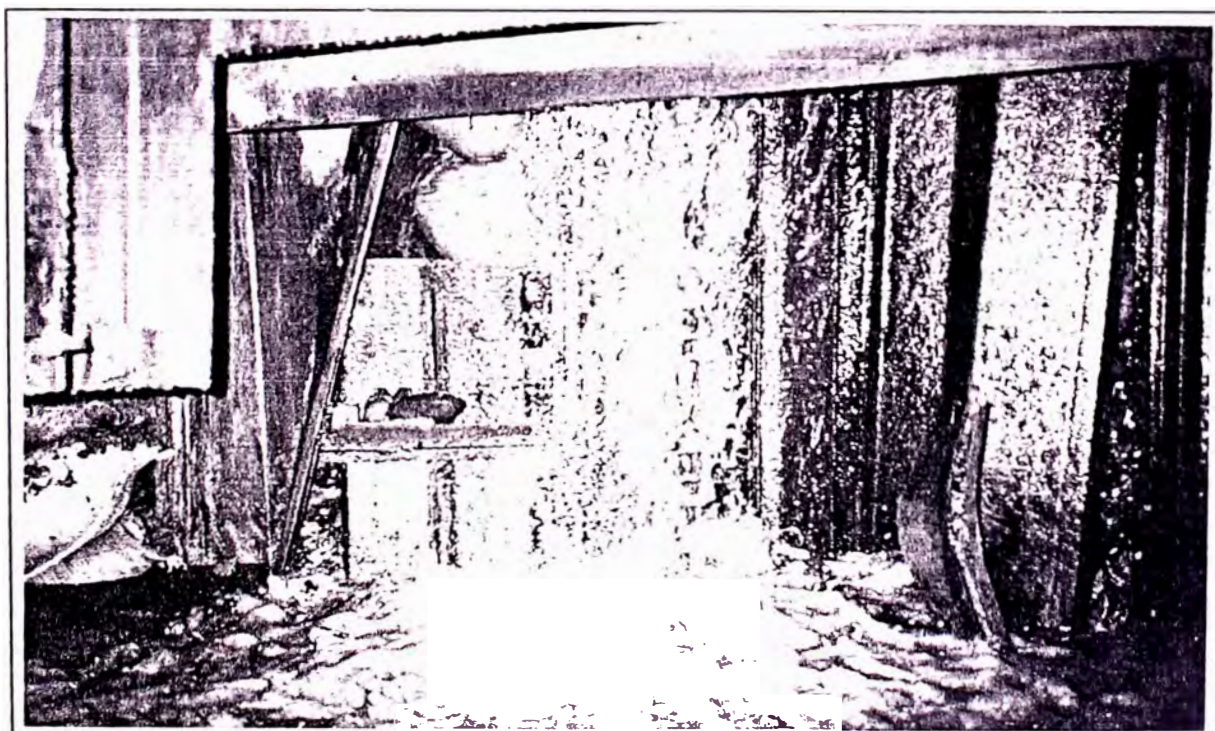


Foto 155 – Vista interior a –17.5m. – Caída de agua por filtración.





Foto 156 – Revisando estado de la tubería a -17.5m.



Foto 157 – Colocación de tapa mientras se toma decisión en la reparación.



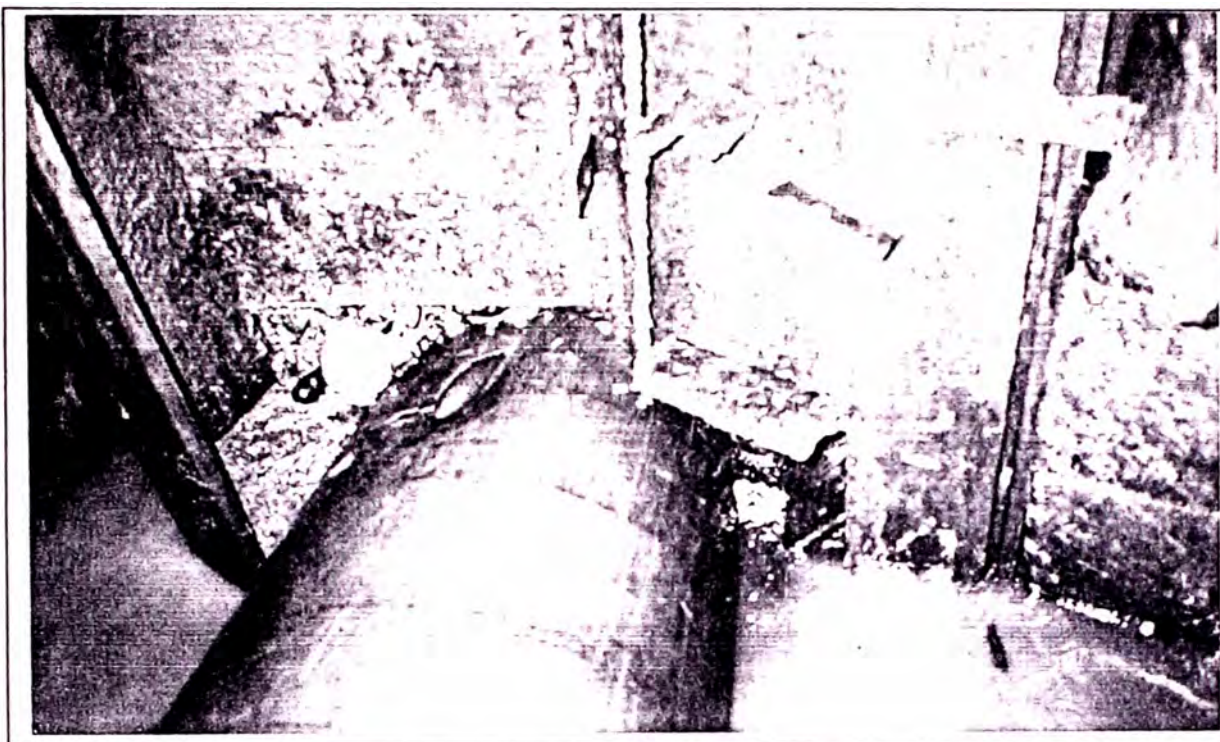


Foto 158 – Efecto del golpe de la Tablaestaca sobre la tubería.



Foto 159 – Fuerte deformación de la tubería.



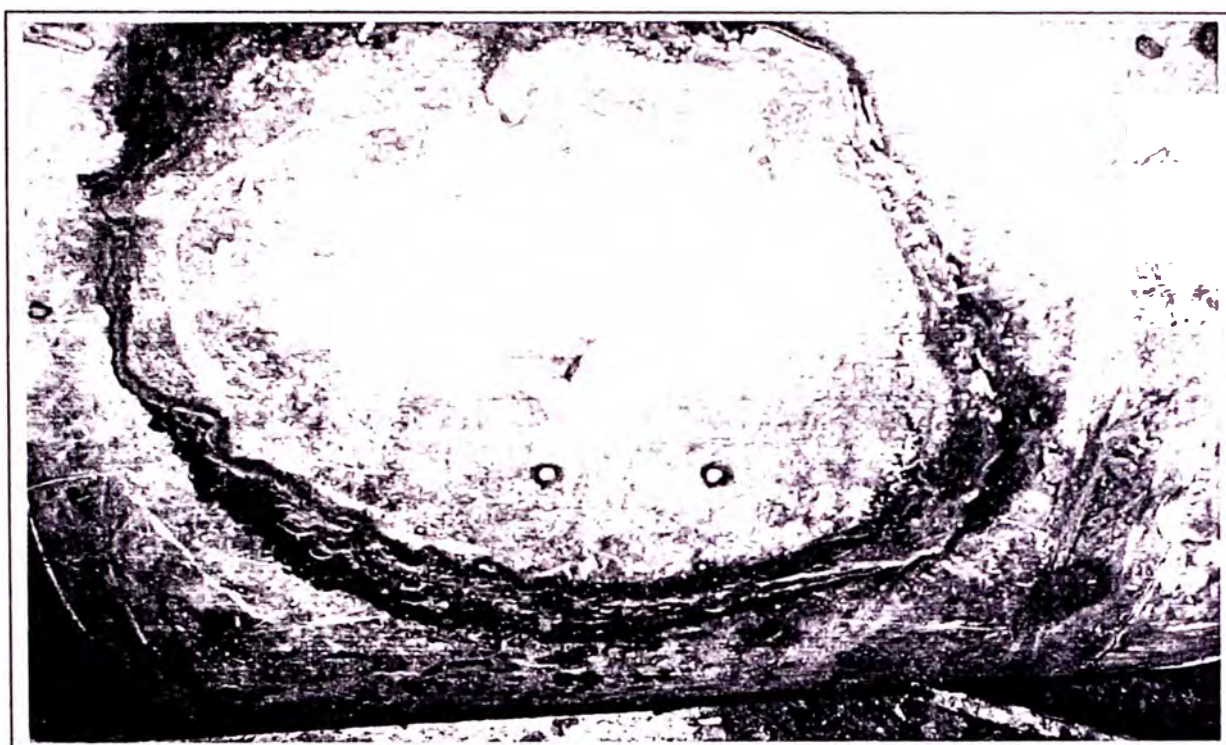


Foto 160 – Enderezado de la deformación por calentamiento.

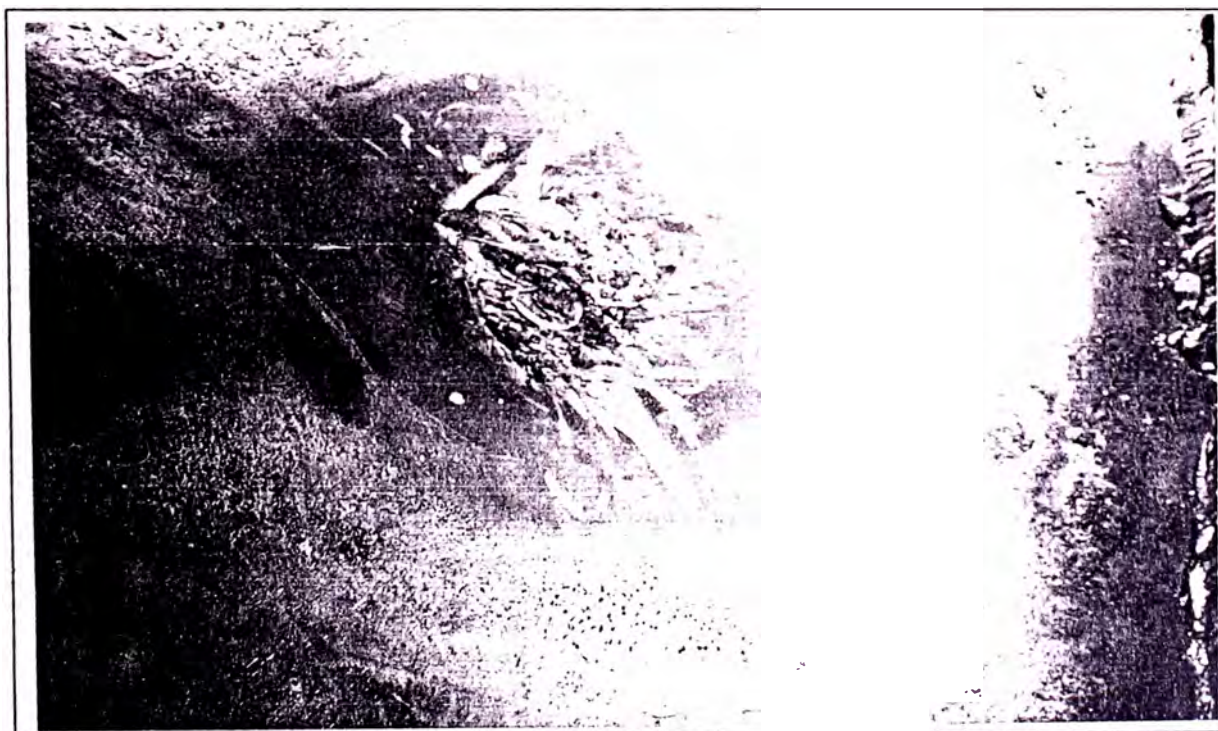


Foto 161 – Deformación interna por efecto de calentamiento y aplicación de prensa (Ver anillo deformado).



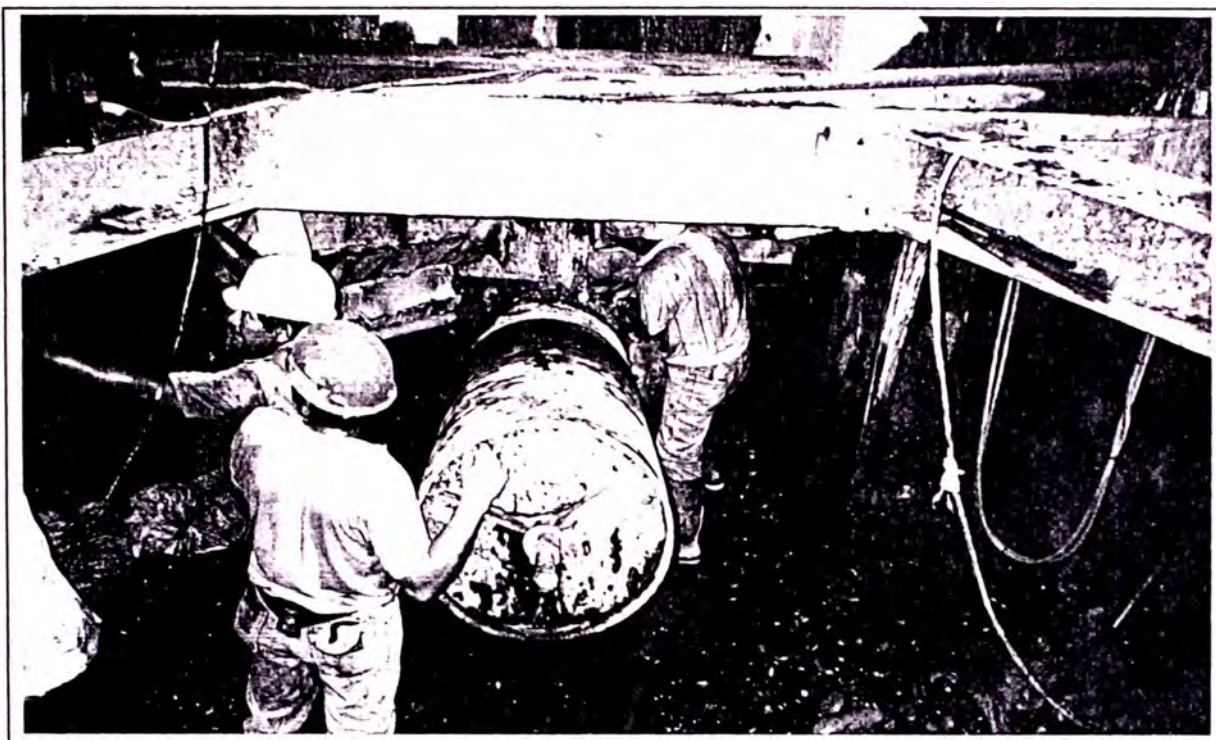


Foto 162 – Preparando extracción de la tubería desde el punto deformado.

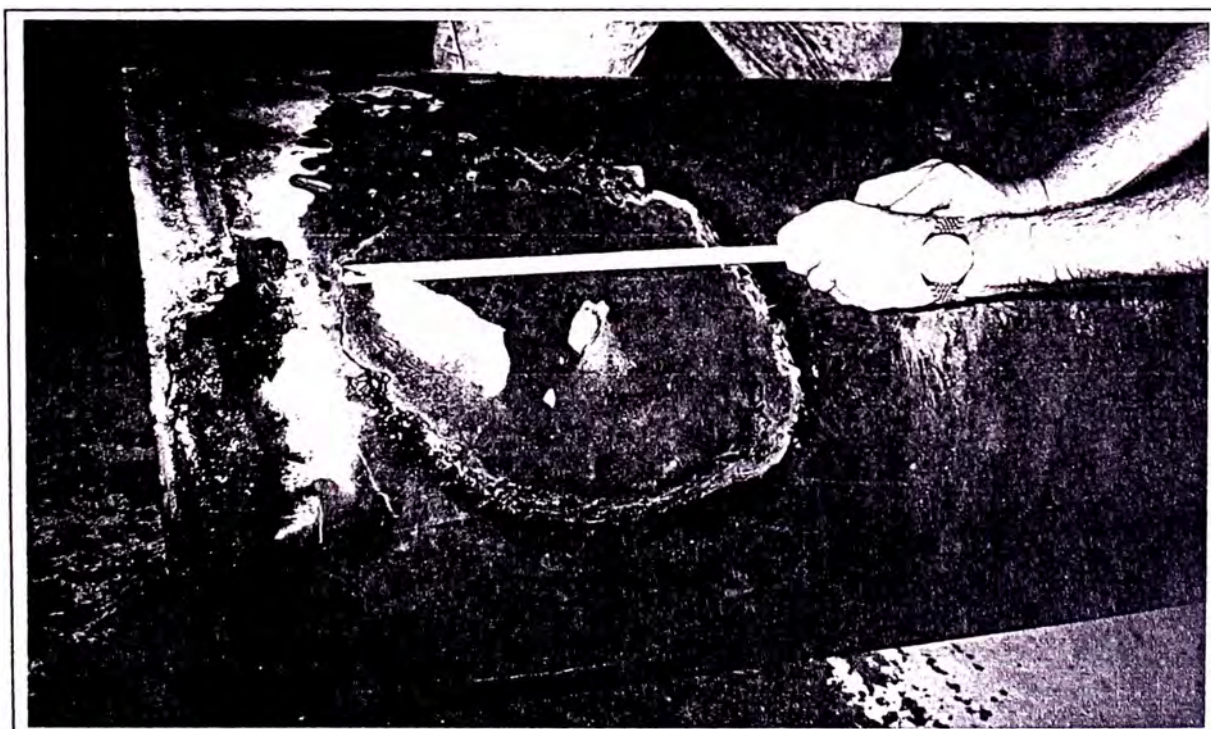


Foto 163 – Corte de la tubería con la deformación originada.



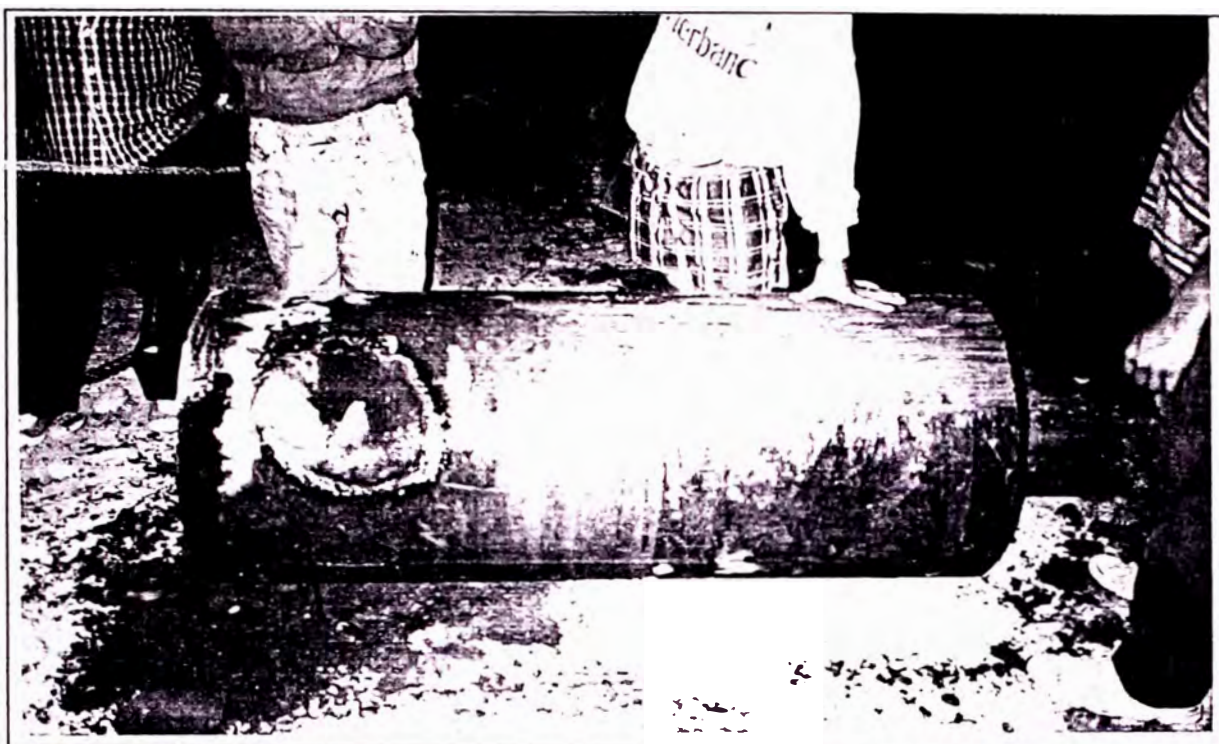


Foto 164 – Tramo de tubería extraído de la excavación.



Foto 165 – Corte de Niple de 1.2m de longitud para sustituir tramo extraído.



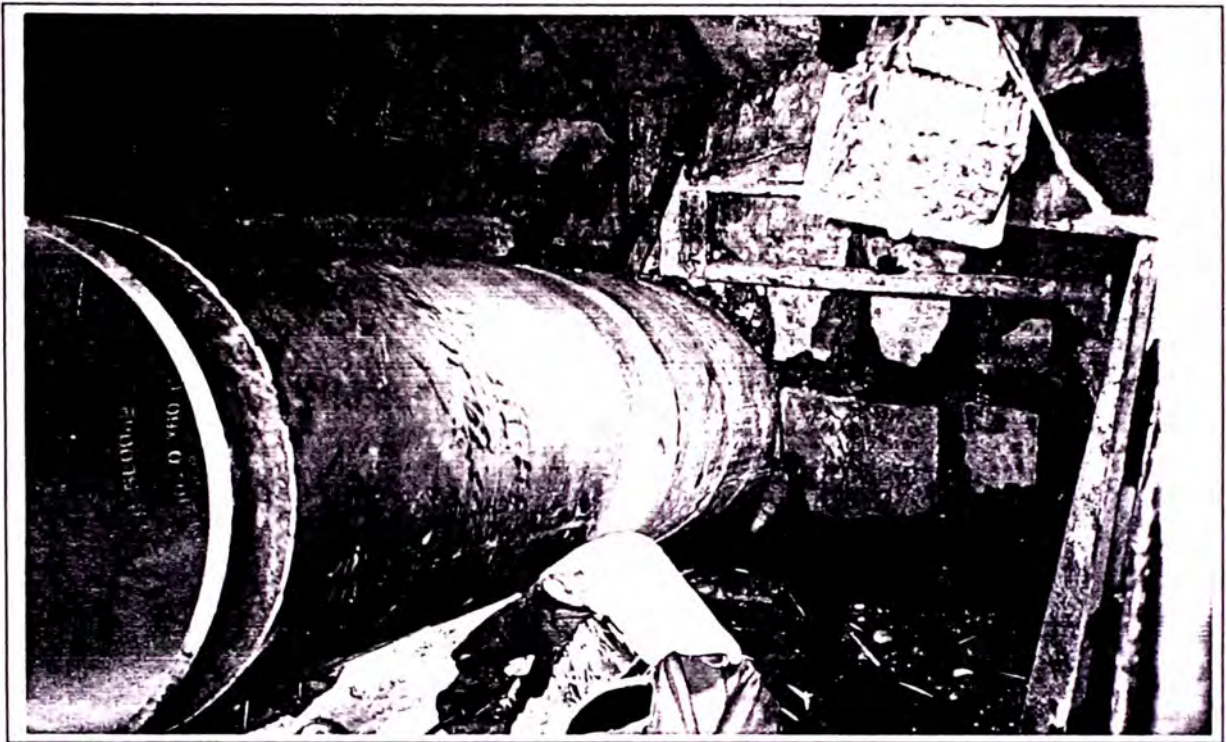


Foto 166 – Montaje y soldadura de Niple a -17.5m.



Foto 167 – Soldadura del Niple.



Foto 168 – Soldadura del Niple a -17.5m.



## **9. MONTAJE DE TUBERÍA HACIA MARGEN IZQUIERDA**

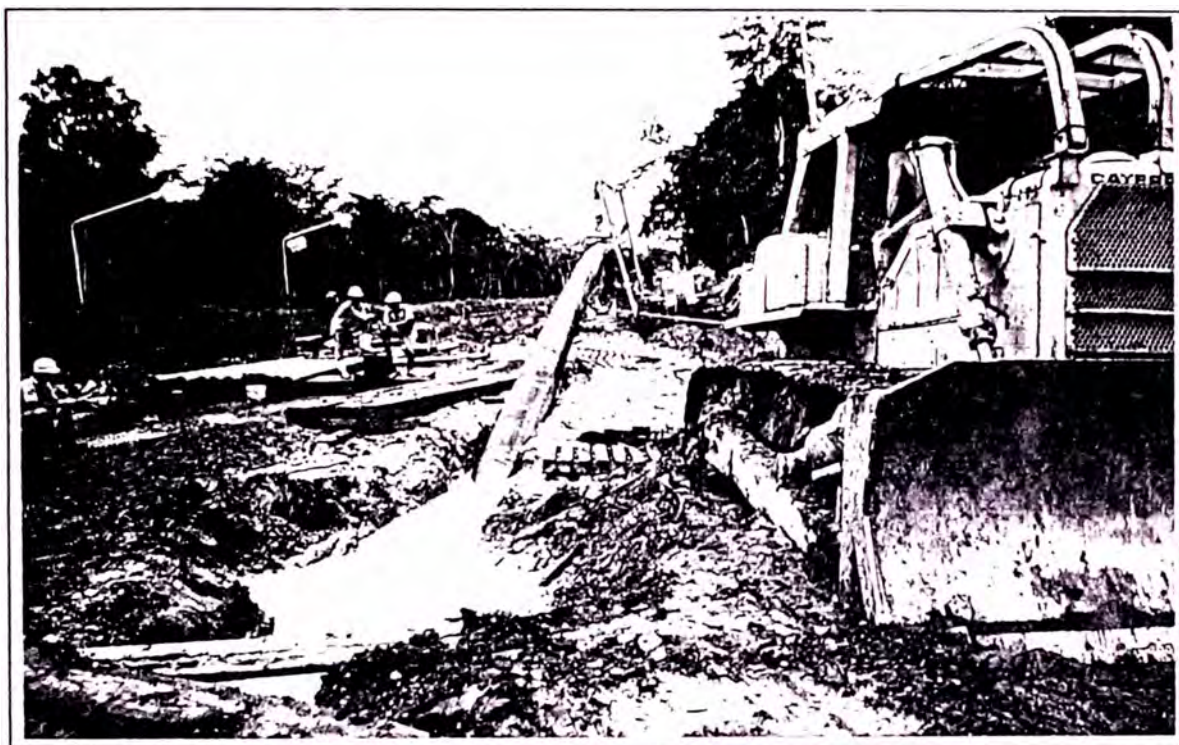


Foto 169 – Forma en que quedó la tubería por atoro del Varillón durante el cruce.



Foto 170 – Definición de corte de tubería, para preparar la unión a la tubería principal en el canal de la margen izquierda.





Foto 171 – Operación de corte de tubería suspendida.



Foto 172 – Corte de Tubería.



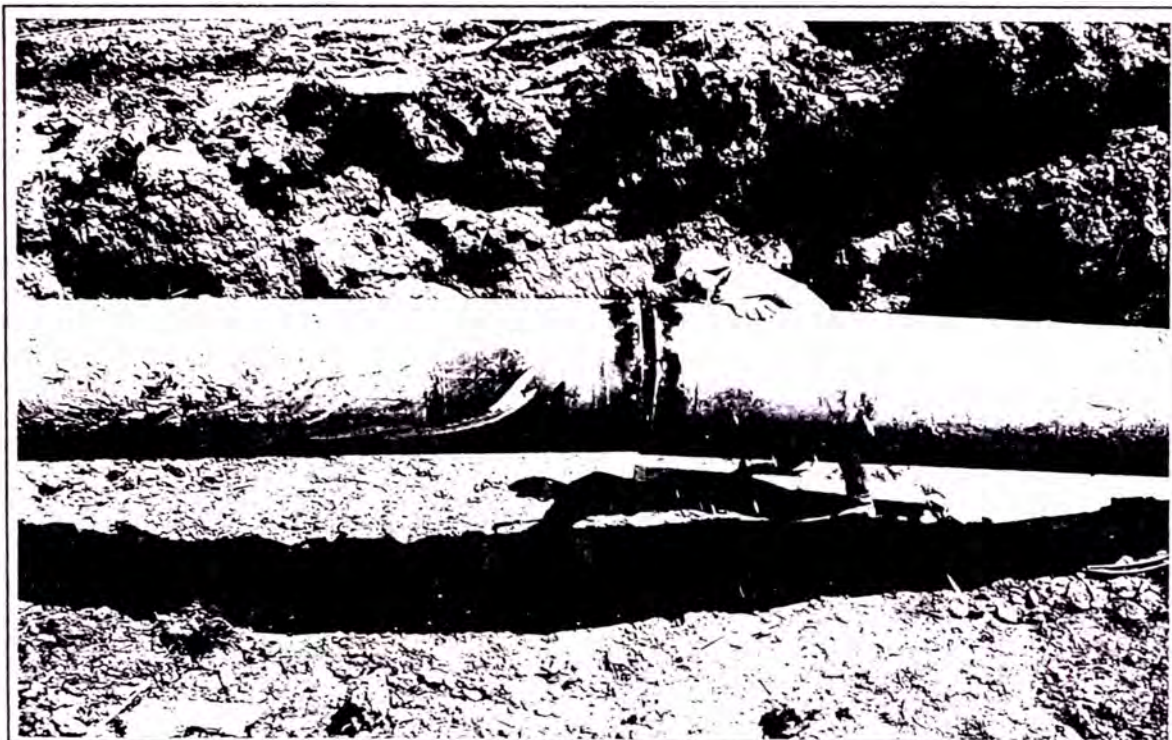


Foto 173 – Terminación del corte de la tubería.



Foto 174 – Tubería totalmente cortada.



Foto 175 – Tubería preparada en margen izquierda para iniciar armado hacia la tubería principal.



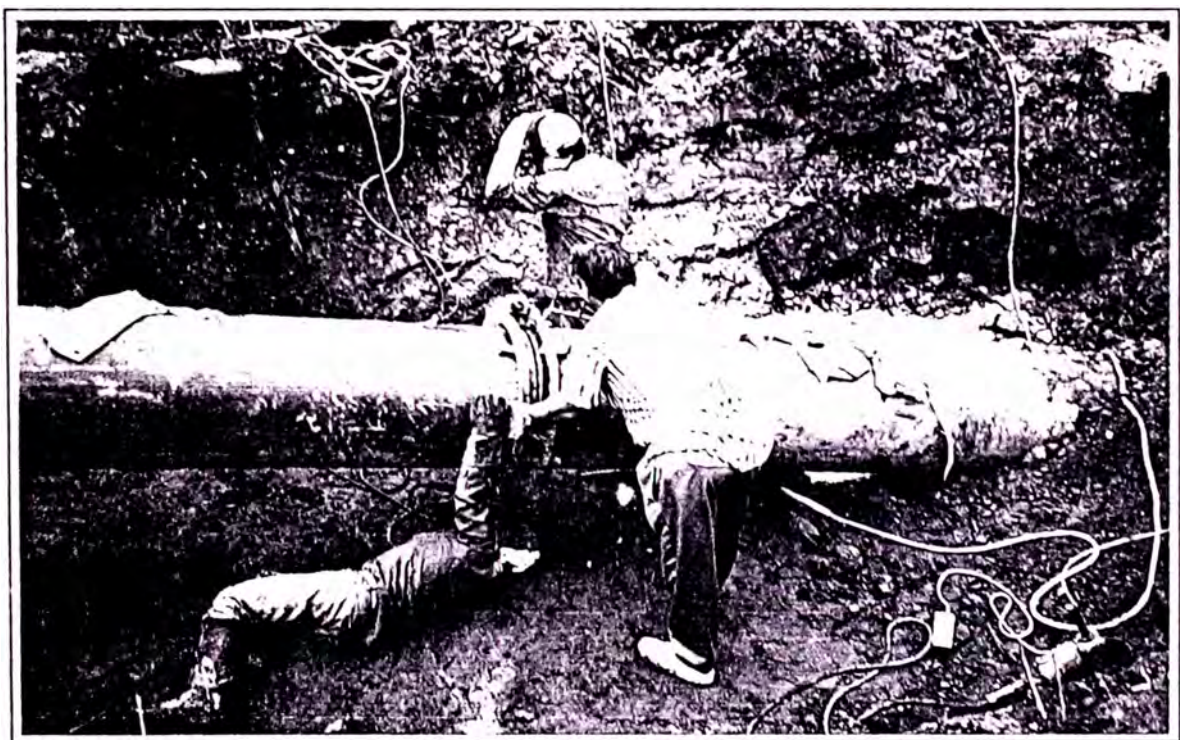


Foto 176 – Alineamiento y soldadura desde la posición de corte hacia la Válvula en la margen izquierda.

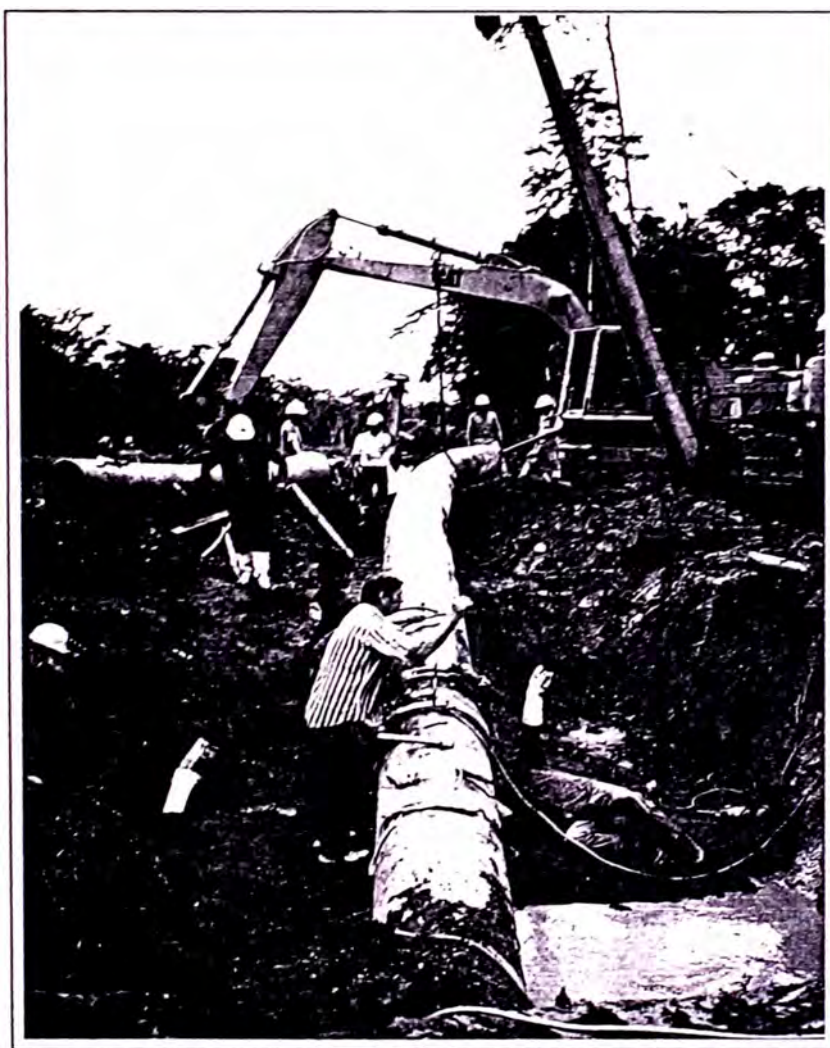


Foto 177 – Soldadura de tubería con curva.



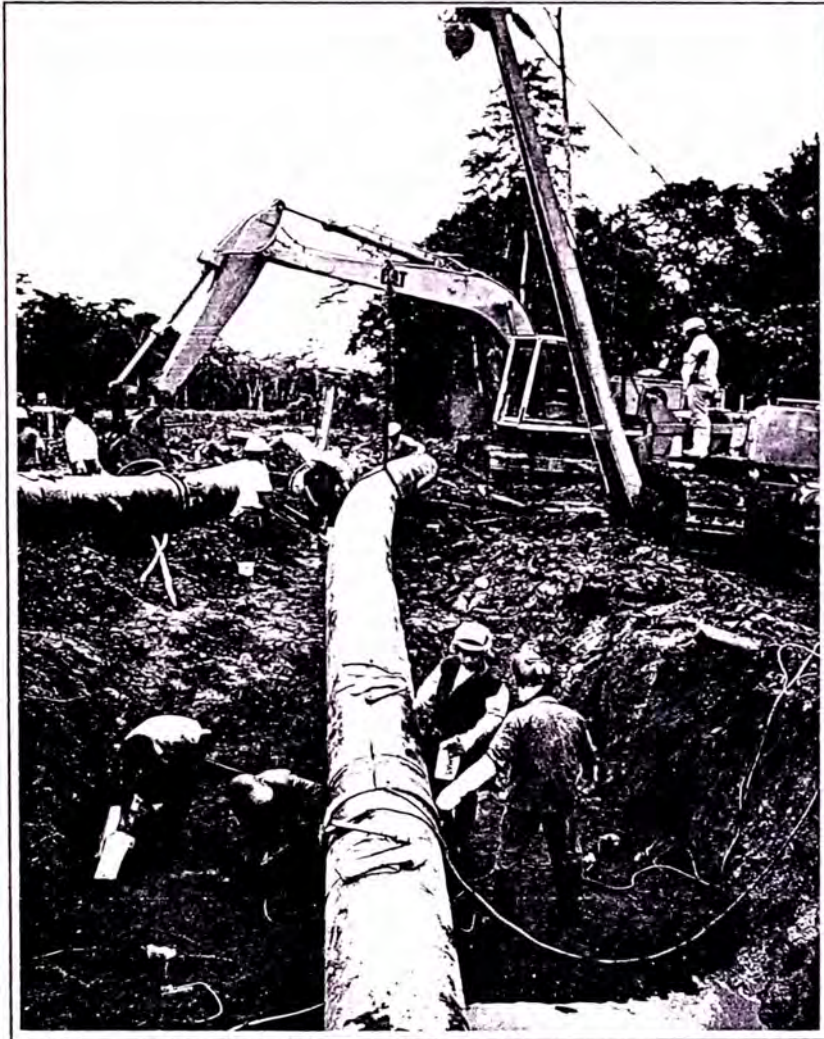


Foto 178 – Término de la soldadura.



Foto 179 – Izaje de Válvula para montaje a tubería.



Foto 180 – Pilotaje de tubos para montaje de Válvula en margen izquierda.





Foto 181 – Soldadura de tubos transversales entre pilotes – debajo de Válvula.

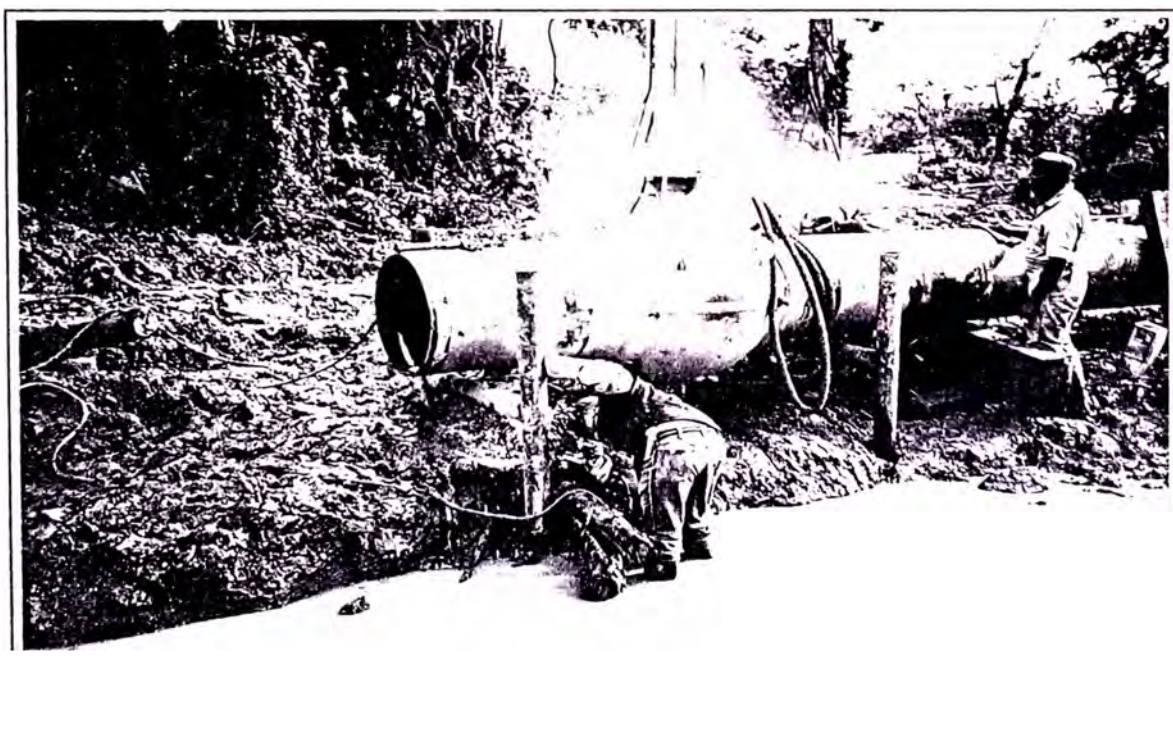


Foto 182 – Término del soldeo para sujeción de Válvula.



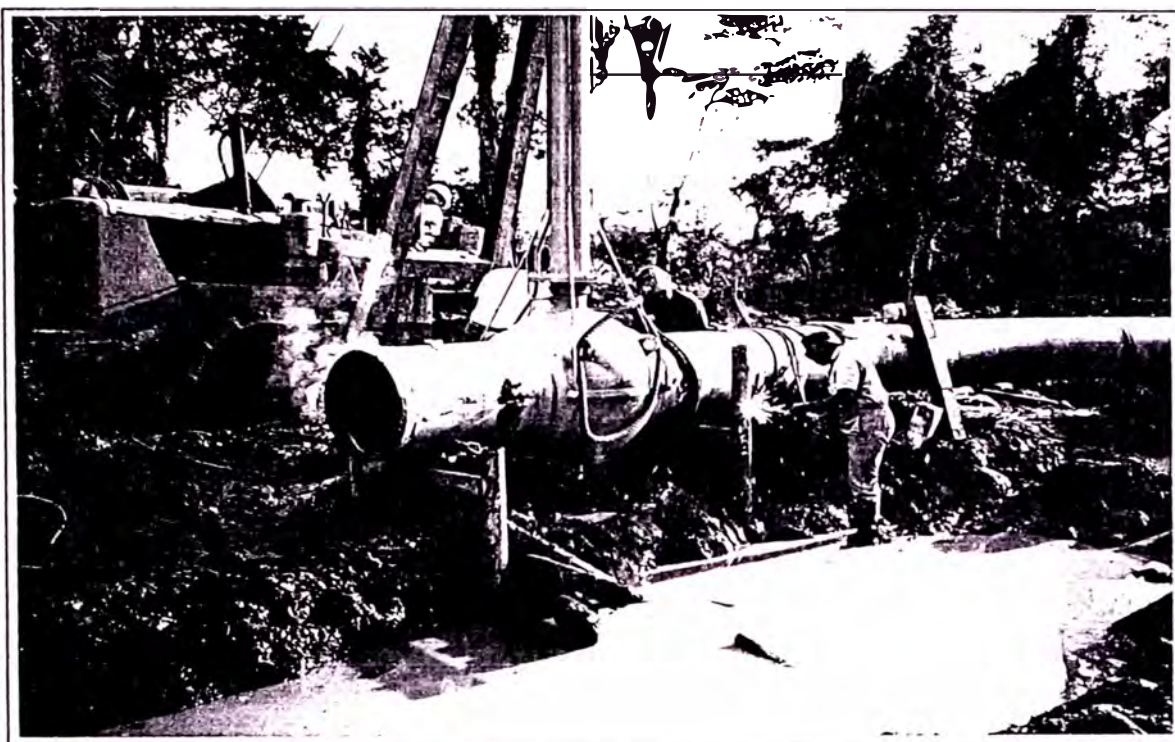


Foto 183 – Corte de tubo pilotes excedente y soldadura de Válvula a tubería en margen izquierda.



Foto 184 – Posicionado de Válvula en margen izquierda.





Foto 185 – Armado de Varillón para soldar a Válvula y llegar a Tubería de Oleoducto



Foto 186 – Soldeo de Varillón en margen izquierda.



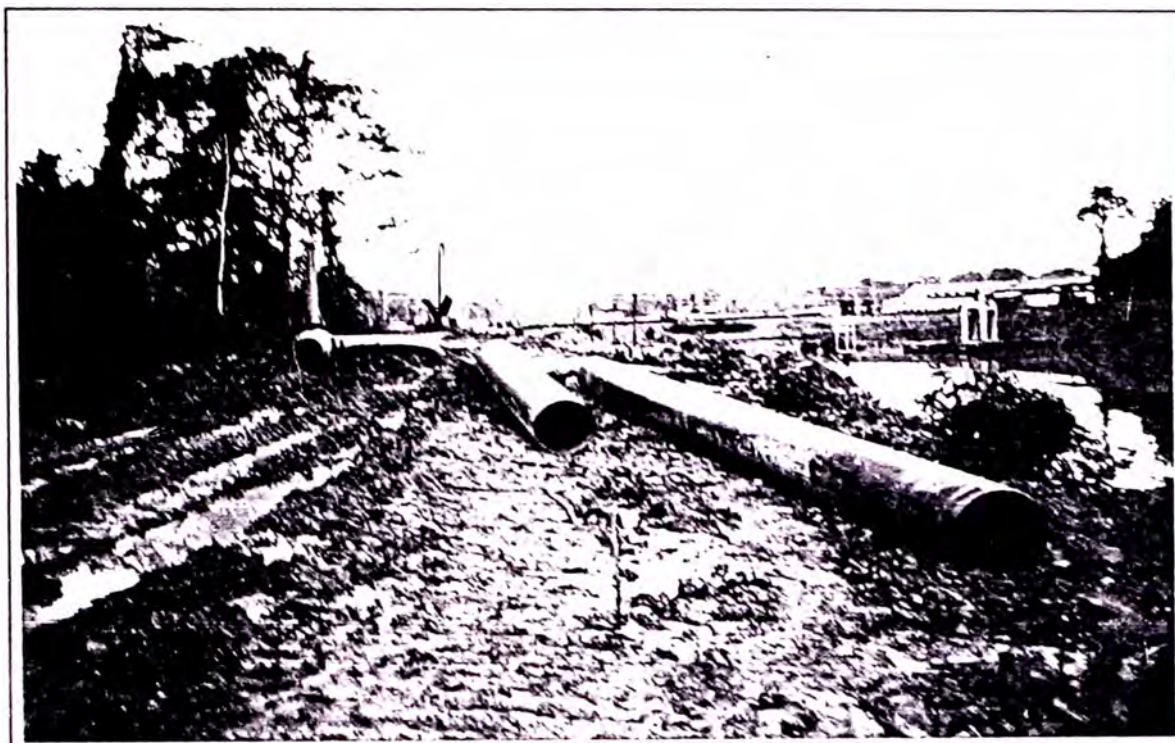


Foto 187 – Montaje de Válvula con respecto a ingreso de Varillón en margen izquierda.



Foto 188 – Varillón de margen izquierda trasladándose hacia canal.





Foto 189 – Flotación de Varillón en canal de margen izquierda.



Foto 190 – Halado de Varillón en margen izquierda hacia la Válvula.





Foto 191 – Halado del Varillón hacia la Válvula.

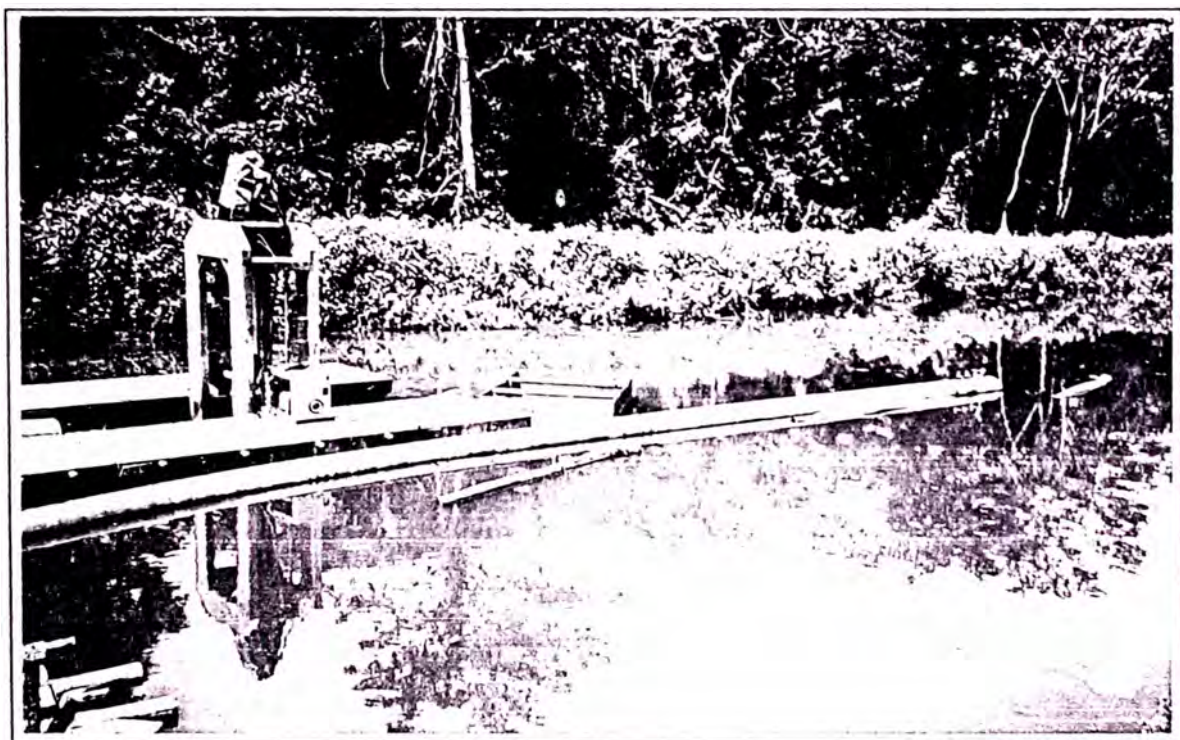


Foto 192 – Posicionado del Varillón, paralelo a la Línea principal del Oleoducto.

## **10. EL EQUIPO DE DOBLADO**





Foto 193 – Dobladora de tubos.

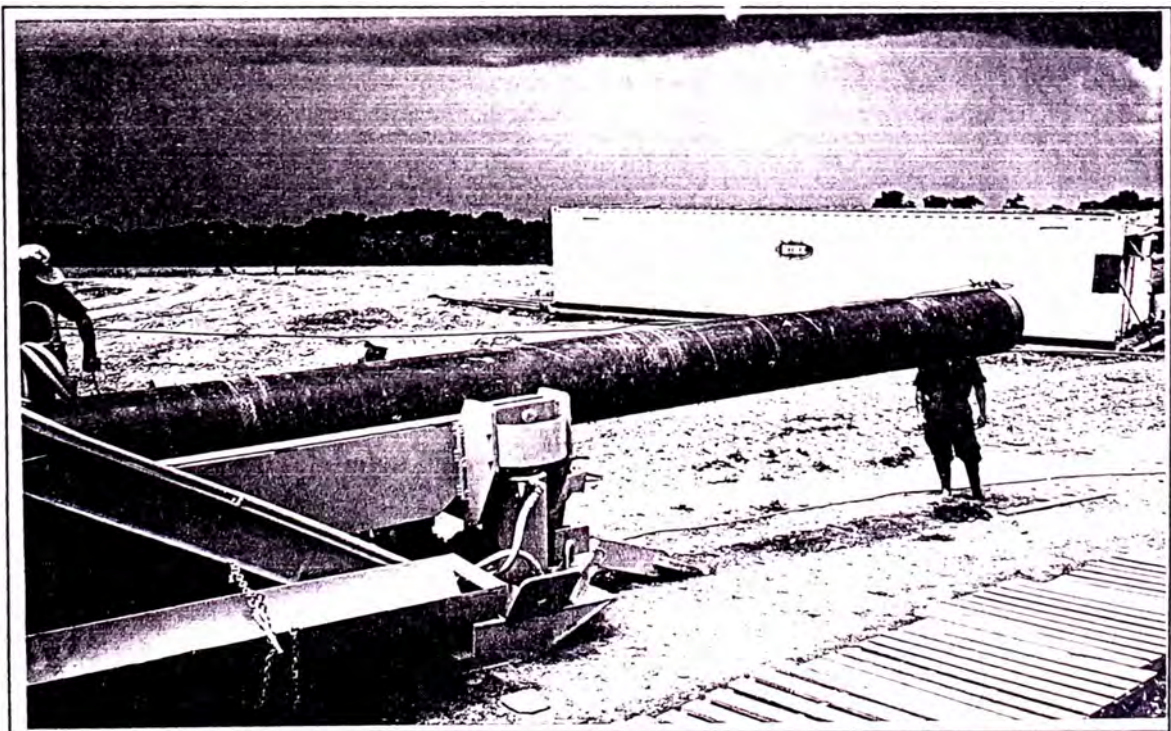


Foto 194 – Posicionado de tubo para doblado a razón de  $1^{\circ}$  por pie de tubería.



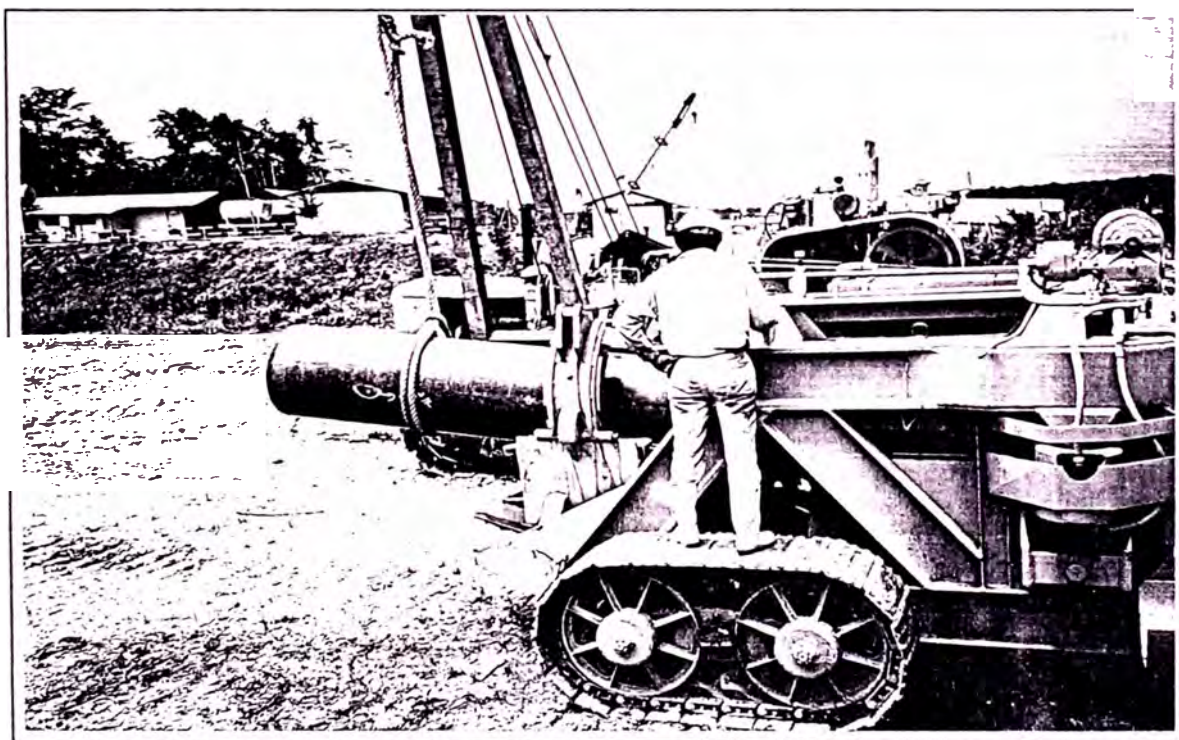


Foto 195 – Posicionado en la parte delantera para doblado.



Foto 196 – Tubería en posición para doblar.

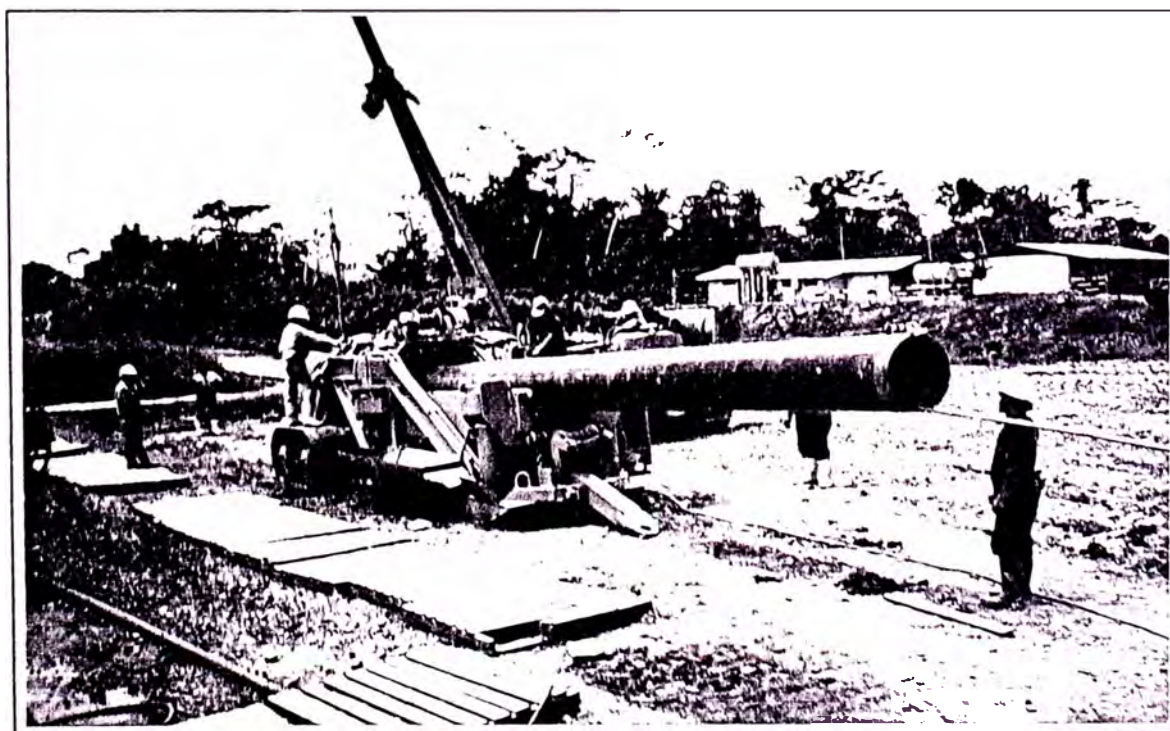


Foto 197 – Operación de doblado (curvado).

**11. SALIDA DEL TABLAESTACADO A VÁLVULA EN  
MARGEN DERECHA**





Foto 198 – Ingreso de tubería con ángulo de 18° para montaje a Niple.

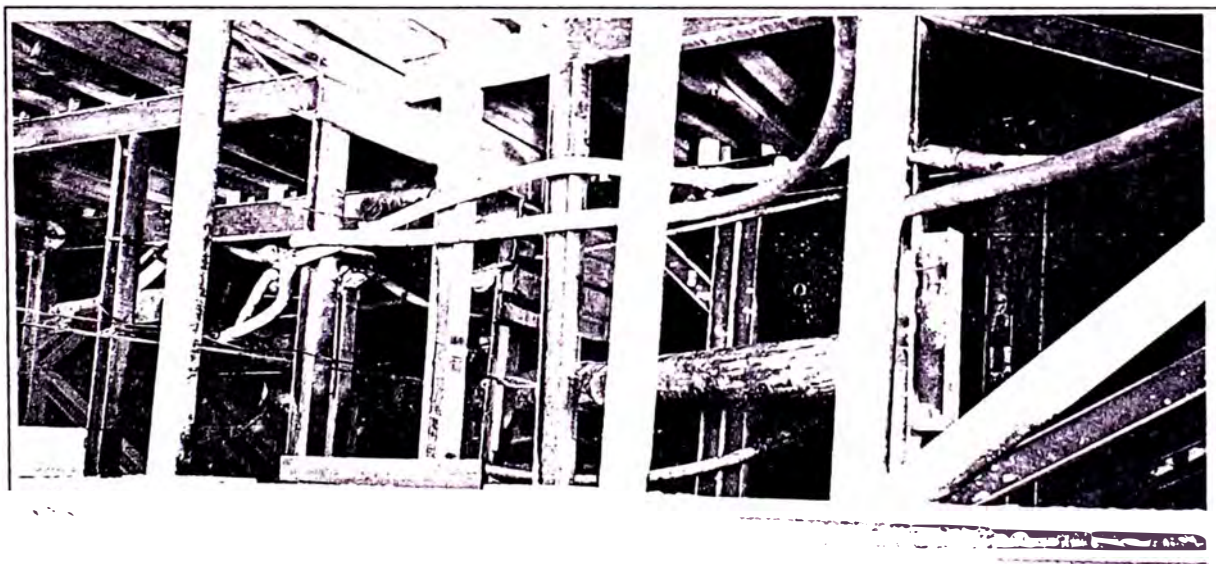


Foto 199 – Soldadura de tubería a Niple.





Foto 200 – Continuación de la salida de la excavación.

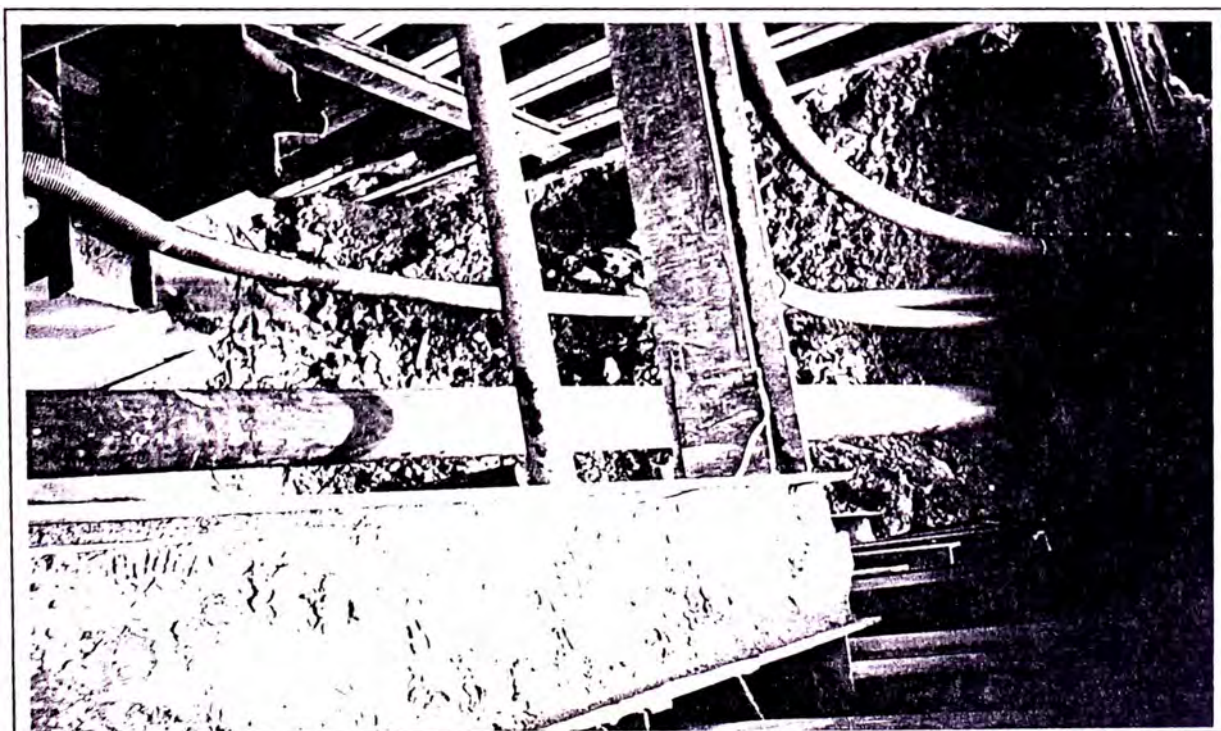


Foto 201 – Zona exterior de la excavación.



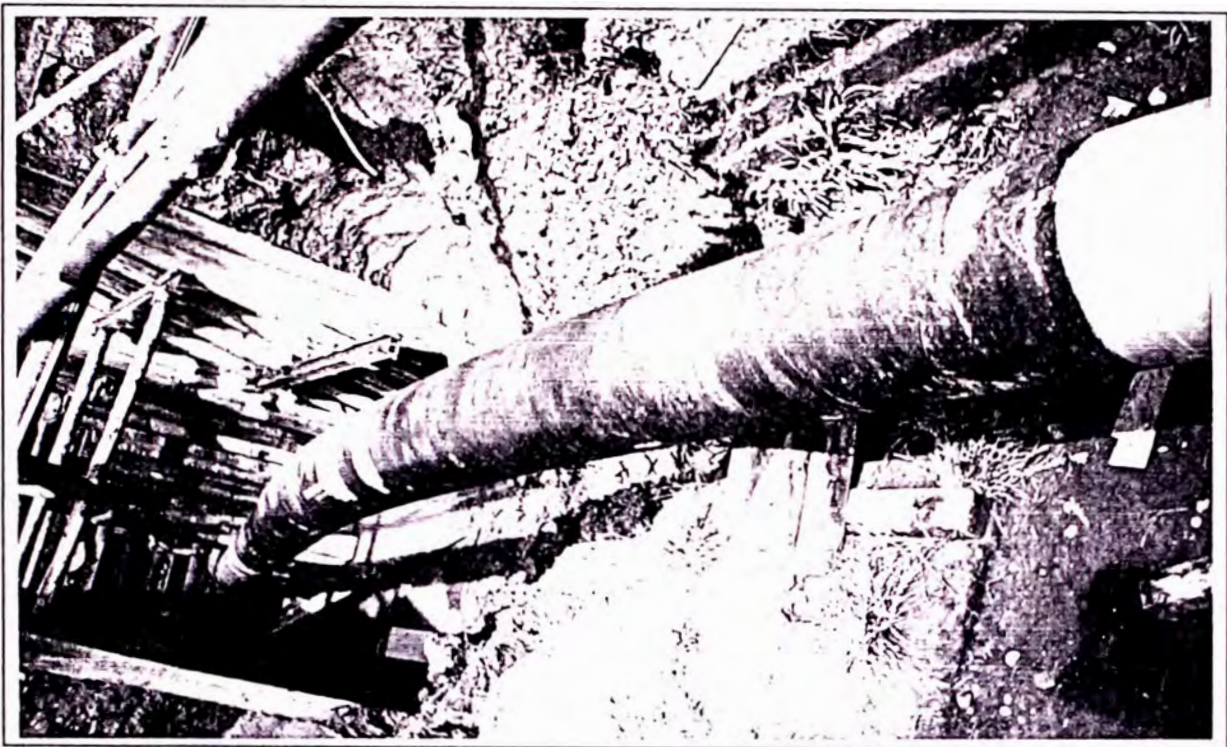


Foto 202 – Tubería exterior de la excavación

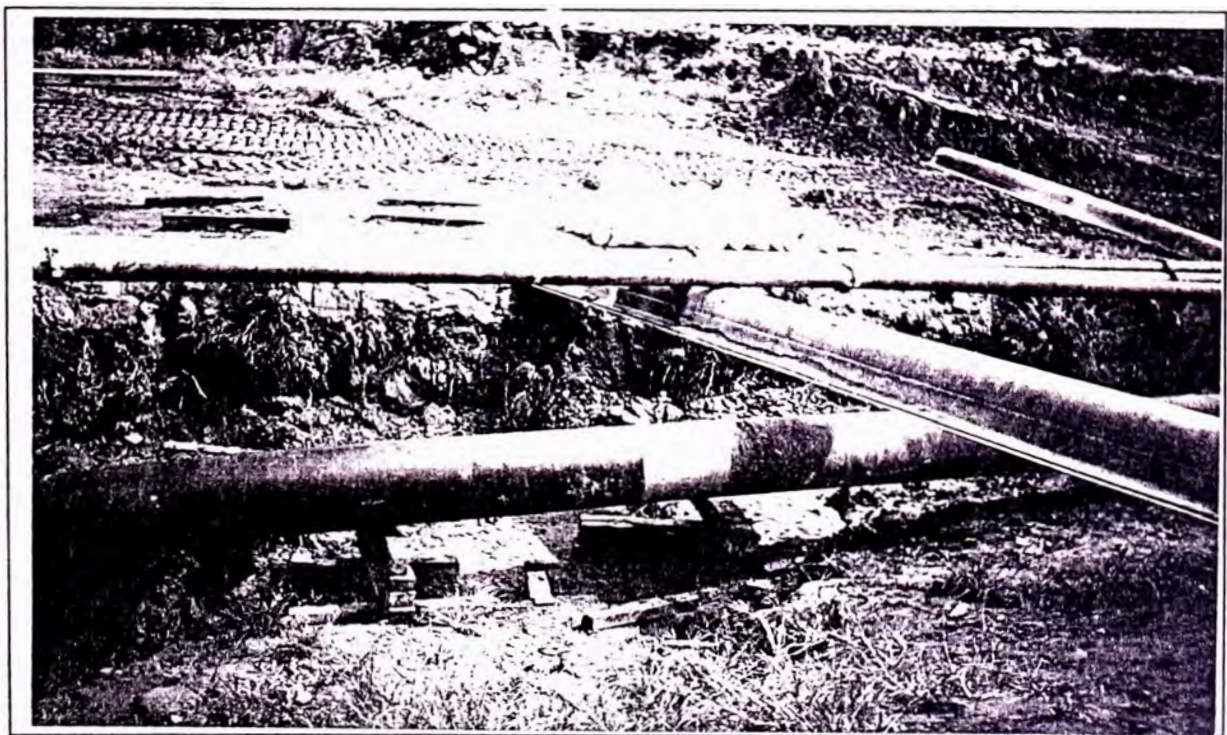


Foto 203 – Montaje de tubería para alinearla y continuar la marcha hacia la Válvula en margen derecha.



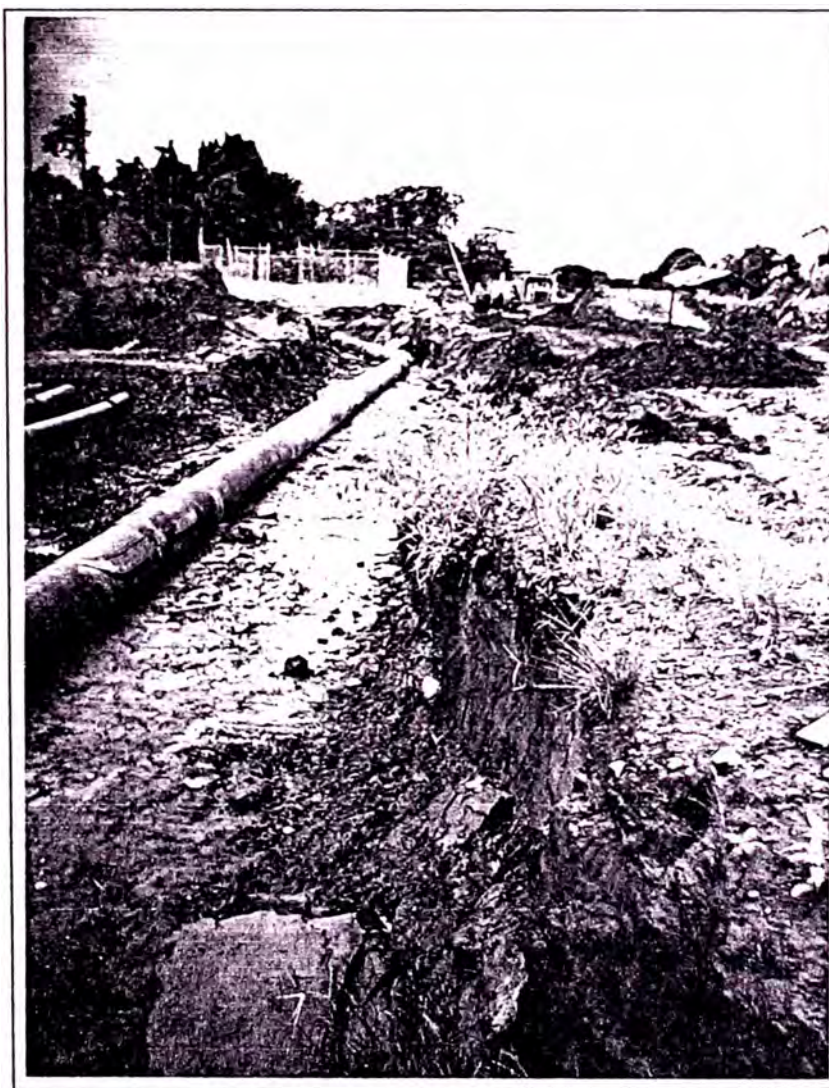


Foto 204 – Tubería tendida hacia la zona de la Válvula en margen derecha

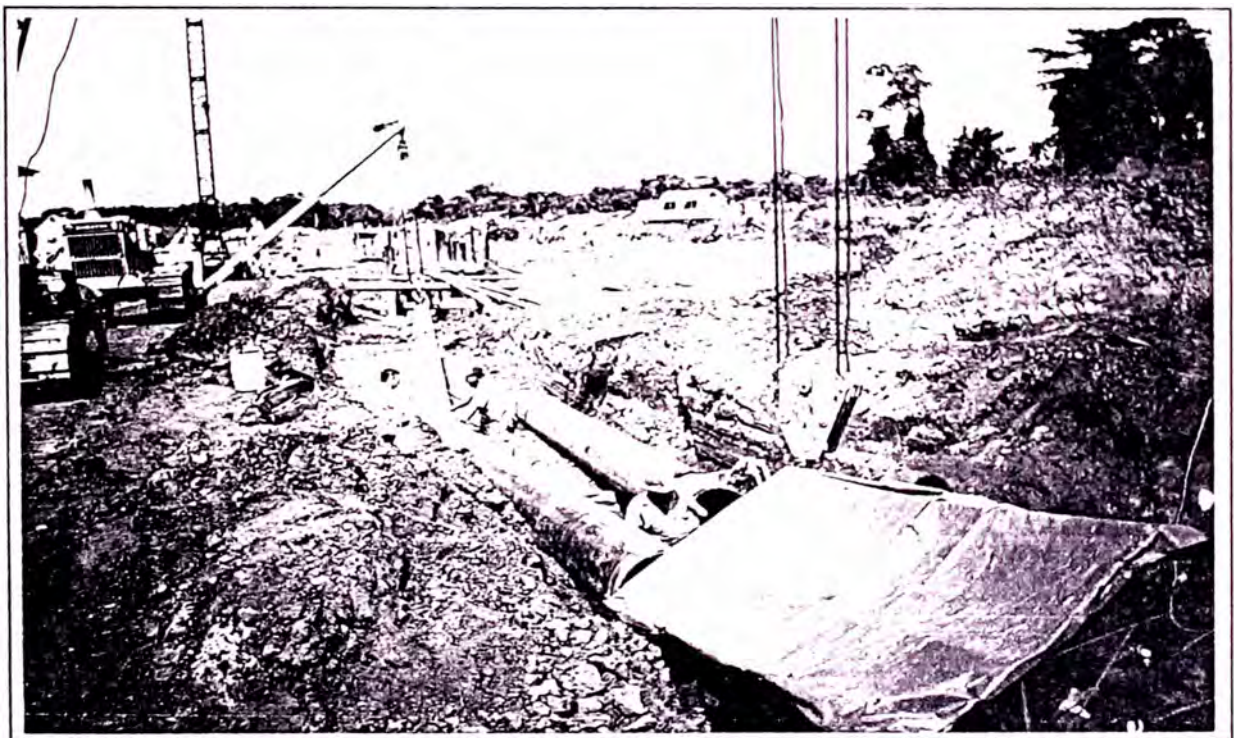


Foto 205 – Protección de zona de soldeo por efecto de lluvia.



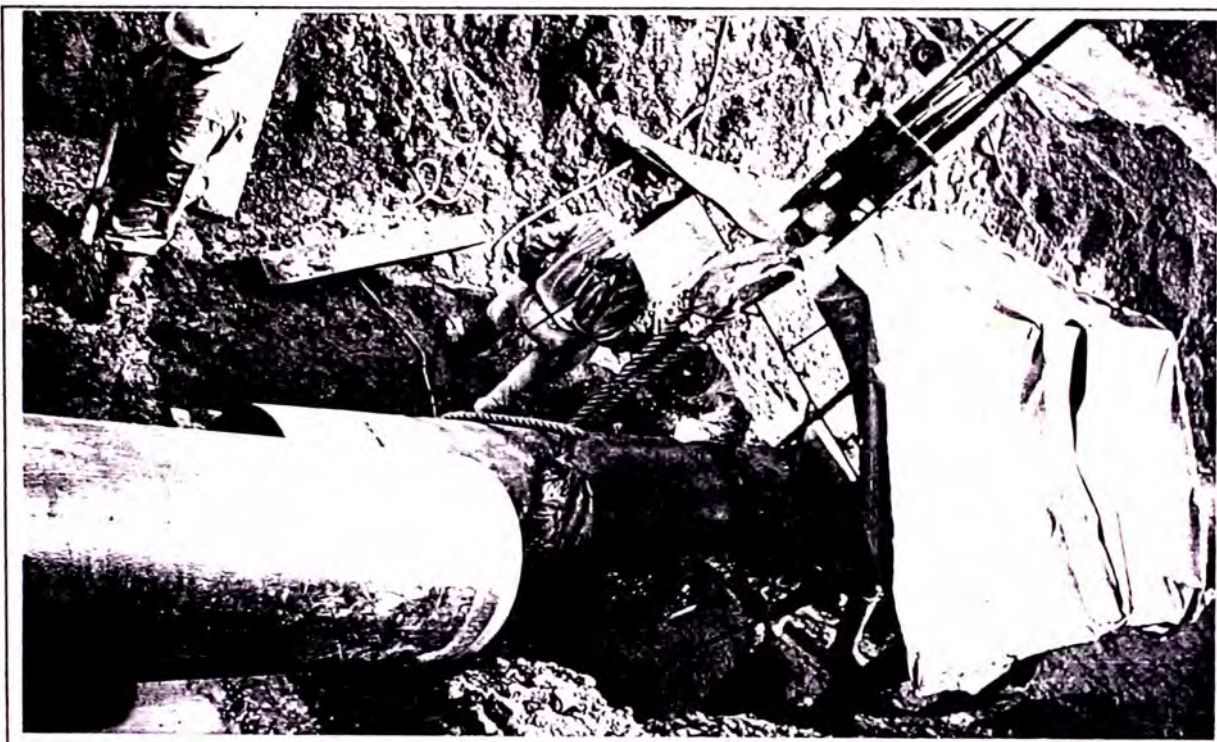


Foto 206 – Alineando tuberías a unir , para efectuar corte.

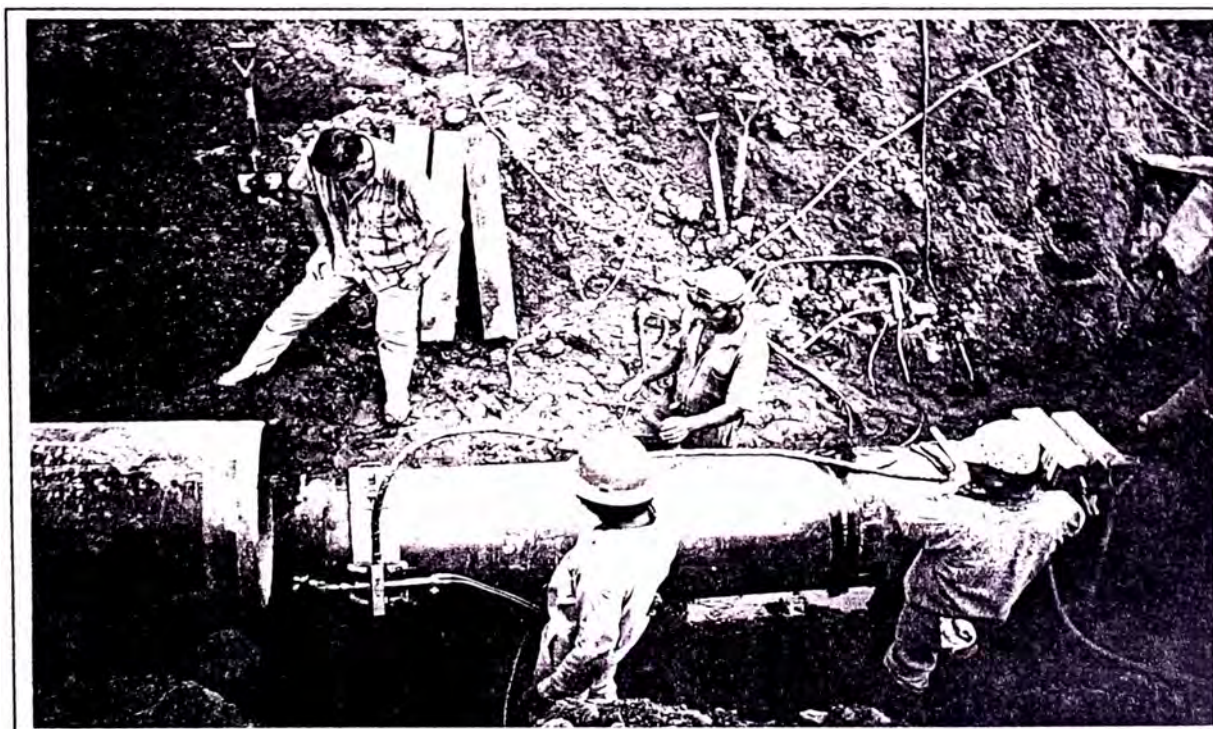


Foto 207 – Corte de tubería a unir.



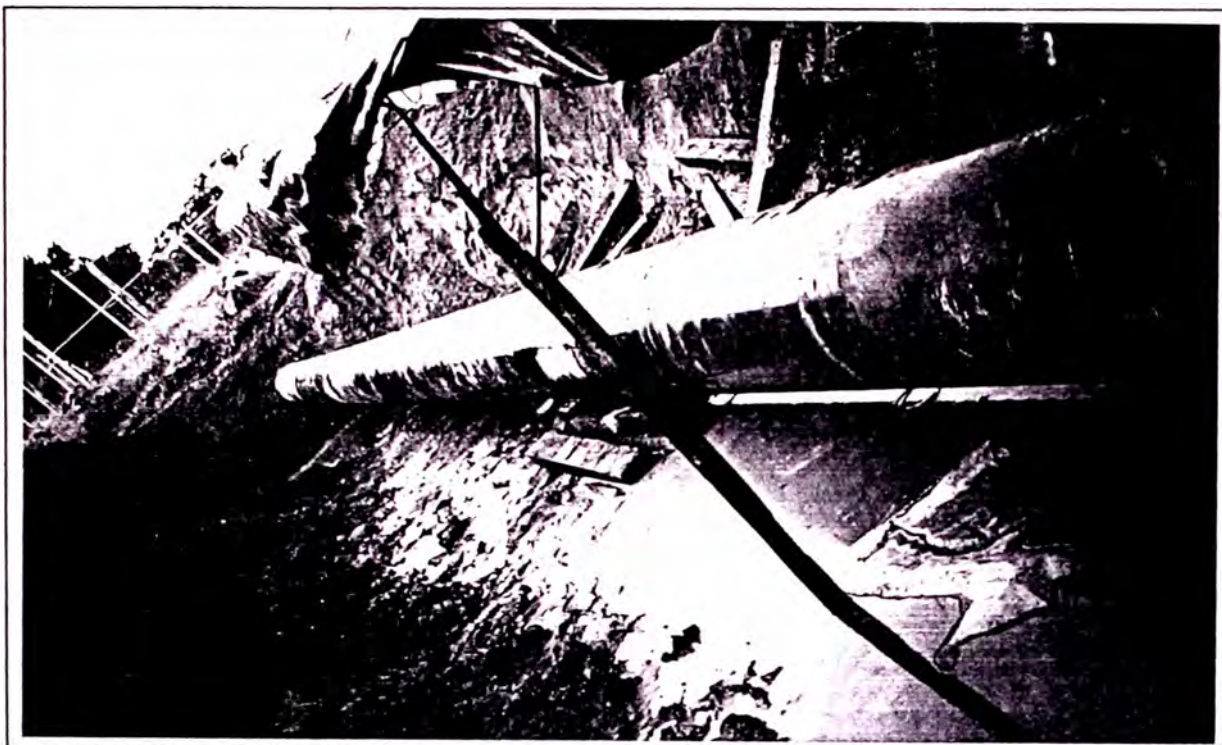


Foto 208 – Unión de tuberías hacia Válvula en margen derecha.

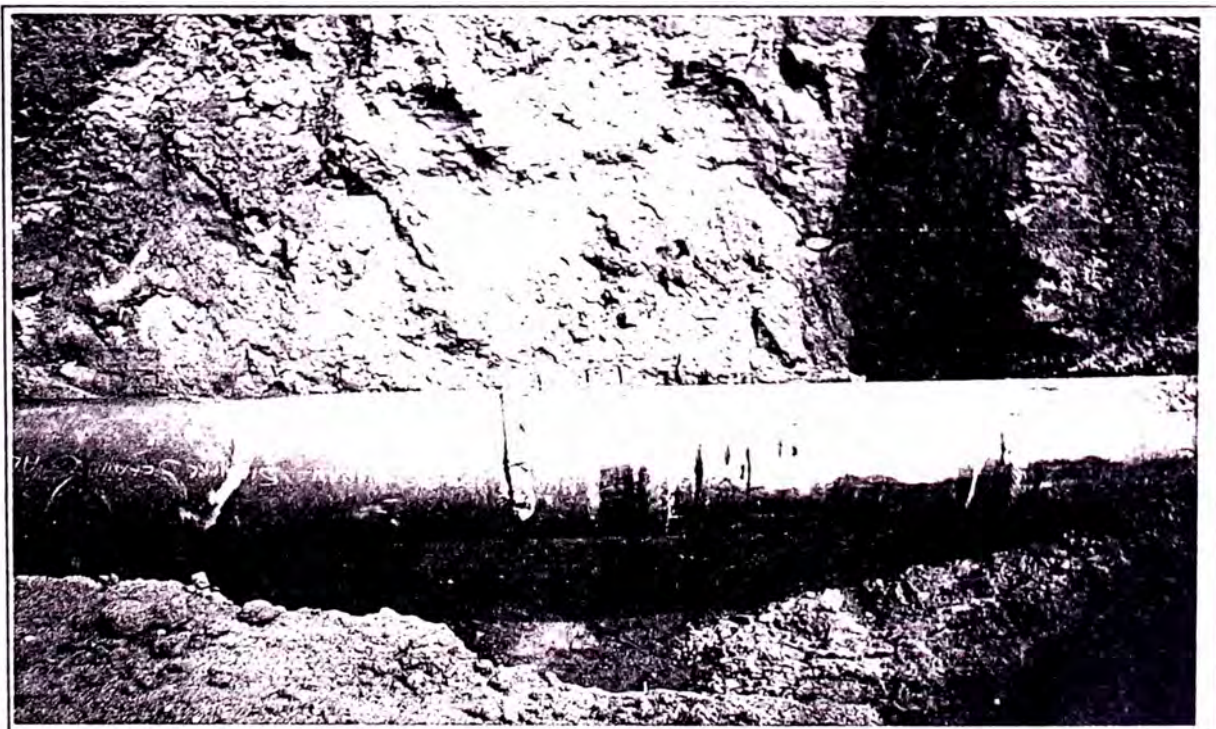


Foto 209 – Tramo unido a tubería de Válvula en margen derecha.

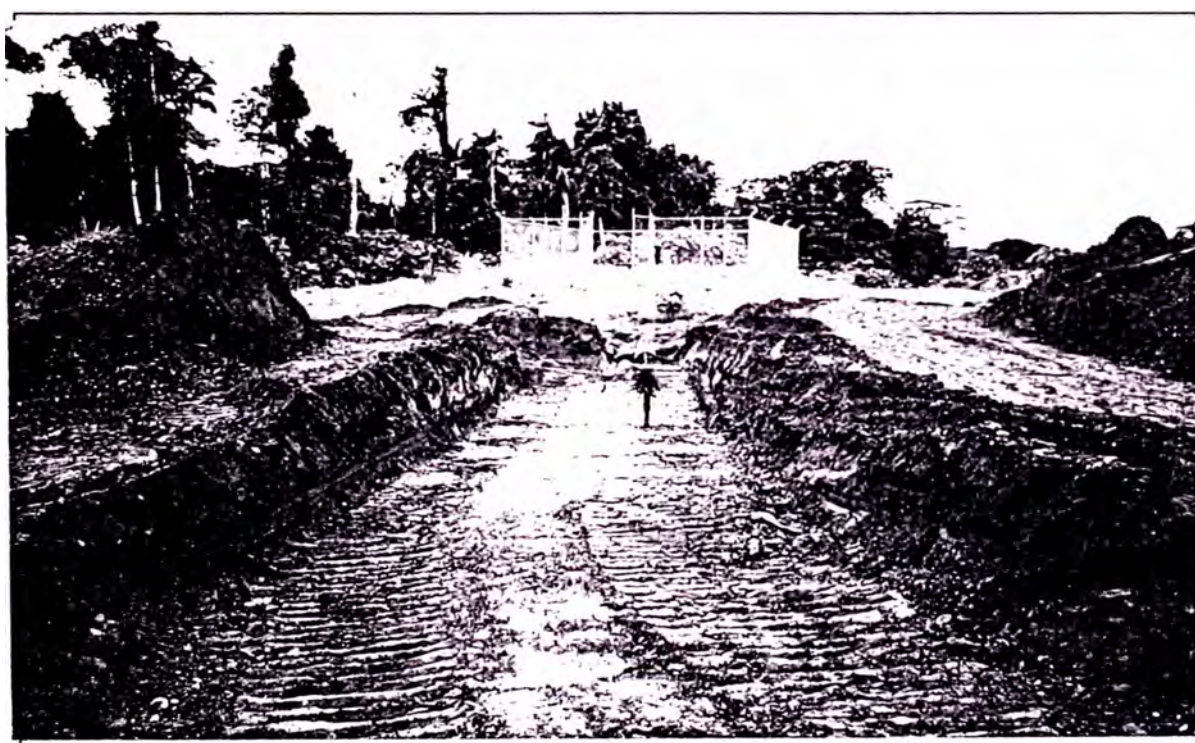


Foto 210 – Punto de ubicación de la tubería de la Válvula en margen derecha.



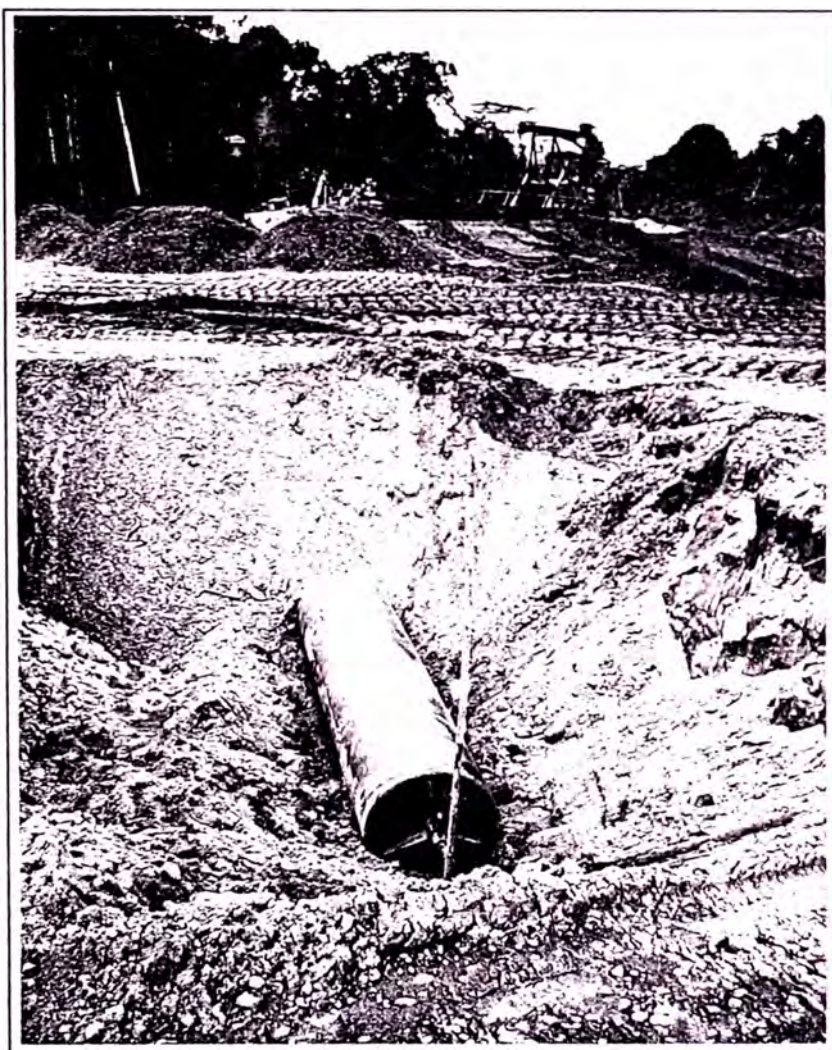


Foto 211 – Tubería protegida con tapón antes de unión.



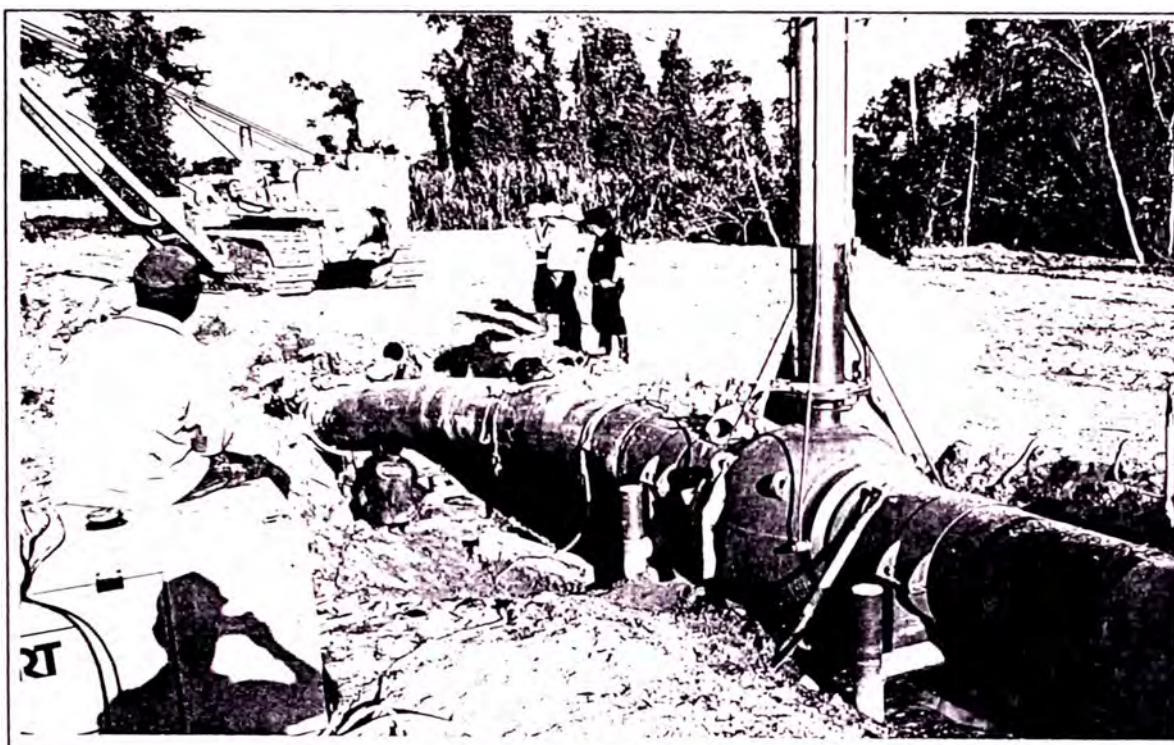


Foto 212 – Unión y posicionado de Válvula en margen derecha.

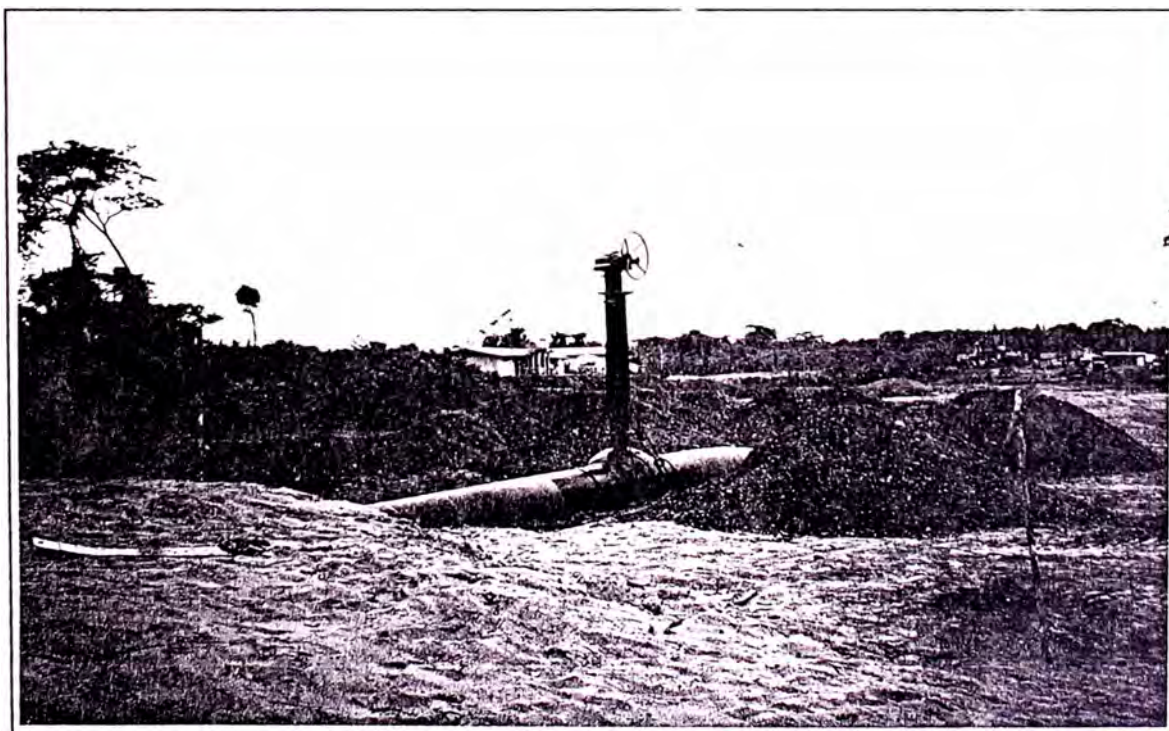


Foto 213 – Posición de Válvula en margen derecha.

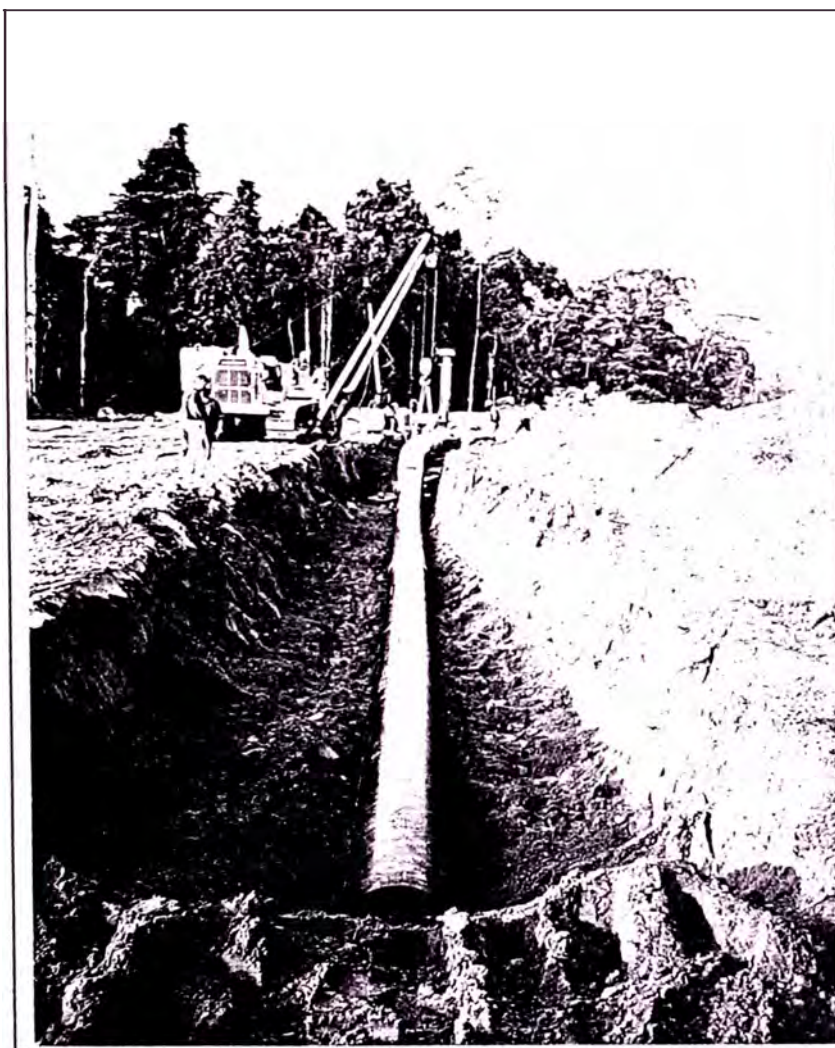


Foto 214 – Tendido inicial de tubería desde la Válvula al punto de unión de la salida de la excavación protegida.



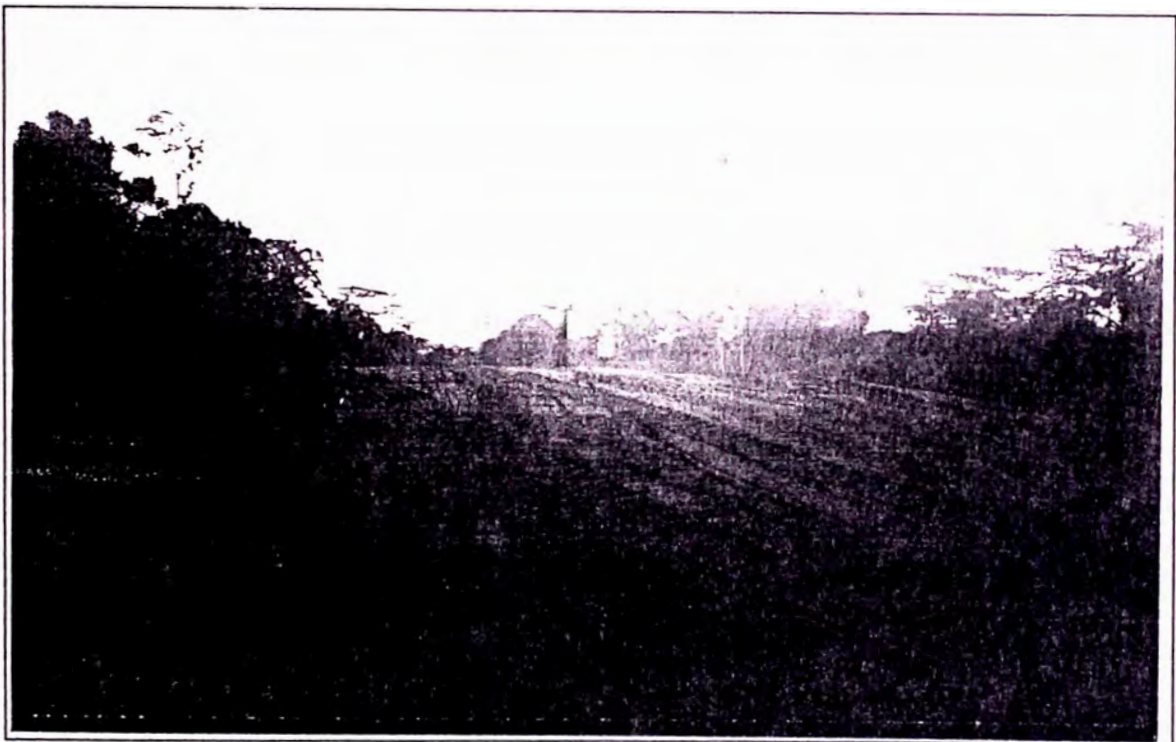


Foto 215 – Enterrado total de la tubería de Válvula.

## **12. UNION EN LA MARGEN DERECHA**



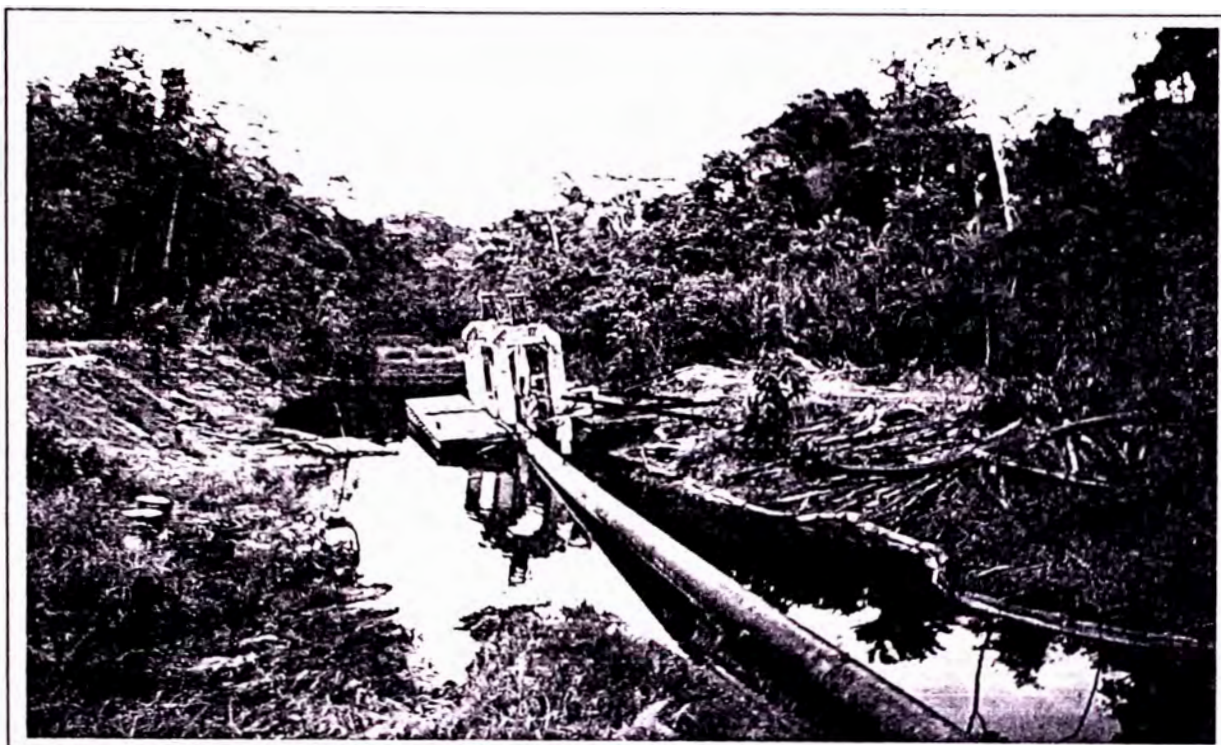


Foto 216 – Posicionado de tubería en margen margen derecha.

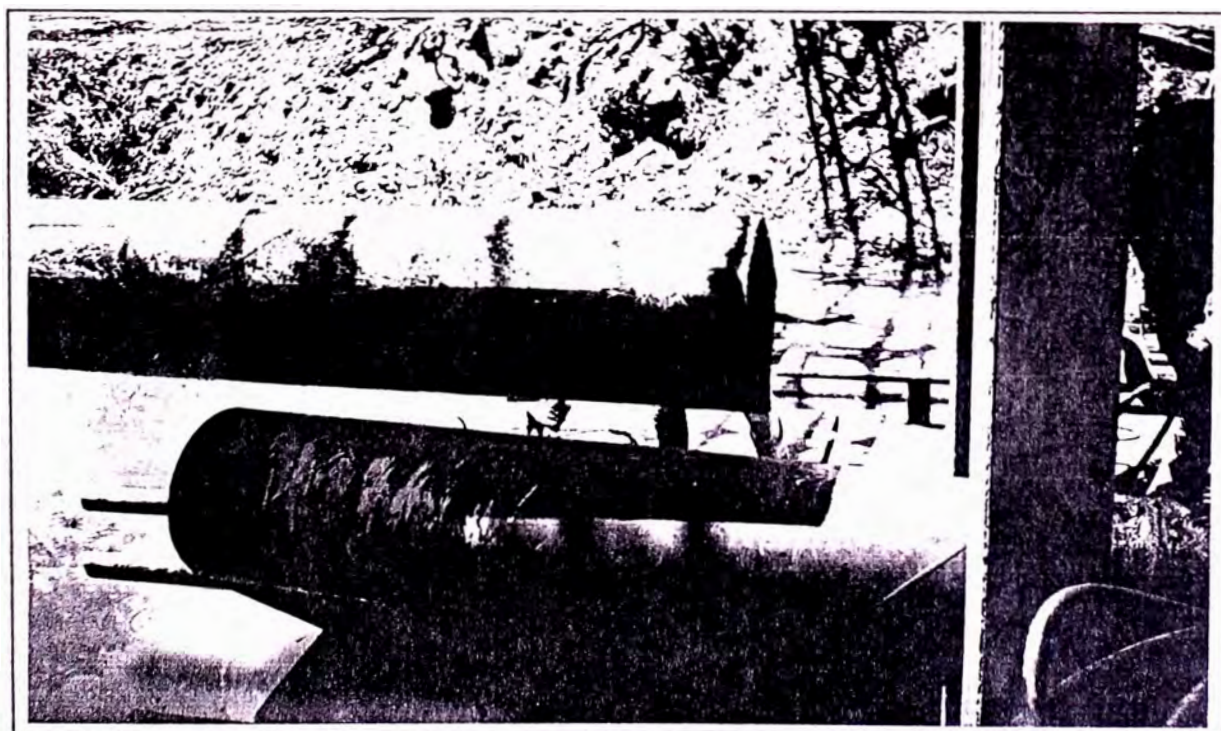


Foto 217 – Montaje de tubería a unir (roja) y la tubería del Oleoducto (superior)





Foto 218 – Uso del Side-boom y teque de balsa sosteniendo la tubería del Oleoducto.

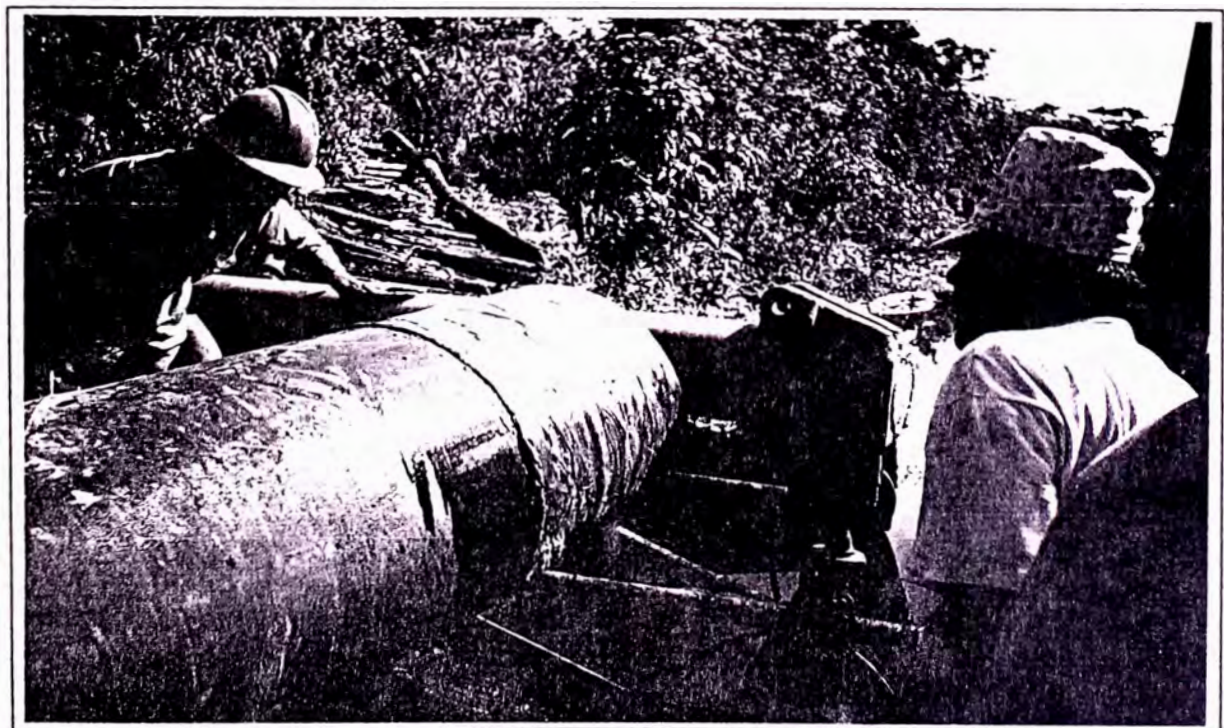


Foto 219 – Colocación de Pig en tubería a unir al Oleoducto.



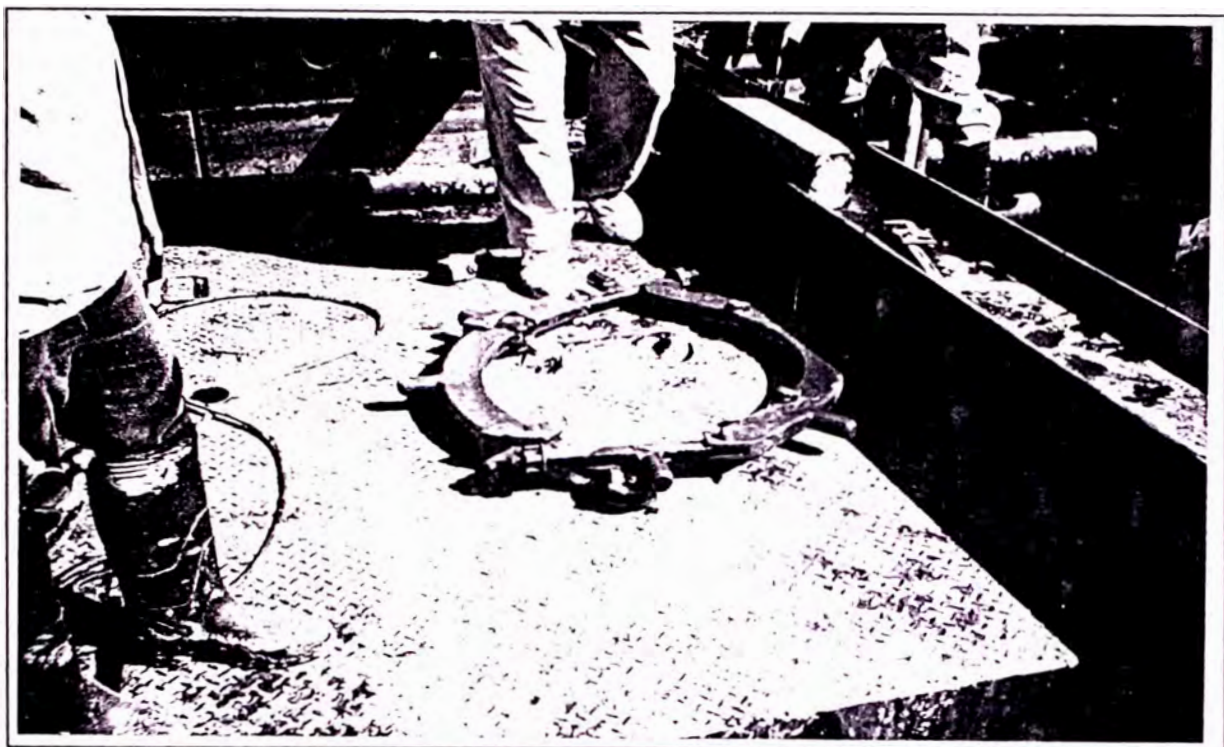


Foto 220 – Vista del corta-frio de tuberías.



Foto 221 – Colocación de masa de Bentonita seguido del Poly-Pig.



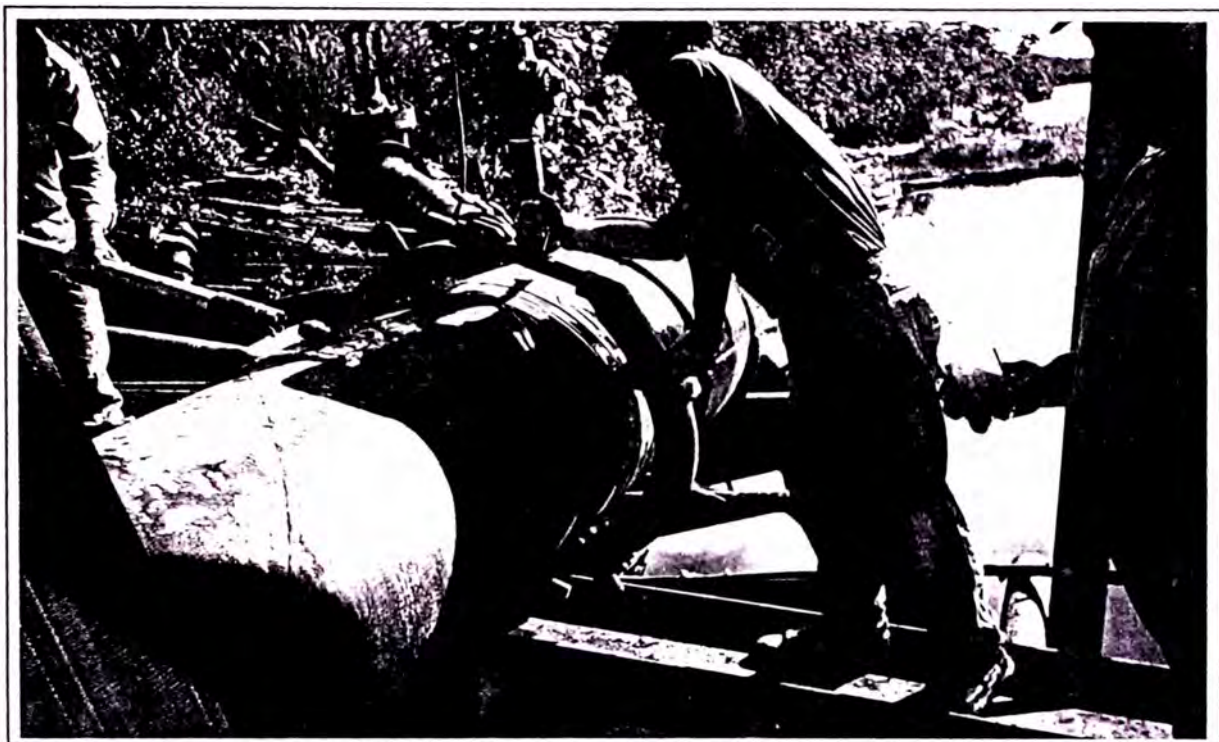


Foto 222 – Posicionado del corta-frío para corte de tubería.

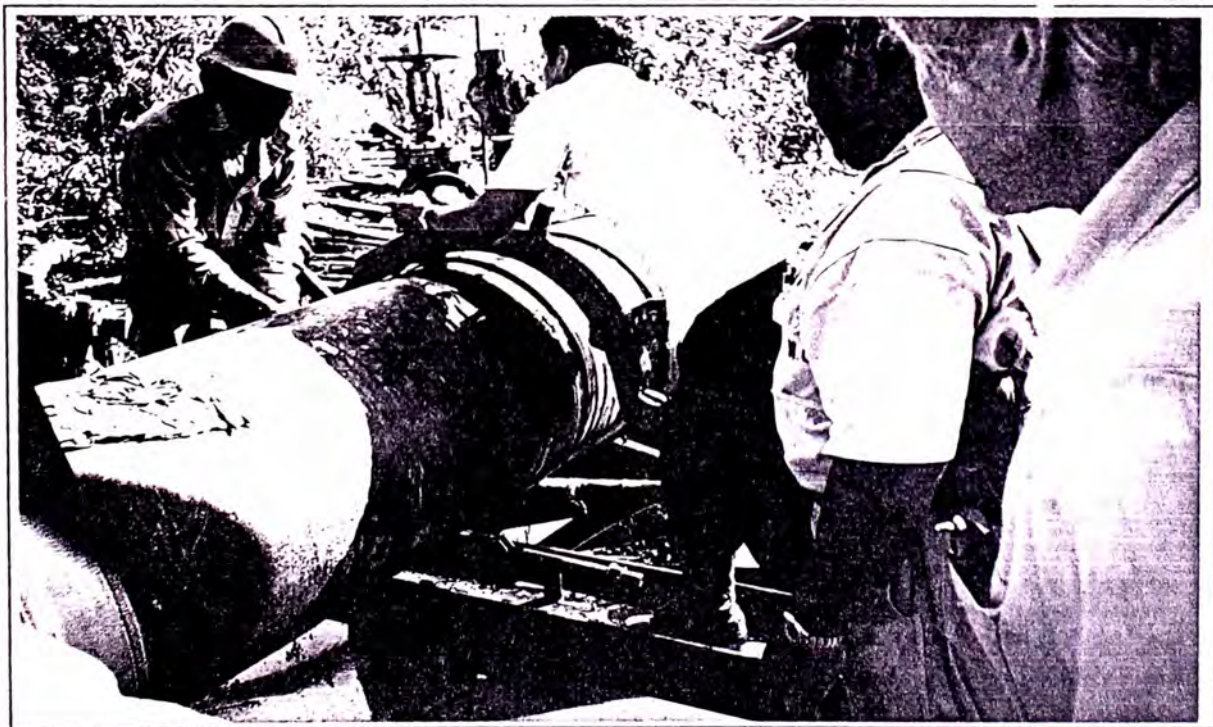


Foto 223 – Corte de tubería.



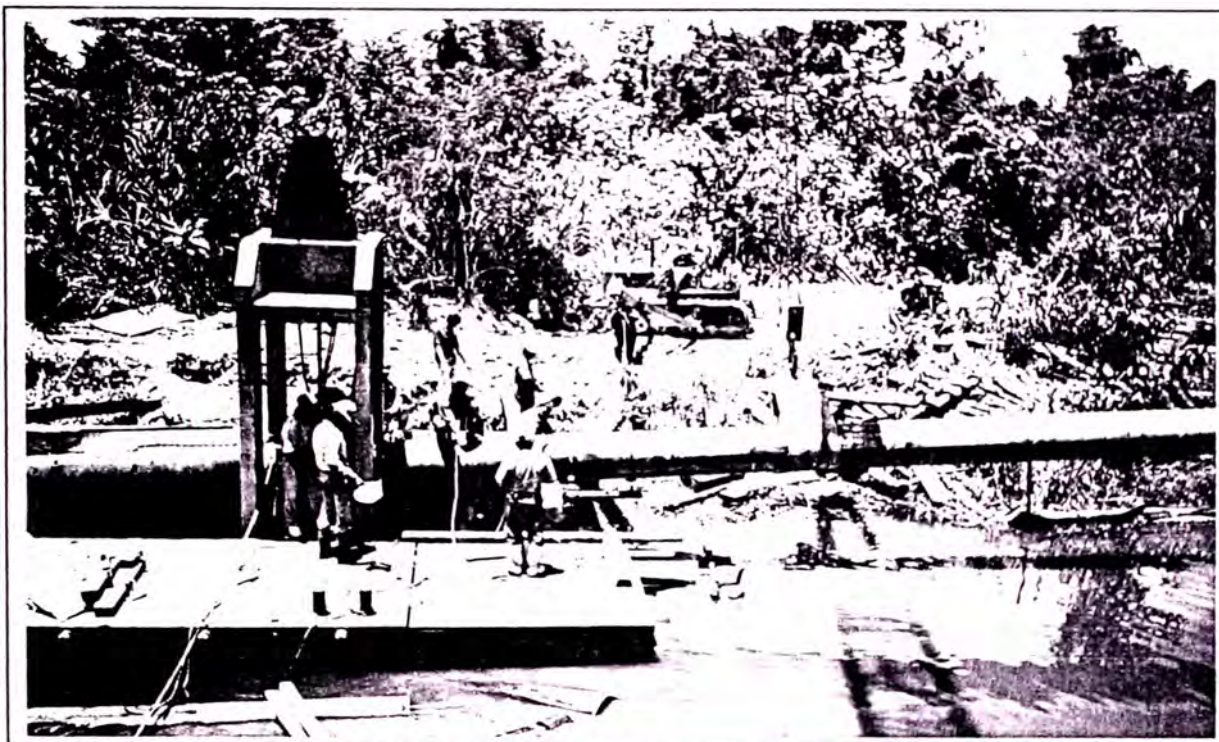


Foto 224 – Alineamiento y soldadura de las tuberías en la margen derecha.



Foto 225 – Cordón de soldadura en la unión de la margen derecha.

### **13. UNION EN LA MARGEN IZQUIERDA**



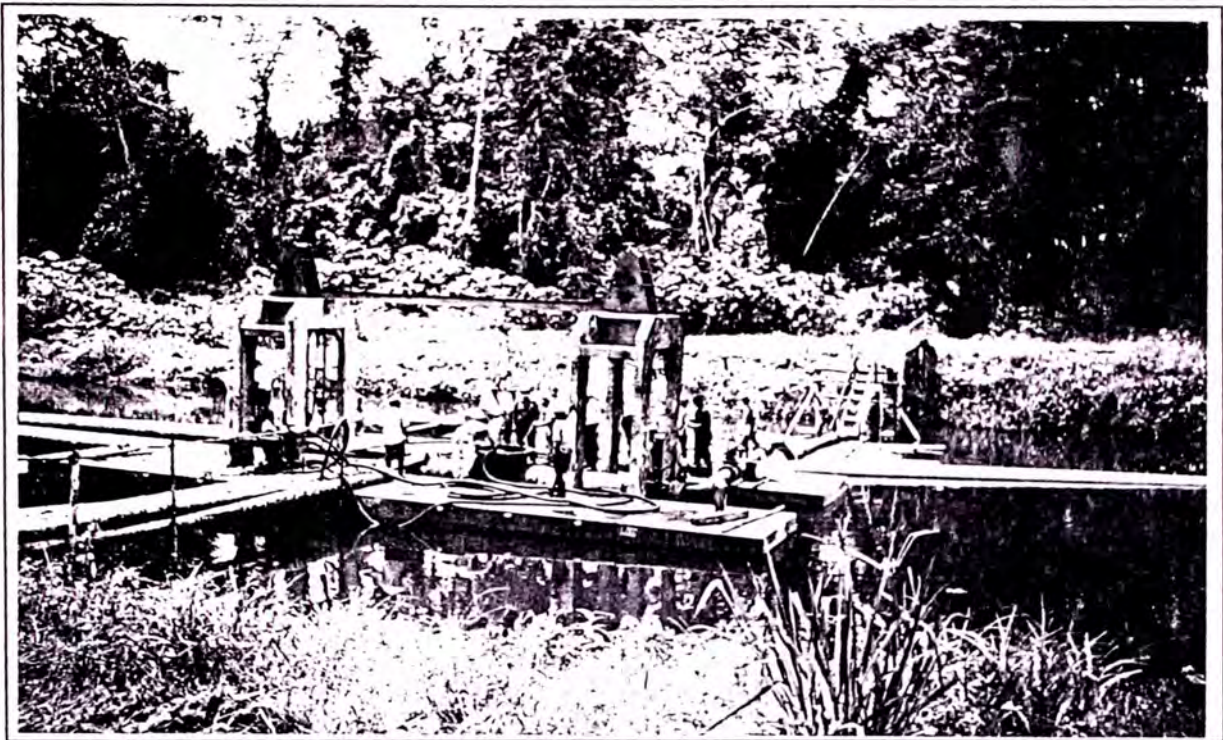


Foto 226 – Preparación para corte de zona de reducción de 24" OD a 6"OD realizada para traslado del petróleo desde la margen izquierda a la margen derecha.

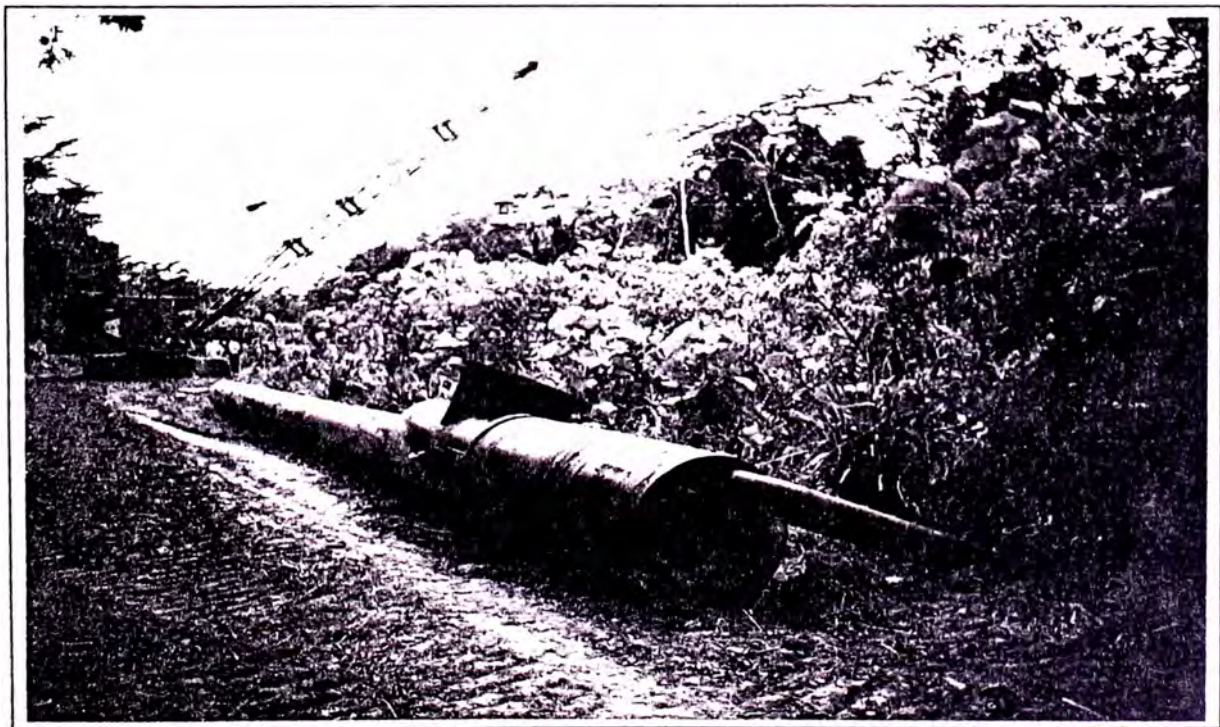


Foto 227 - Zona de reducción de sección retirada del Canal.



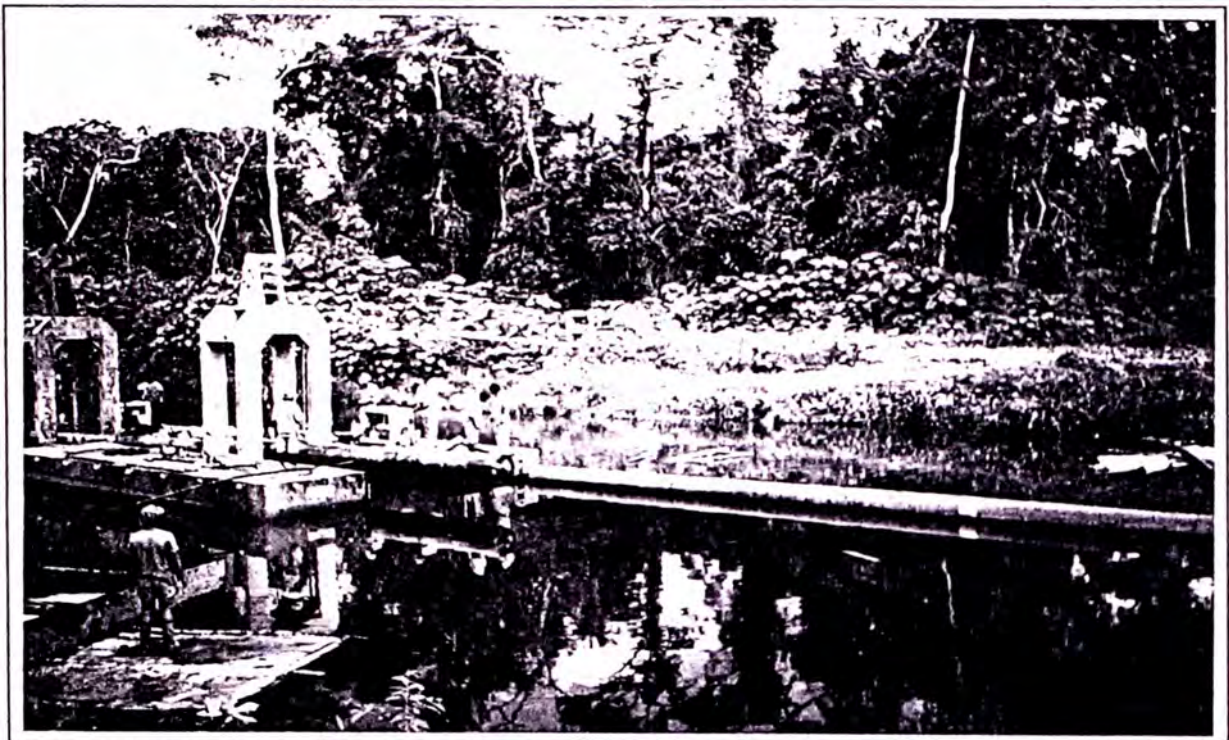


Foto 228 – Montaje de flotadores e izaje de tubería.

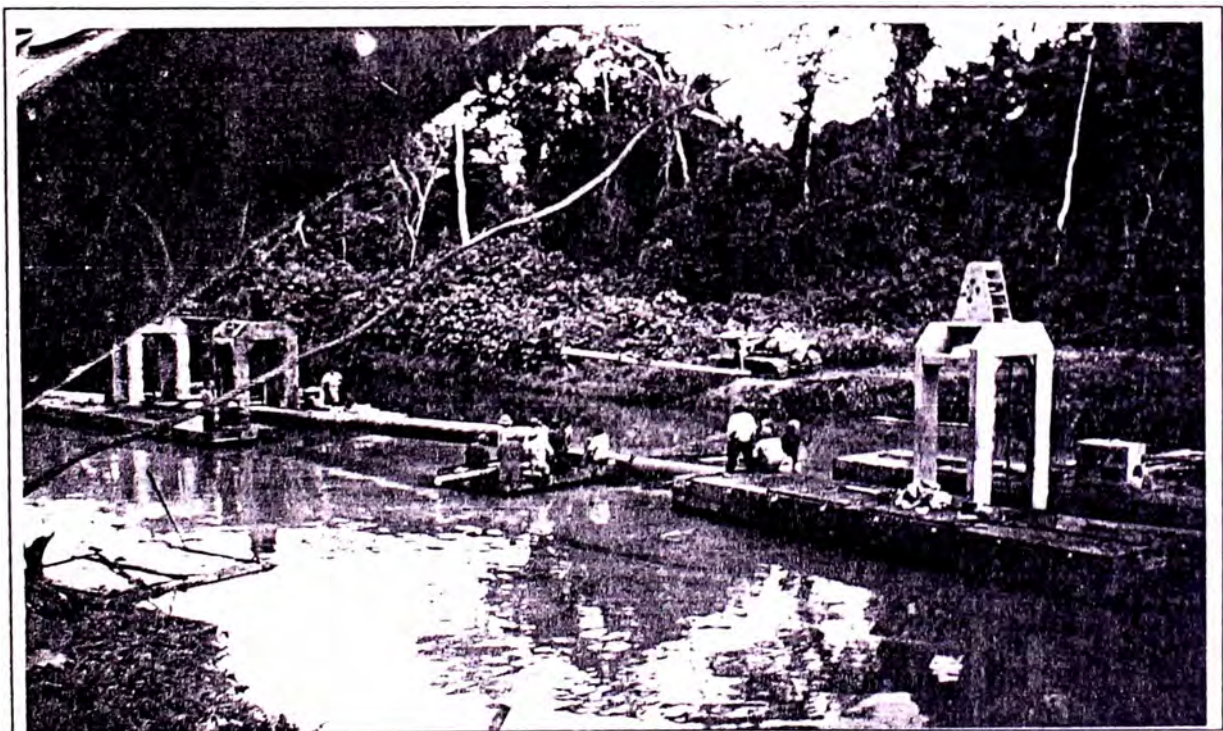


Foto 229 – Izaje de la tubería del Oleoducto.



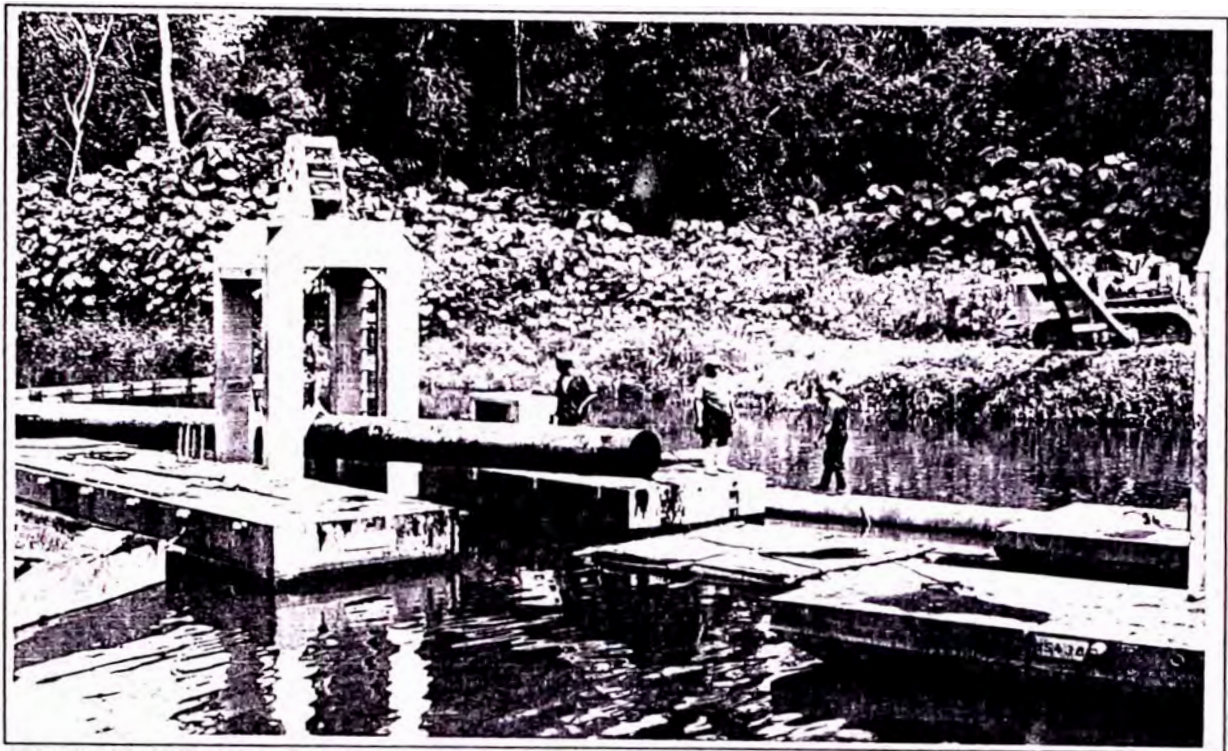


Foto 230 – El corte del tubo de reducción de 24"OD a 6"OD ocasionó derrame de petróleo.

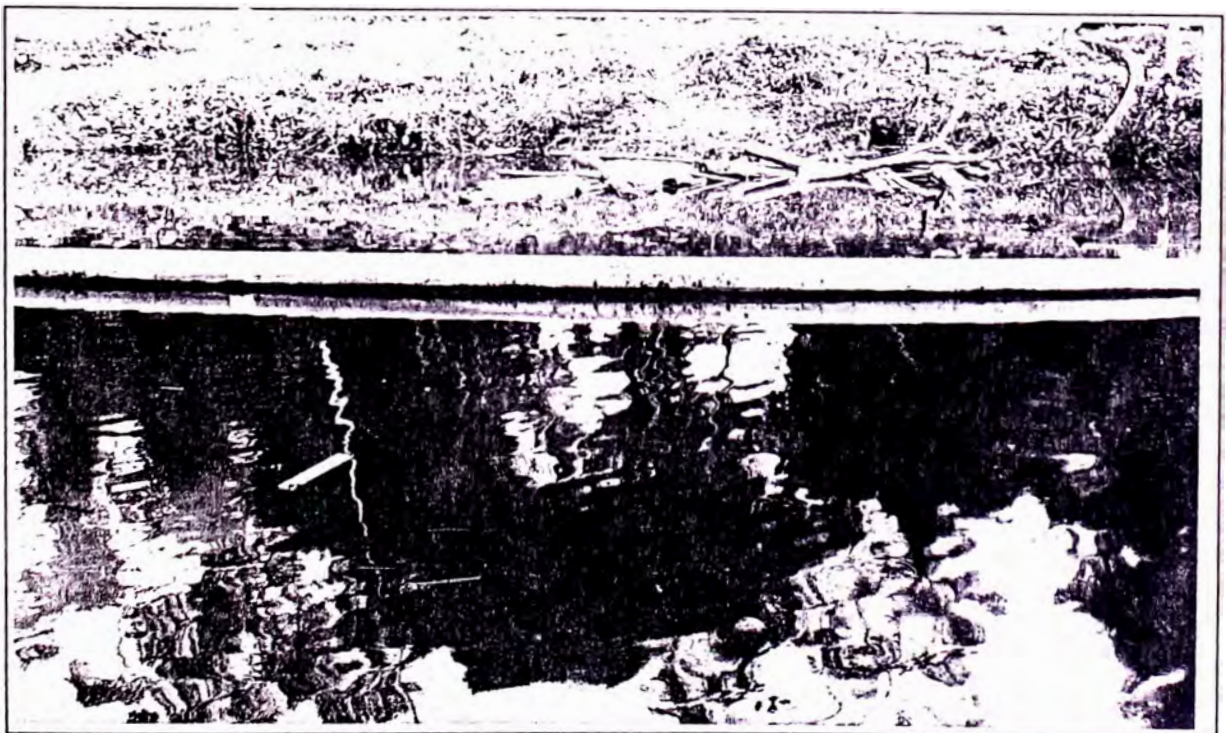


Foto 231 – Canal cubierto por derrame de petróleo.





Foto 232 – Después de limpiar el derrame de petróleo, se posicionan las dos tuberías.



Foto 233 – Soldadores, alineadores y seguridad hacia la zona de empalme



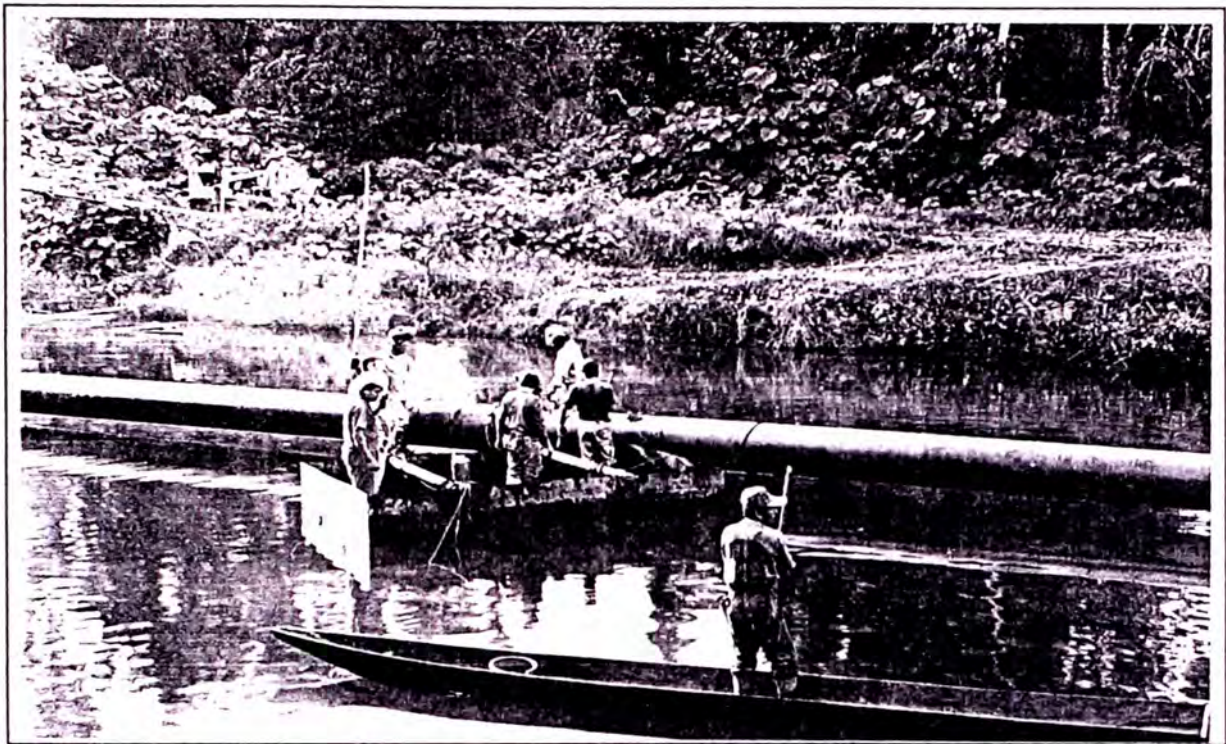


Foto 234 – Alineamiento y soldadura.

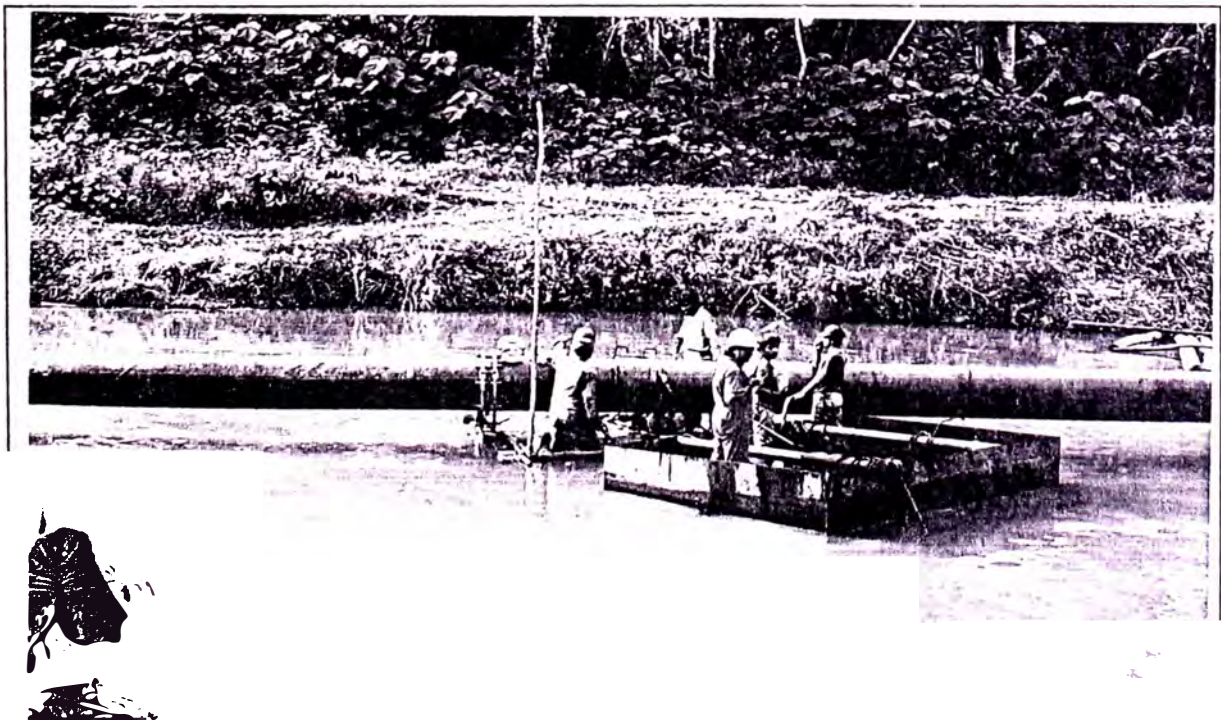


Foto 235 – Soldadura al Oleoducto en margen izquierda.





Foto 236 – Soldadura.

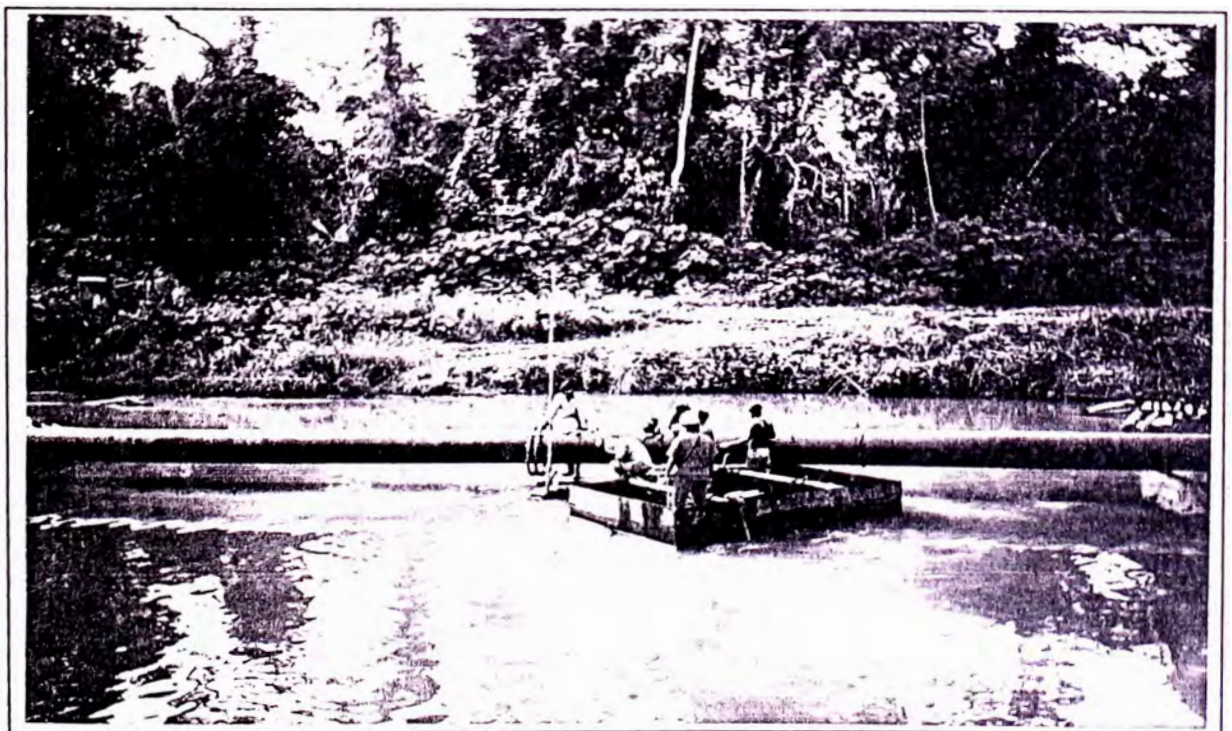


Foto 237 – Término de la soldadura.





Foto 238 – Se limpio químicamente la unión soldada y se protegió con 3M-Líquido.

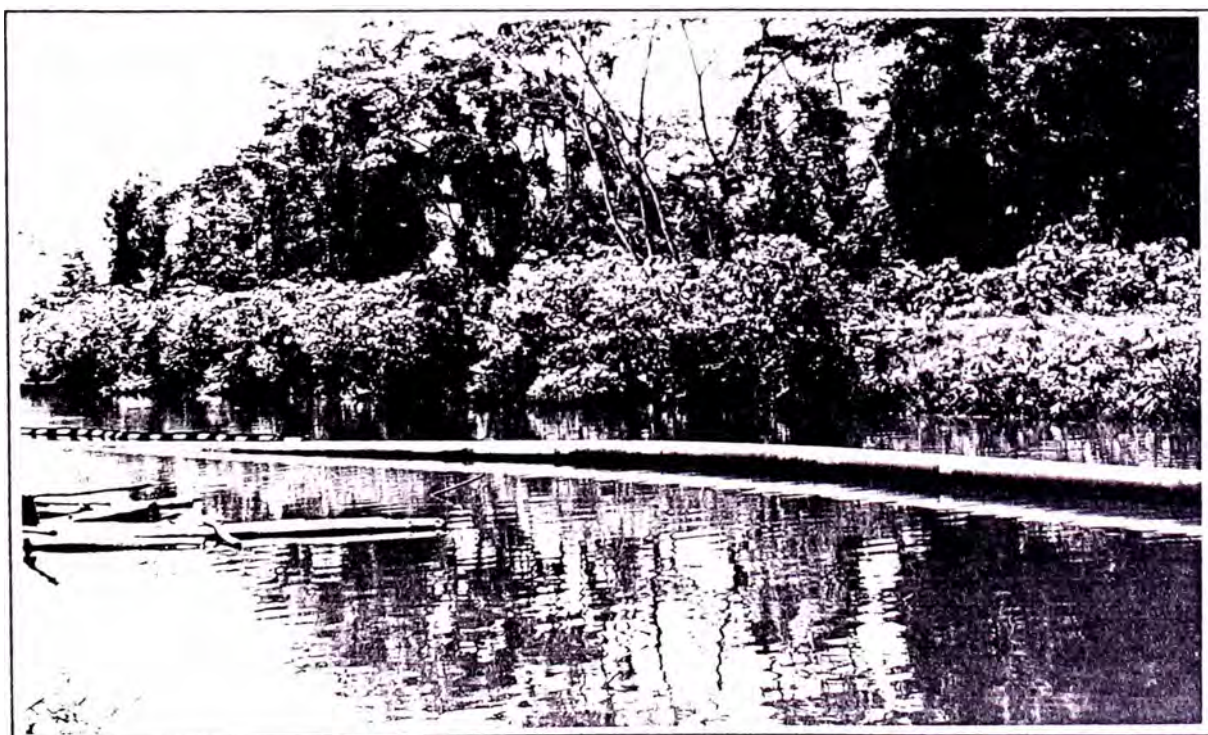


Foto 239 – Unión al Oleoducto en la margen derecha lista.



Foto 240 – Zona de Válvula en margen derecha con malla de protección.

#### **14. PRUEBA HIDROSTATICA FINAL**



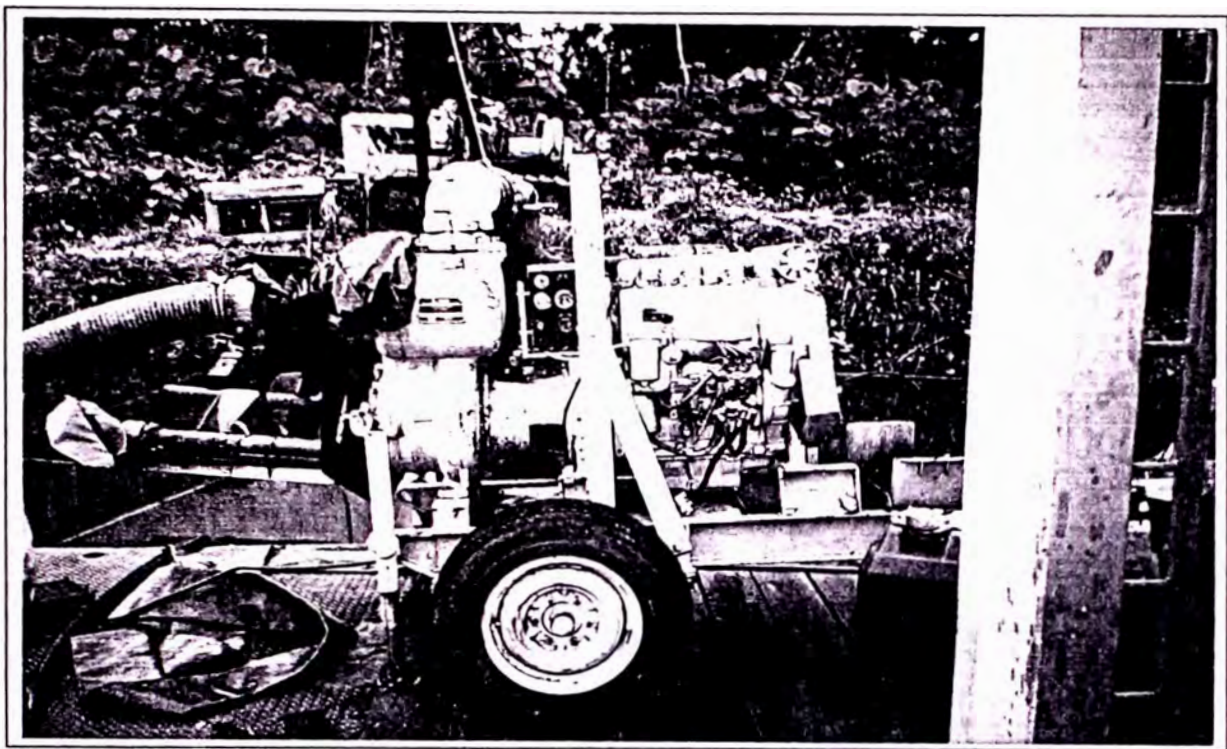


Foto 241 – Bomba de succión de agua

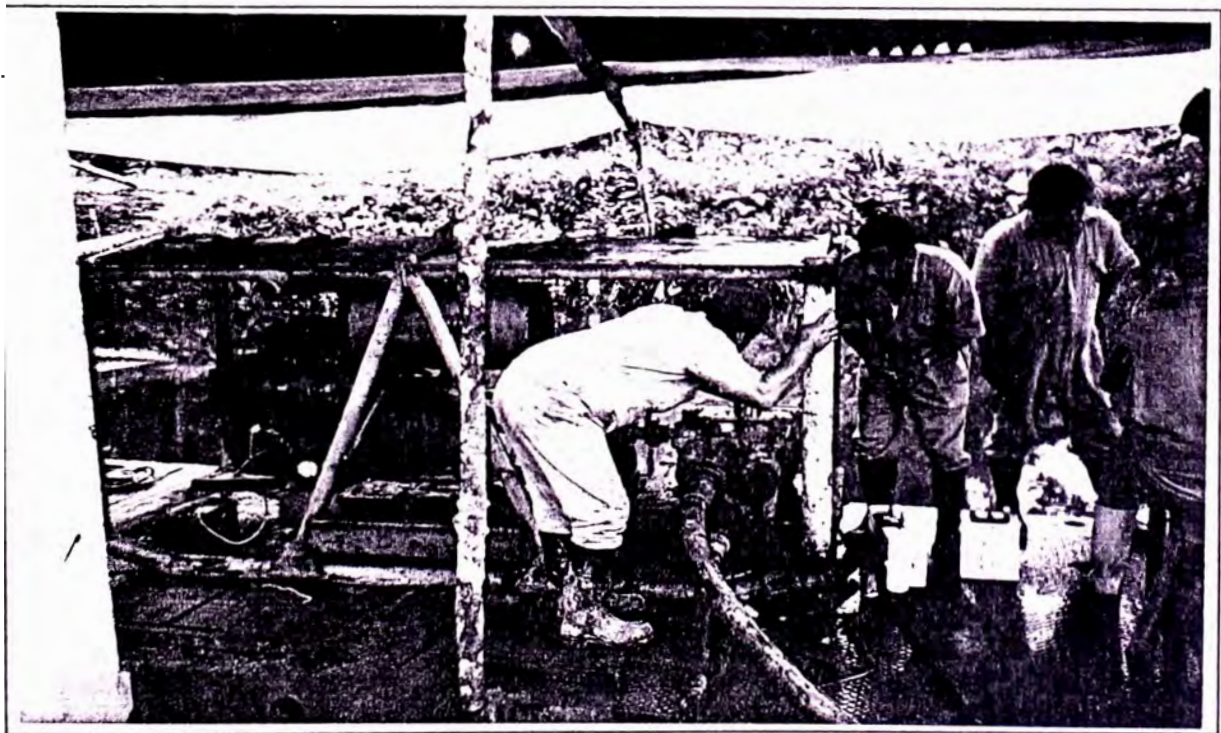


Foto 242 – Bomba de presión (3000 psi).



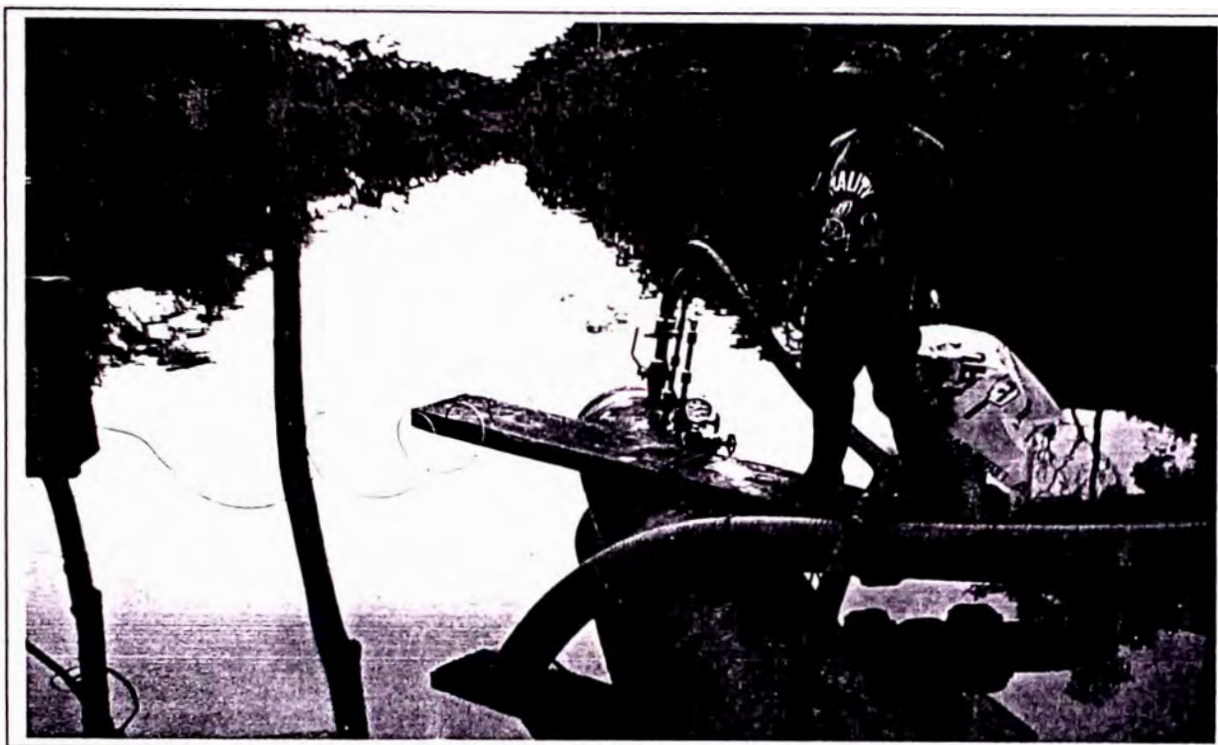


Foto 243 – Llenado con agua en el Canal de la margen izquierda.



Foto 244 – Cabezal en el Canal de la margen derecha.



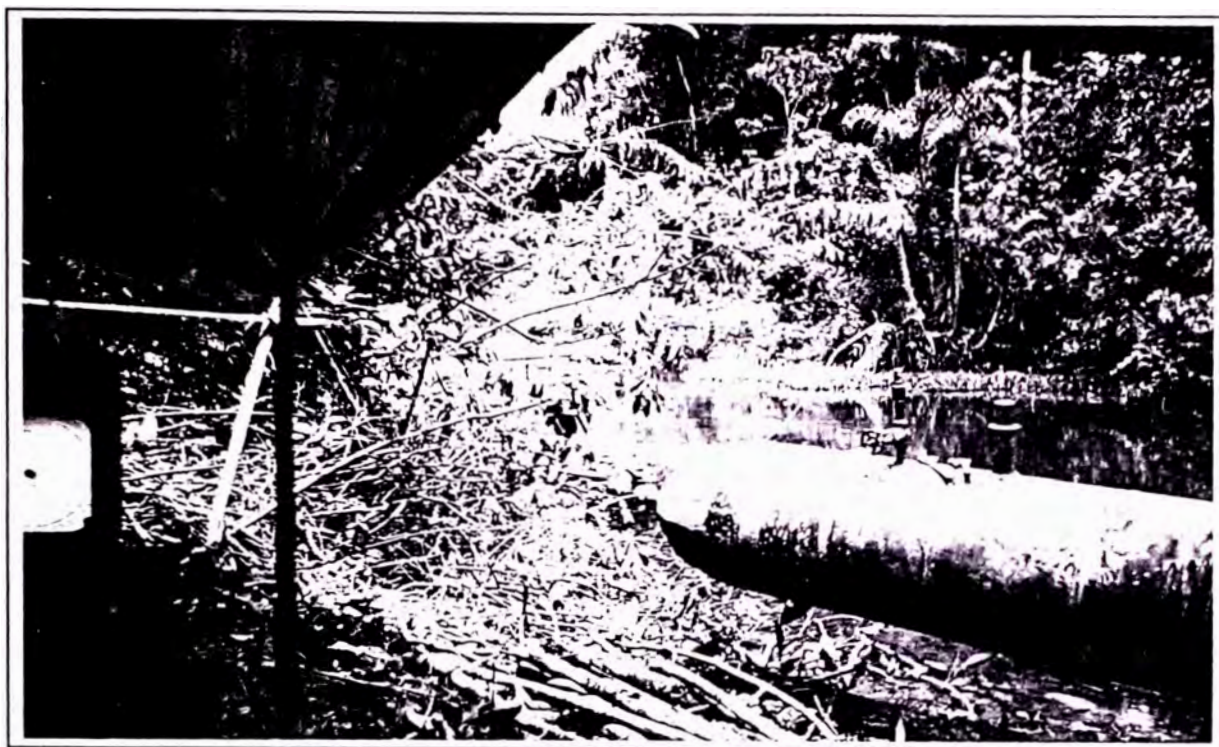


Foto 245 – Control de temperatura montado en la margen derecha..

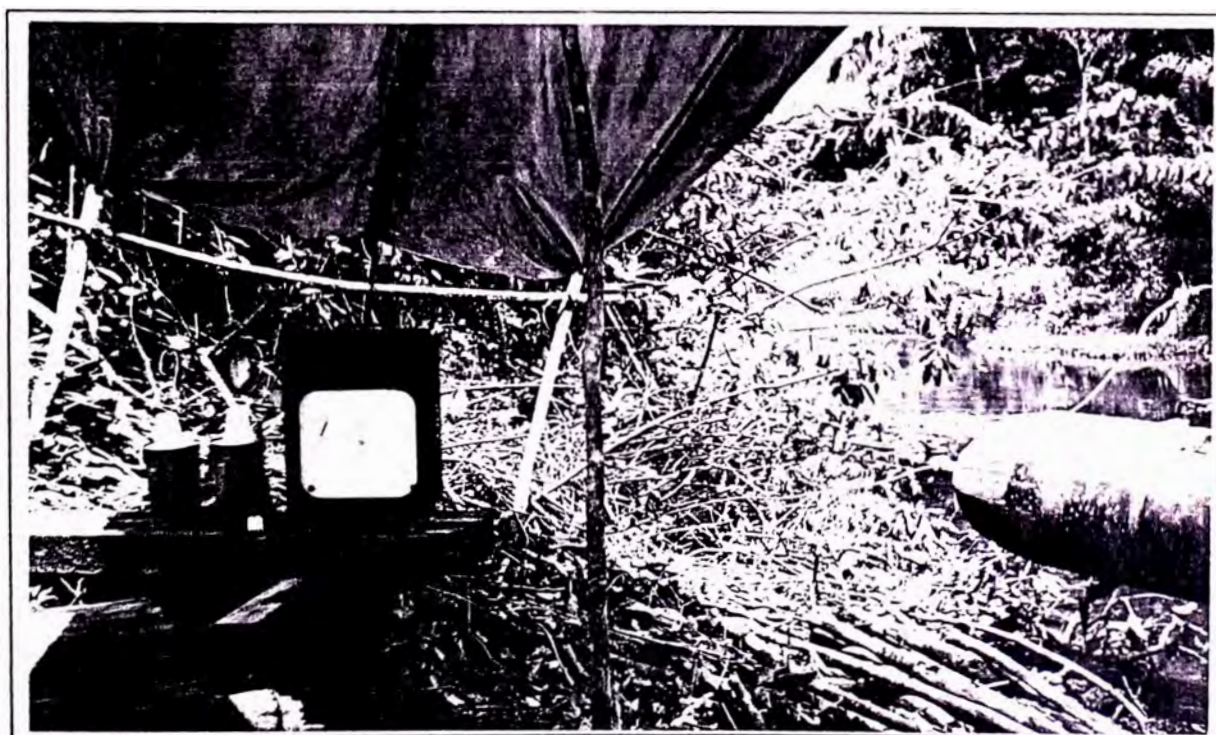


Foto 246 – Medidor de temperatura (Recorder) de un lapicero.



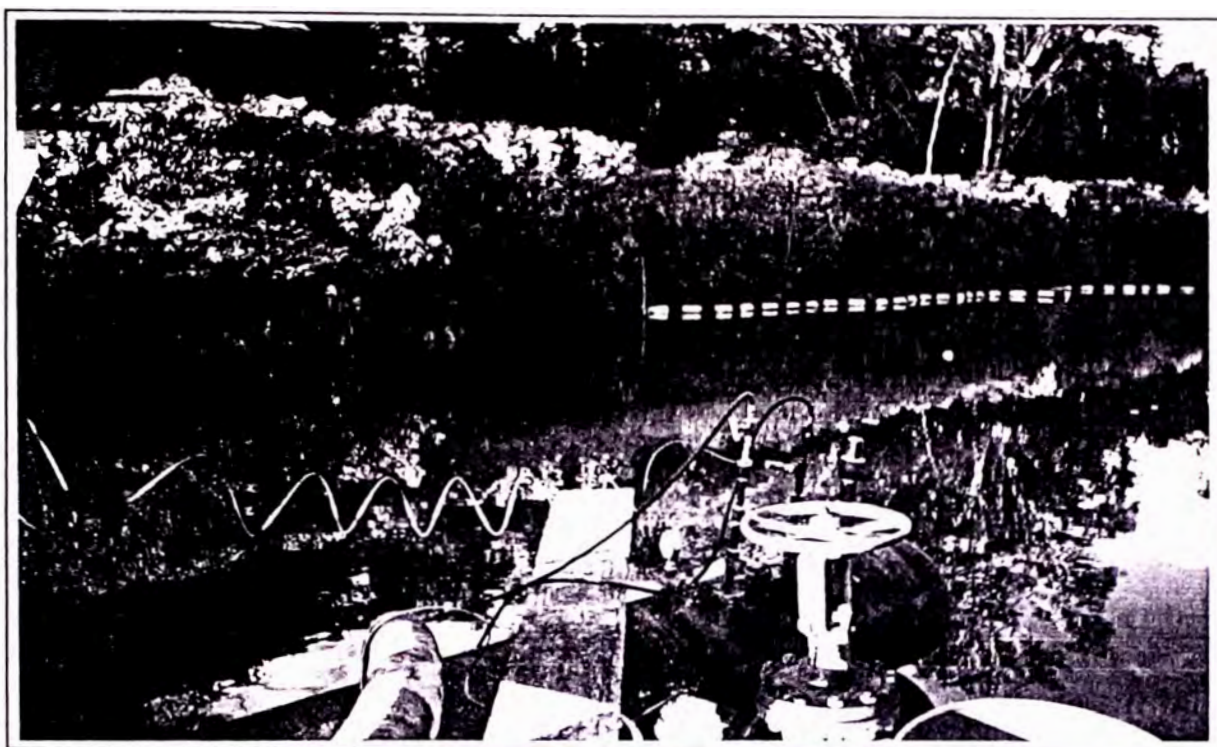


Foto 247 – Montaje de controles en margen derecha..

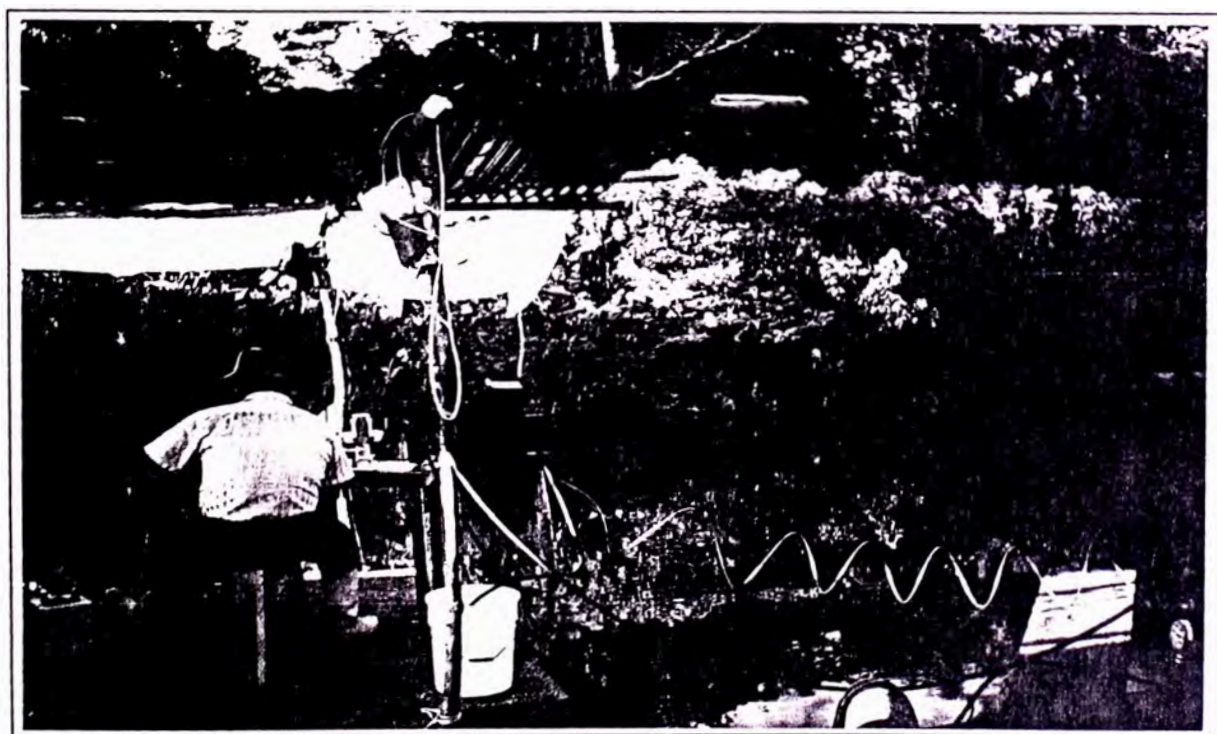


Foto 248 – Posicionado de balanza de Peso Muerto y Control de presión.

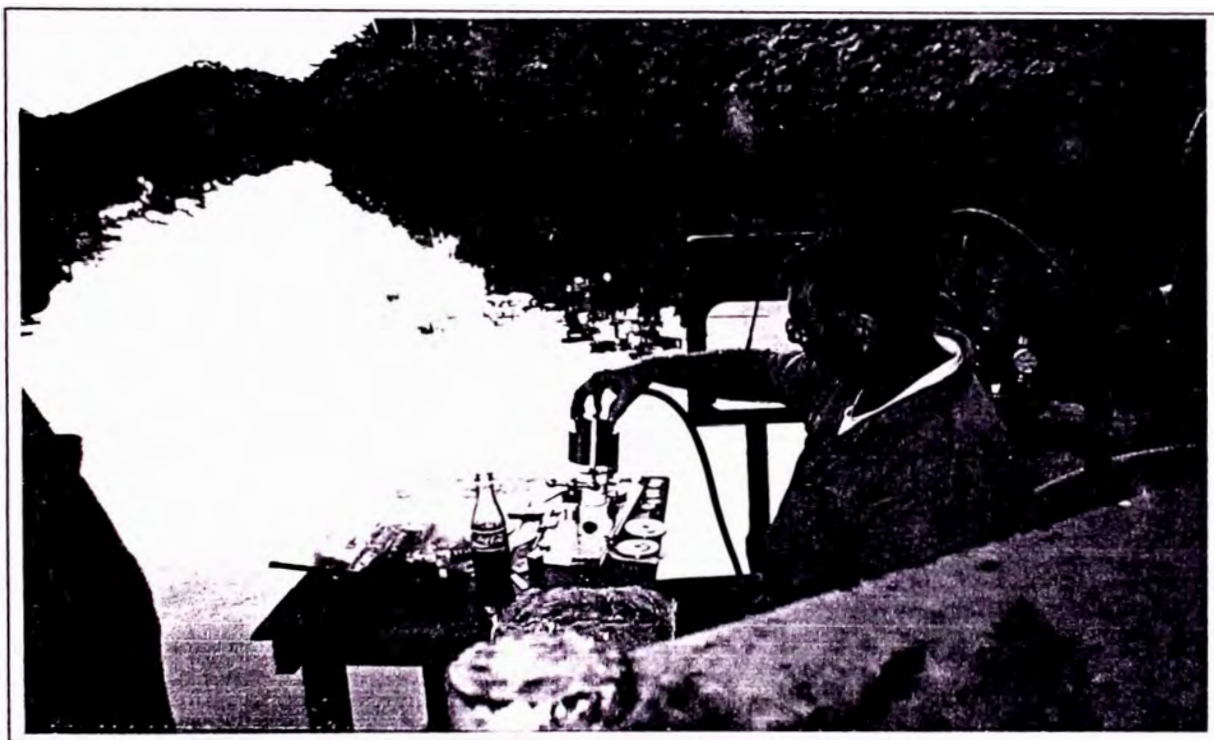


Foto 249 – Control de presión con balanza de Peso muerto.





Foto 250 – Zona de Control de presión, temperatura y caudal en margen izquierda.

## **15. RELLENO DE LA EXCAVACIÓN POR TABLAESTACADO**



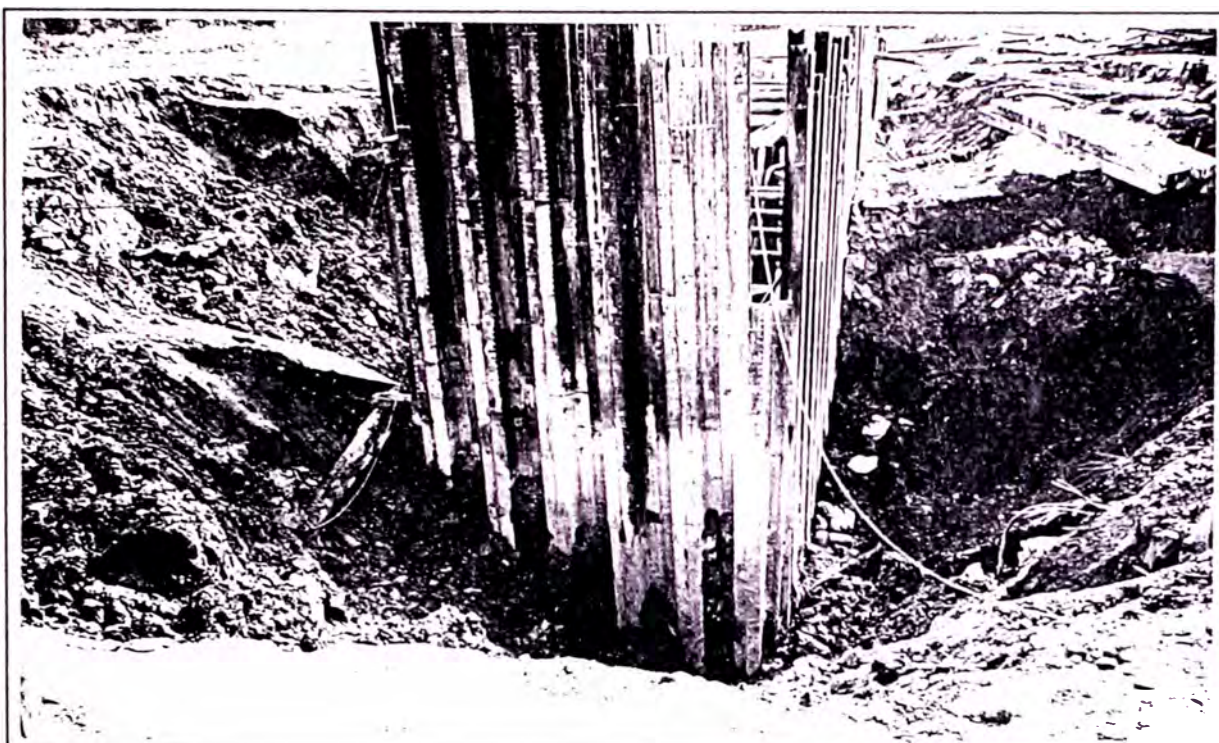


Foto 251 – Relleno de los laterales del Tablaestacado.



Foto 252 – Rellenado de los laterales del Tablaestacado.



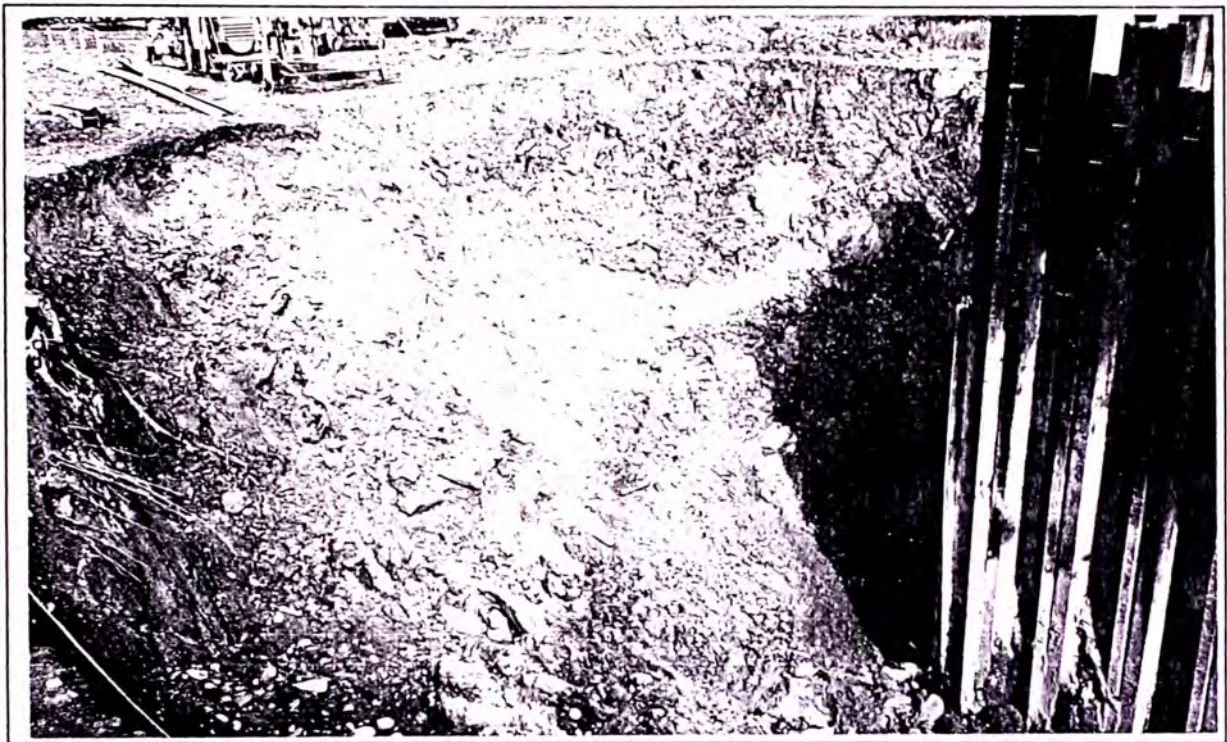


Foto 253 – Otra posición del Tablaestacado..

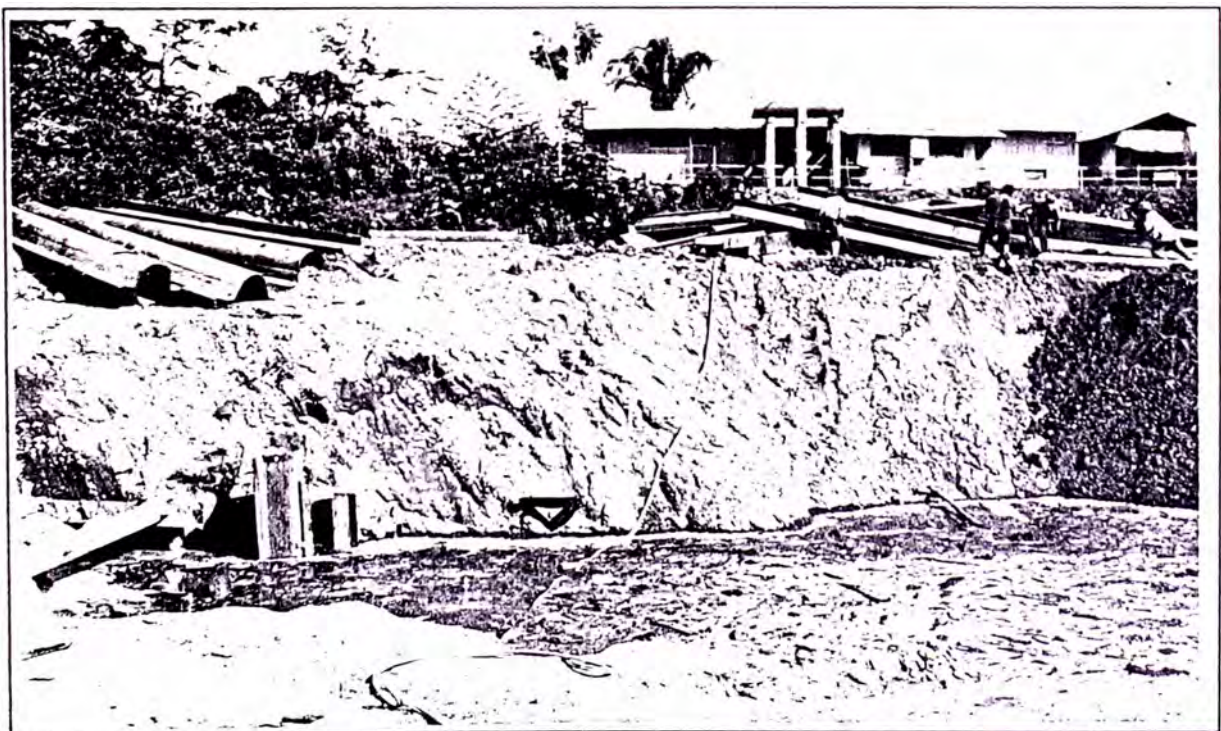


Foto 254 – Corte de Tablaestacado y relleno (. Observar el nivel de agua)



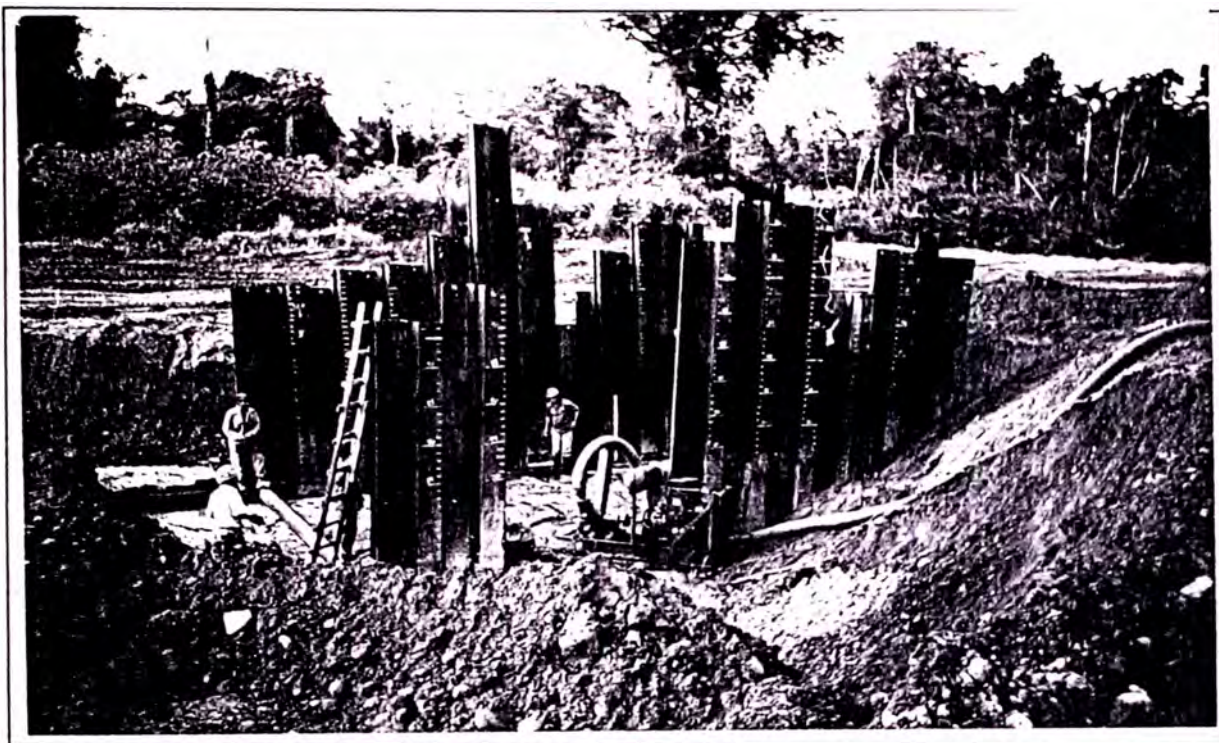


Foto 255 – Relleno interior de Tablaestacado, corte de tablaestacas y retiro del agua por bombeo.

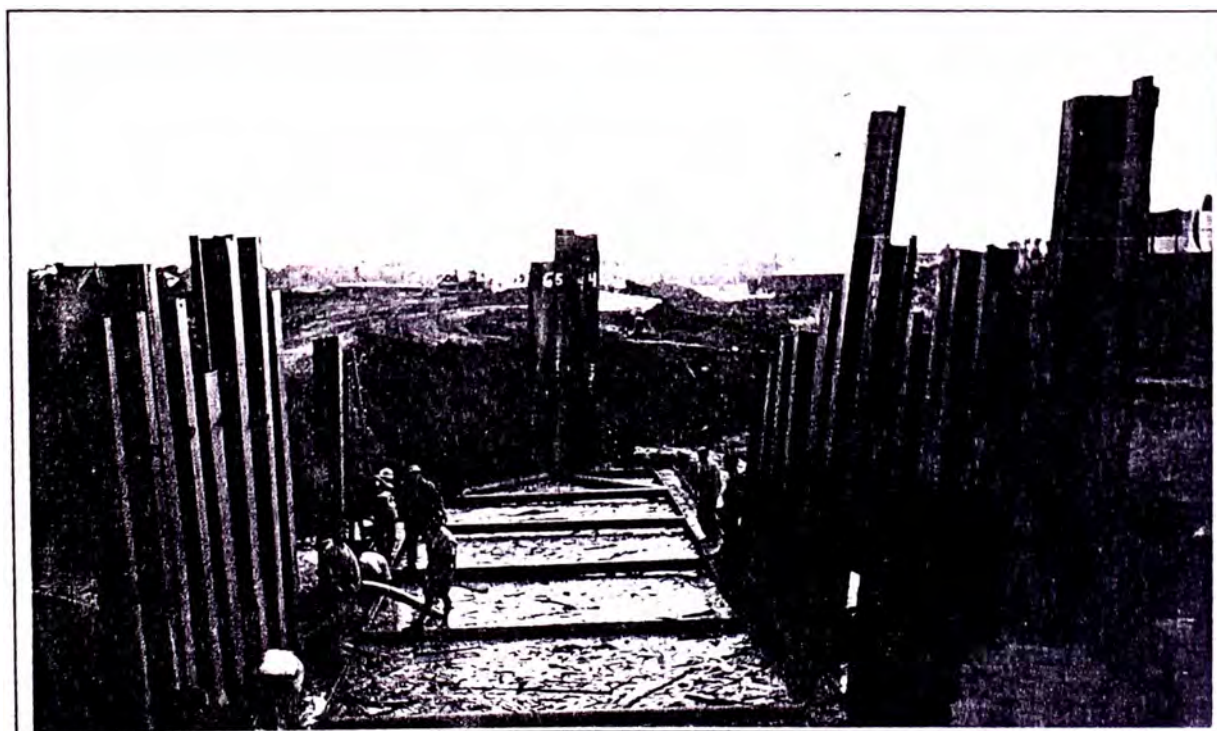


Foto 256 – Retiro de agua en zona de excavación protegida.





Foto 257 – Corte y relleno exterior.

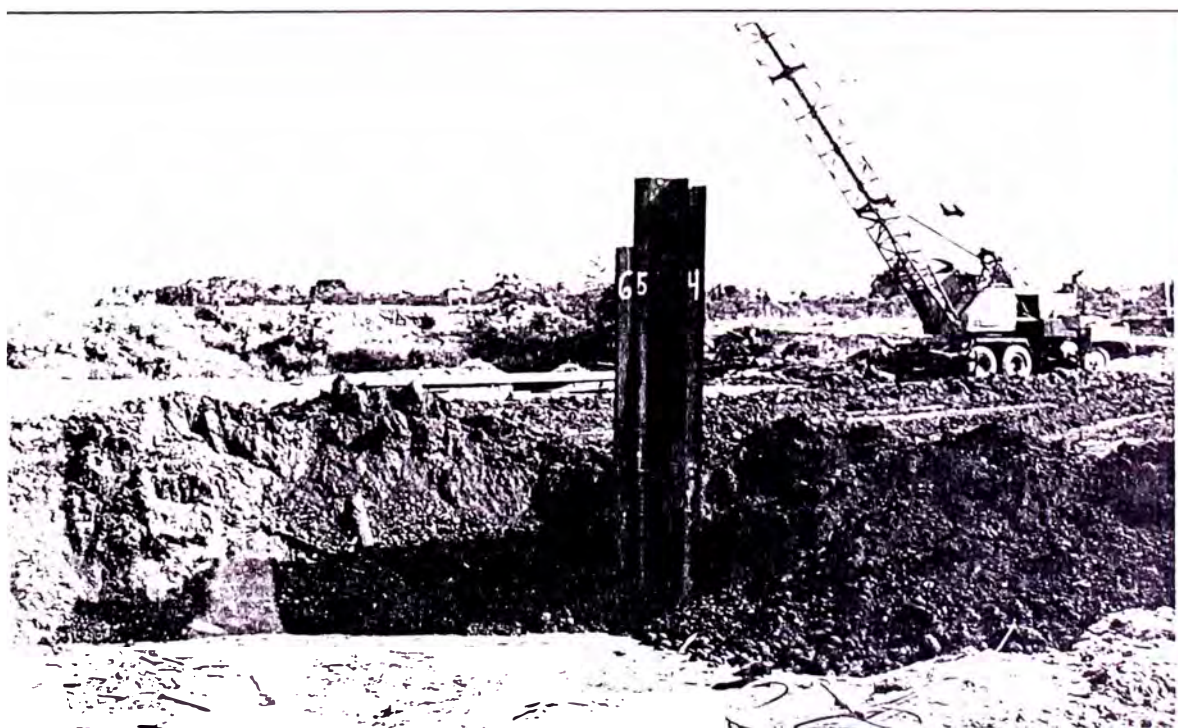


Foto 258 – Solo se deja la Tablaestaca 654 – como indicación de que debajo de ella hay una maza de fierro producto de la excavación protegida

## **16. COLOCACIÓN DE ANODOS Y MEDICION DE POTENCIALES**



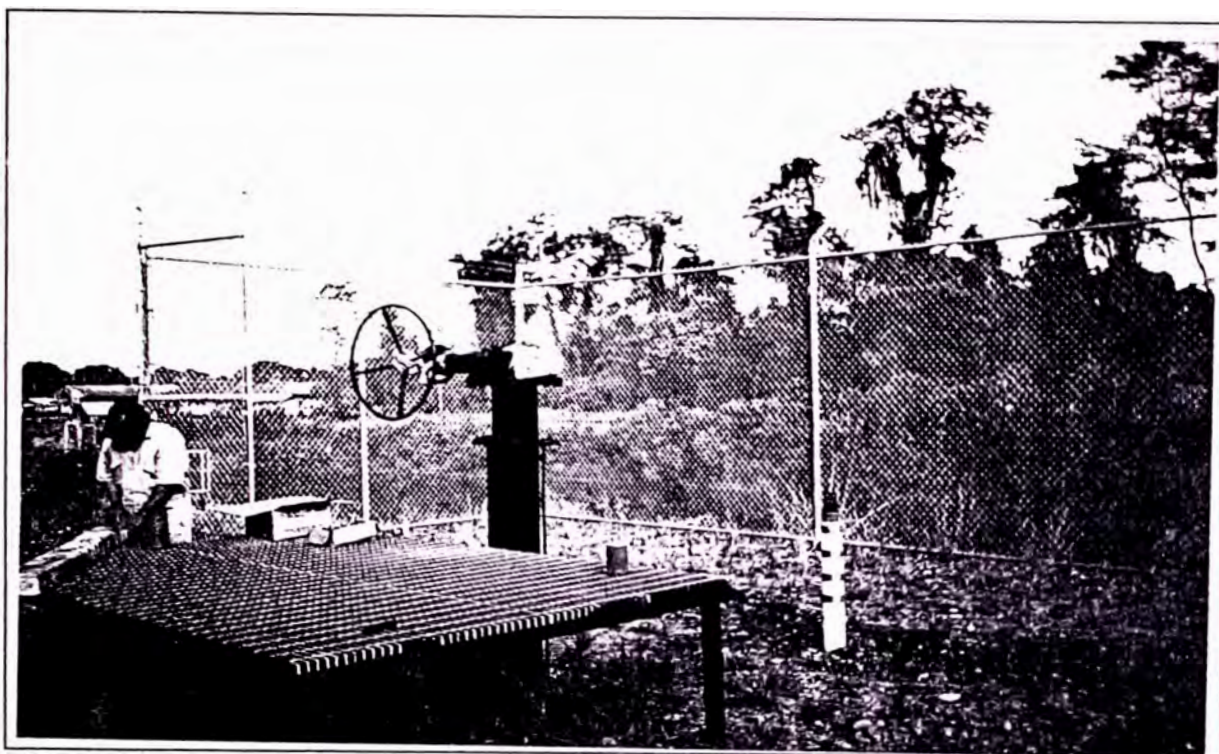


Foto 259 – Aspecto de zona de Válvula en ambas márgenes , con malla de protección.

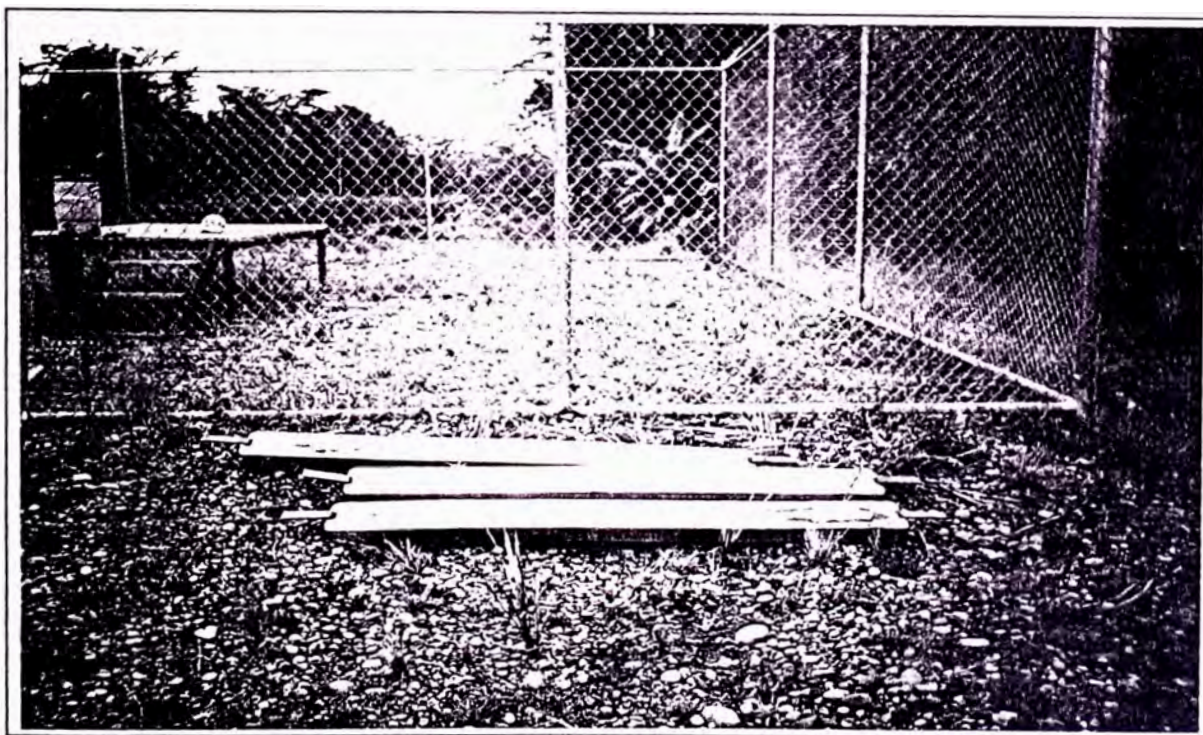


Foto 260 – Anodos de sacrificio de Aluminio a montar en la tubería – tres por Válvula.





Foto 261 – Montaje de ánodos.



Foto 262 – Soldadura de ánodo y de conexión eléctrica.



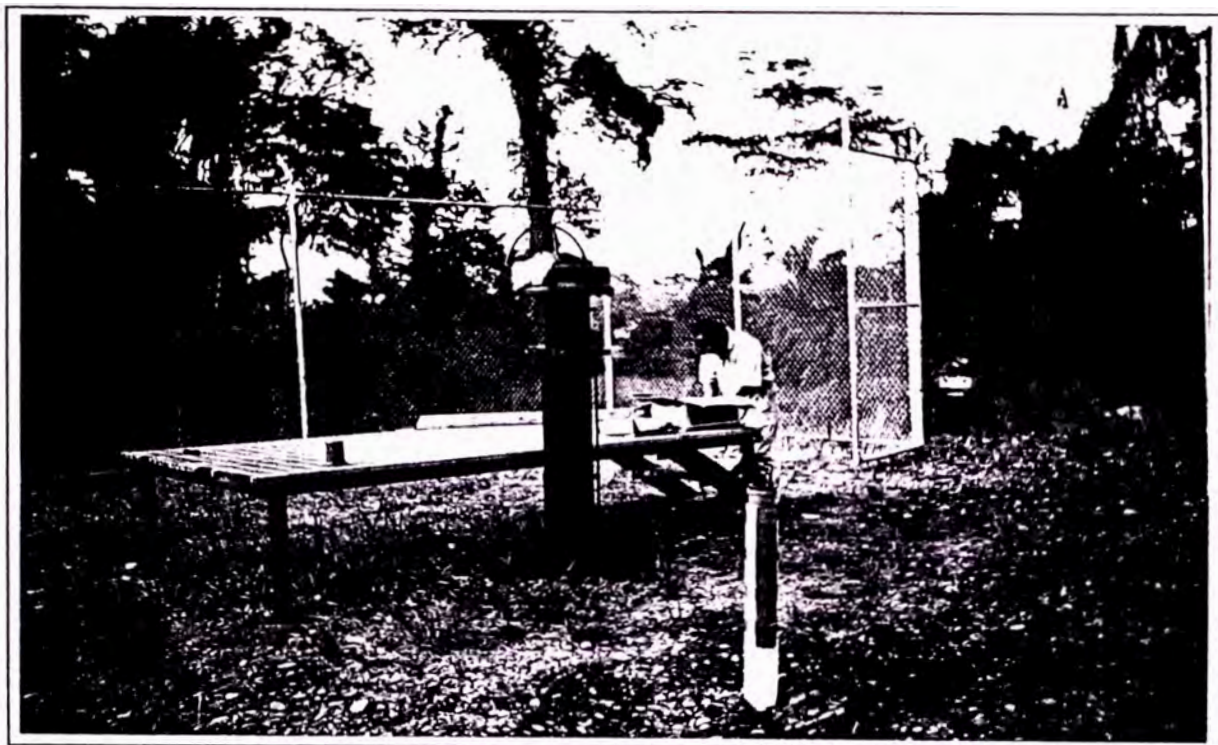


Foto 263 – Caja de control de potencial instalada en cada Válvula.



Foto 264 – Montaje de conexiones para medición de potencial de protección.



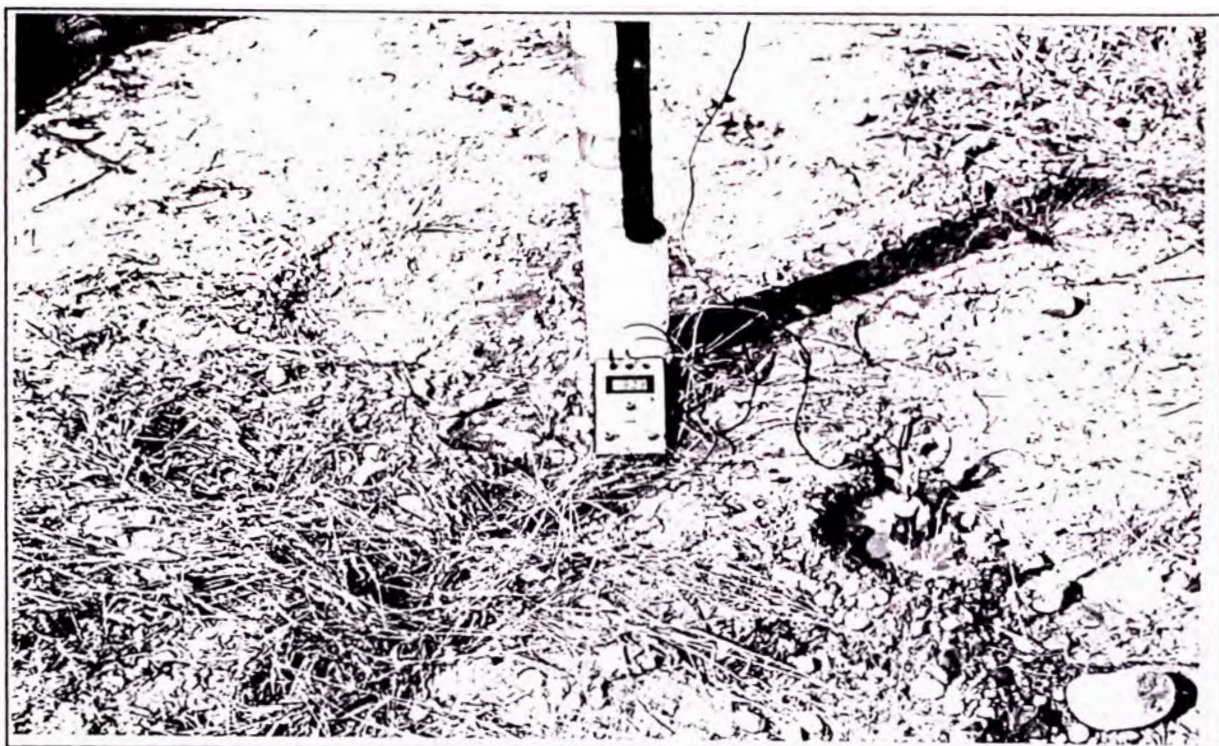


Foto 265 – Medición de potencial entre tubo y protección



Foto 266 – Medición de potencial a la tubería directamente.



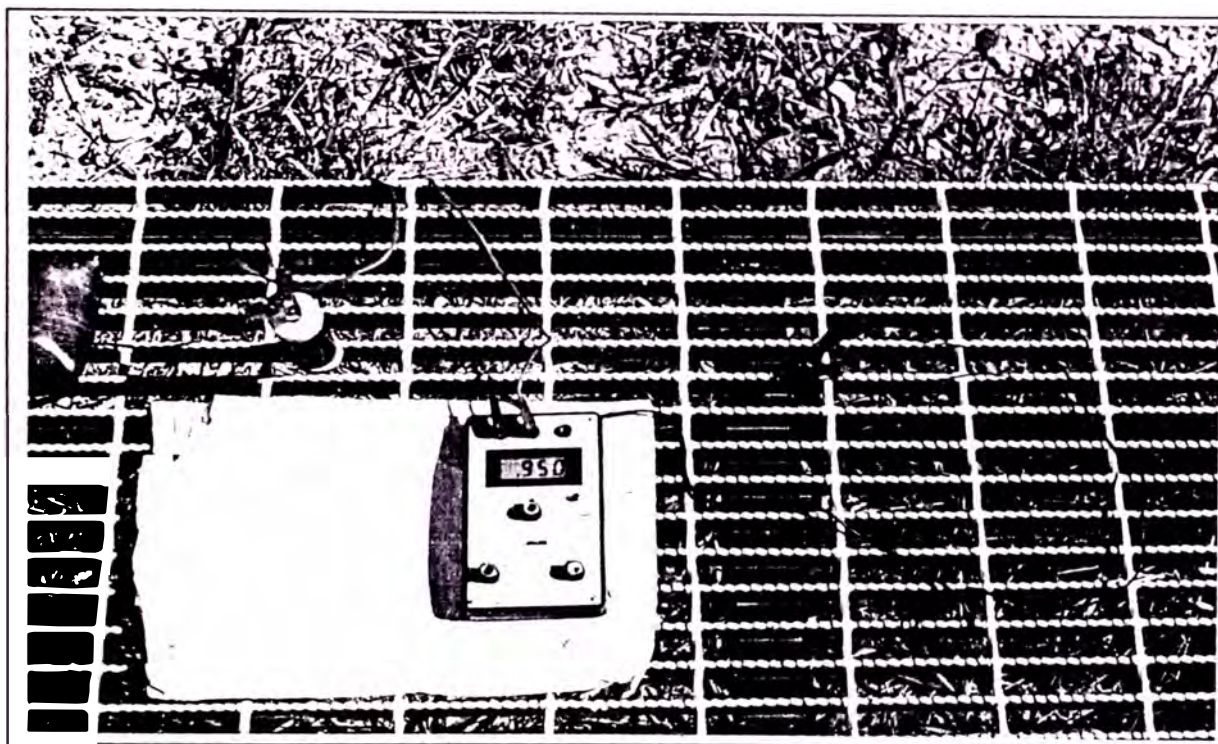


Foto 267 – Equipo de medición de potencial.

## **APENDICES**

## **RELACION DE APENDICES**

- APENDICE I ..... Calificación de Procedimientos y Soldadores.
- APENDICE II ..... Especificaciones Técnicas PETROPERU.
- APENDICE III ..... Informe de Daños de Tubería.
- APENDICE IV ..... Mediciones de Potenciales.
- APENDICE V ..... Informe Técnico de:
  - Partículas Magnéticas y
  - Metalografía.



## **APENDICE I**

- CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO y
- CALIFICACIÓN DE SOLDADORES

# METILS INC

## API QUALIFICATION RECORD

TEST # 60312

PROCEDURE SPEC. NO. WP-BW30	WELDER'S NAME Terry Tichenor	S.S. NUMBER 435-02-3018	DATE 9-16-94
WELDER'S ADDRESS 2822 Forest Hills		CITY League City	STATE TX
WELDER'S MARK		PHONE NUMBER 334-7365	TEMPERATURE 9:00 A.M.
TRACTOR IARCRO		ADDRESS 9600 S. 219th E Ave.	CITY Broken Arrow
		STATE OK	ZIP 74014

PROCESS Shielded Metal Arc Welding ☒ Manual ☐ Automatic ☒ Single Qualification ☐ Multiple Qualification  
☐ Roll Weld ☒ Flood Position ☐ Pipe Vertical ☒ Pipe Horizontal ☐ Uphill ☒ Downhill ☐ Horizontal  
 ELECTRICAL CHARACTERISTICS: ☒ DCRP ☐ DCSP ☐ AC Number Welders on Joint 1  
 Amps: 70-120 Root 140-225 Hot Pass 140-225 Filler Volts: 18-32 Root 20-38 Hot Pass 20-38 Filler  
 Welding Gas None Flow Rate NA Shielding Flux None IMP NA  
 Pipe and Name Welding Machine Miller Mark VIII Size 300 Amp Pre-Heat None Post-Heat None  
 Electrode Metal: Root Pass AWS No. 5.5 Classification No. E80106 Group No. 2 Shield Arc 70+ Diameter 1/8"  
 Hot Pass AWS No. 5.5 Classification No. E80106 Group No. 2 Shield Arc 70+ Diameter 5/32"  
 Fill Pass AWS No. 5.5 Classification No. E80106 Group No. 2 Shield Arc 70+ Diameter 5/32"  
 CAP Pass AWS No. 5.5 Classification No. E80106 Group No. 2 Shield Arc 70+ Diameter 5/32"  
 Joint Design: ☒ Butt Weld ☐ Fillet ☒ Single V ☐ U Bevel ☐ Backing Strip ☐ Multiple Qualification  
 No Up Clamp: ☒ None ☐ Internal ☐ External Removal of Clamp Percent of Root Bead NA  
 Weight of Reinforcement 1/16" Method of Cleaning: ☒ Power Tools ☒ Hand Tools  
 Time Lapse Between Root and Hot Pass 4 Min. Time Lapse Between Hot Pass and Fill Out 5 Min.  
 Weather Conditions Inside Shop Wind Break Used None-Inside Shop  
 Pipe Manufacturer Specification 5LX Grade 65 O.D. 24" Wall Thickness .270"  
 D. Range Qualified 12 3/4" & Over Wall Thickness Range Qualified .750" & Over Wt./Ft. 63.4

HEAD NUMBER	1	2	3	4	5	6	7
Diameter of Electrode	1/8"	5/32"	5/32"	5/32"			
AWS Number of Electrode	E80106	E80106	E80106	E80106			
TENSILE TEST COUPON NUMBER	T-1	T-2	T-3	T-4			
Wall Thickness of Coupon Inches	.272"	.274"	.274"	.274"			
Original Width of Specimen	.998"	.999"	1.002"	1.000"			
Original Area of Specimen	.271"	.274"	.275"	.274"			
Maximum Load	23,500	24,000	23,400	23,200			
Tensile PSI	86,716	87,691	86,091	84,672			
Fracture Location	Base	Base	Base	Base			

 PROCEDURE QUALIFICATION ☐ WELDER QUALIFICATION ☒ QUALIFIED ☐ DISQUALIFIED

TENSILE TEST RESULTS	NICK BREAK RESULTS	FACE BENDS RESULTS	ROOT BENDS RESULTS
Satisfactory	1. Satisfactory	1. Satisfactory	1. Satisfactory
Satisfactory	2. Satisfactory	2. Satisfactory	2. Satisfactory
Satisfactory	3. Satisfactory	3. Satisfactory	3. Satisfactory
Satisfactory	4. Satisfactory	4. Satisfactory	4. Satisfactory

SIDE BENDS RESULTS	RADIOGRAPHIC ALTERNATE TEST RESULTS
5. _____	VIEW
6. _____	1-2 _____
7. _____	2-3 _____
8. _____	3-4 _____

 TEST MADE AT METILS, INC. - Houston, Texas DATE Sept. 16, 1994  
 TESTED BY T. Tichenor SUPERVISED BY \_\_\_\_\_

I certify that the statements in this record are correct and the test welds were prepared and tested in accordance with the requirements of American Petroleum Institute Standard 1104.

METILS, INC.

 BEAUMONT, TEXAS 77705-0436  
 1625 E. CARDINAL DR.

 CORPUS CHRISTI, TEXAS 78469  
 2302 NORTH PORT

 HOUSTON, TEXAS 77207-2585  
 7816 GULF FREEWAY  
 FAX 713-849-1304

 TEXAS CITY, TEXAS 77590  
 3502 2nd AVENUE SOUTH



SEP 19 '94 13:14 METILS

# METILS INC

## API QUALIFICATION RECORD

TEST # 60317

PROCESS SPEC. NO. WP-BW30	WELDER'S NAME Terry Tichanor	S.S. NUMBER 436-02-3018	DATE 9-16-94
WELDER'S ADDRESS 2822 Forest Hills		CITY League City	STATE TX
WELDER'S MARK		TEMPERATURE	TIME OF DAY 12:00 A.M.
PHONE NUMBER 334-7365		WELDING TIME	
INTRACTOR HARCRO	ADDRESS 9600 S. 219th E. Ave.	CITY Broken Arrow	STATE OK
		ZIP 74014	

PROCESS Shielded Metal Arc Welding ☒ Manual ☐ Automatic ☒ Single Qualification ☐ Multiple Qualification  
☐ Roll Weld ☒ Fixed Position ☐ Pipe Vertical ☒ Pipe Horizontal ☐ Uphill ☒ Downhill ☐ Horizontal

ELECTRICAL CHARACTERISTICS: ☒ DCRP ☐ DCSP ☐ AC Number Welders on Joint 1  
 Amps: 70-120 Root 140-225 Hot Pass 140-225 Filler Volts: 18-32 Root 20-38 Hot Pass 20-38 Filler  
 Welding Gas None Flow Rate NA Shielding Flux None IMP NA  
 Type and Name Welding Machine Miller Mark VIII Size 300 Amp Pre-Heat None Post-Heat None  
 Filler Metal: Root Pass AWS No. 5.5 Classification No. E80106 Group No. 2 Shield Arc 70+ Diameter 1/8"  
 Hot Pass AWS No. 5.5 Classification No. E80106 Group No. 2 Shield Arc 70+ Diameter 5/32"  
 Fill Pass AWS No. 5.5 Classification No. E80106 Group No. 2 Shield Arc 70+ Diameter 5/32"  
 CAP Pass AWS No. 5.5 Classification No. E80106 Group No. 2 Shield Arc 70+ Diameter 5/32"  
 Joint Design: ☒ Butt Weld ☐ Fillet ☒ Single V ☐ U Bevel ☐ Backing Strip ☐ Multiple Qualification  
 No Up Clamp: ☒ None ☐ Internal ☐ External Removal of Clamp Percent of Root Bead NA  
 Weight of Reinforcement 1/16" Method of Cleaning: ☒ Power Tools ☐ Hand Tools  
 Time Lapse Between Root and Hot Pass 4 Min. Time Lapse Between Hot Pass and Fill Out 5 Min.  
 Weather Conditions Inside Shop Wind Break Used None-Inside Shop  
 Base Manufacturer Specification 51X Grade 60 O.D. 36" Wall Thickness 250"  
 D. Range Qualified 12 3/4" & Over Wall Thickness Range Qualified 750" & Over Wt./Ft. 42.05

TEST NUMBER	1	2	3	4	5	6	7
Diameter of Electrode	1/8"	5/32"	5/32"	5/32"			
AWS Number of Electrode	E80106	E80106	E80106	E80106			
TENSILE TEST COUPON NUMBER	T-1	T-2	T-3	T-4			
Wall Thickness of Coupon inches	.254"	.255"	.254"	.254"			
Original Width of Specimen	1.000"	1.002"	.998"	.999"			
Original Area of Specimen	.254"	.256"	.253"	.254"			
Maximum Load	20,150	19,250	19,000	19,600			
Tensile PSI	79,350	75,195	75,099	77,165			
Fracture Location	Base	Base	Base	Base			

PROCEDURE QUALIFICATION ☐ WELDER QUALIFICATION ☒ QUALIFIED ☐ DISQUALIFIED

TENSILE TEST RESULTS	NICK BREAK RESULTS	FACE BENDS RESULTS	ROOT BENDS RESULTS
Satisfactory	1. Satisfactory	1. Satisfactory	1. Satisfactory
Satisfactory	2. Satisfactory	2. Satisfactory	2. Satisfactory
Satisfactory	3. Satisfactory	3. Satisfactory	3. Satisfactory
Satisfactory	4. Satisfactory	4. Satisfactory	4. Satisfactory

SIDE BENDS RESULTS	VIEW	RADIOGRAPHIC ALTERNATE TEST RESULTS
5. _____	1-2 _____	
6. _____	2-3 _____	
7. _____	3-4 _____	
8. _____		

ST MADE AT METILS, INC. - Houston, Texas DATE Sept. 16, 1994  
 TESTED BY T. Tichanor SUPERVISED BY \_\_\_\_\_

I certify that the statements in this record are correct and the test welds were prepared and tested in accordance with the requirements of American Petroleum Institute Standard 1104.

METILS, INC.

BEAUMONT, TEXAS 77705-0438  
1625 E. CARDINAL BL

CORPUS CHRISTI, TEXAS 78489  
2302 NORTH PORT

HOUSTON, TEXAS 77207-2585  
7645 GULF FREEWAY  
FAY 777-810-1901

TEXAS CITY, TEXAS 77860  
3502 2nd AVENUE SOUTH



PETREX S.A

OLEODUCTO NOR PERUANO - TRAMO I  
MARANON RIVER CROSSING  
PETROLEOS DEL PERU

WELDER QUALIFICATION TEST REPORT

Applicable Code: API Standard 1104, Seventeenth Edition, Section 3.

Date: 28 Setiembre 1994 Test No: 001  
Location: Santa Anita - Lima  
Weld Position: Roll ( ) Fixed ( ☒ )  
Welder: CARLOS CARPIO SALAS Mark: 01  
Welding Time: 01H 50MIN Time of day:   
Ambient Temperature:  Wind Break use:   
Weather conditions:   
Welding Position: 45° downhill direction  
Voltage: 37 Amperage: 95 - 140 Polarity: DC Electrode +  
Welding Machine Type & Size: HOBART 16D 225 AMP (Diesel Driven Portable)  
Filler metal: LINCOLN ELECTRODE E8010 G (SHIELD-ARC 70+) D= 1/8"-5/32"  
Reinforcement Size: 1/16"  
Pipe Type and Grade: API 5L-AX52  
Wall Thickness: 0.625" Outside Diameter: 16"

Lead Number: 1 2 3 4 5 6 7  
Size electrode: 1/8 1/8 5/32 5/32 5/32 5/32 5/32  
Amperage: 95-100 120-140 110-120 110-140 110-140 110-130 100-120  
Visual Examination: Approved  
Visual Examination conducted by: Jorge Chirinos Valdez

Radiographic Test Result: Approved  
Test conducted by: CARLOS A. GALLARDO C Laboratory test No PS C01

X ) Procedure	( <input checked="" type="checkbox"/> ) Qualified Test	( <input checked="" type="checkbox"/> ) Qualified
X ) Welder	( ) Line Test	( ) Disqualified

Signature:

Radiographic  
Test

Signature:

Petrex S.A

Signature

Petroleos del Peru

ETREX S.A

OLEODUCTO NOR PERUANO - TRAMO I  
MARANON RIVER CROSSING  
PETROLEOS DEL PERU

WELDER QUALIFICATION TEST REPORT

Applicable Code: API Standard 1104, Seventeenth Edition, Section 3.

Date: 28 Setiembre 1994 Test No: 002  
Location: Santa Anita - Lima  
State: Weld Position: Roll ( ) Fixed ( X )  
Welder: DANIEL R. ILLESCAS AGUIRRE Mark: 02  
Welding Time: 01H 50MIN Time of day:  
Ambient Temperature: Wind Break use:  
Weather conditions:  
Welding Position: 45° downhill direction  
Voltage: 32 Amperage: 95 - 140 Polarity: DC Electrode +  
Welding Machine Type & Size: HOBART 16D 225 AMP (Diesel Driven Portable)  
Filler metal: LINCOLN ELECTRODE E8010 G (SHIELD-ARC 70+) D= 1/8"-5/32"  
Reinforcement Size: 1/16"  
Pipe Type and Grade: API 5L-AX52  
Wall Thickness: 0.625" Outside Diameter: 16"

Bead Number: 1 2 3 4 5 6 7  
Size electrode: 1/8 1/8 5/32 5/32 5/32 5/32 5/32  
Amperage: 95-100 120-140 110-120 110-140 110-140 110-130 100-120  
Visual Examination: Approved  
Visual Examination conducted by: Jorge Chirinos Valdez

Radiographic Test Result: Approved  
Test conducted by: CARLOS A. GALLARDO C Laboratory test No PS 102

X ) Procedure	( X ) Qualified Test	( X ) Qualified
X ) Welder	( ) Line Test	( ) Disqualified

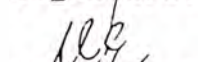
Signature:

  
Visual Examination

Signature:

Radiographic Test

Signature:

  
Petrax S.A

Signature

Petroleos del Peru

ETREX S.A

OLEODUCTO NOR PERUANO - TRAMO I  
MARANON RIVER CROSSING  
PETROLEOS DEL PERU

ELDER QUALIFICATION TEST REPORT

pplicable Code: API Standard 1104, Seventeenth Edition, Section 3.

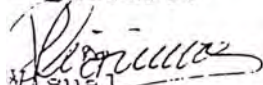
ate: 28 Setiembre 1994 Test No: 003  
ocation: Santa Anita - Lima  
ate: Weld Position: Roll ( ) Fixed ( X )  
elder: LUIS ALBERTO HARO REYES Mark: 03  
elding Time: 01H 55MIN Time of day:  
ean Temperature: Wind Break use:  
eather conditions:  
elding Position: 45° downhill direction  
oltage: 32 Amperage: 95 - 140 Polarity: DC Electrode +  
elding Machine Type & Size: HOBART 16D 225 AMP (Diesel Driven Portable)  
iller metal: LINCOLN ELECTRODE E8010 G (SHIELD-ARC 70+) D= 1/8"-5/32"  
einforcement Size: 1/16"  
ipe Type and Grade: API 5L-AX52  
all Thickness: 0.625" Outside Diameter: 16"

ead Number: 1 2 3 4 5 6 7  
ize electrode: 1/8 1/8 5/32 5/32 5/32 5/32 5/32  
mperage: 95-100 120-140 120-140 120-140 110-140 110-140 100-130  
/isual Examination: Approved  
/isual Examination conducted by: Jorge Chirinos Valdez

Radiographic Test Result: Approved  
Test conducted by: CARLOS A. GALLARDO C Laboratory test No PS H03

X ) Procedure	( X ) Qualified Test	( X ) Qualified
X ) Welder	( ) Line Test	( ) Disqualified

Signature:

  
Visual Examination

Signature:

Radiographic Test

Signature:

  
Petrex S.A

Signature

Petroleos del Peru



PETREX S.A

OLEODUCTO NOR PERUANO - TRAMO I  
MARANON RIVER CROSSING  
PETROLEOS DEL PERU

WELDER QUALIFICATION TEST REPORT

Applicable Code: API Standard 1104, Seventeenth Edition, Section 3.

Date: 28 Setiembre 1994 Test No: 004  
Location: Santa Anita - Lima  
State: Weld Position: Roll ( ) Fixed ( X )  
Welder: MANUEL A. ALVARADO NARO Mark: 04  
Welding Time: 01H 55MIN Time of day:  
Mean Temperature: Wind Break use:  
Weather conditions:  
Welding Position: 45° downhill direction  
Voltage: 32 Amperage: 95 - 140 Polarity: DC Electrode +  
Welding Machine Type & Size: HOBART 16D 225 AMP (Diesel Driven Portable)  
Filler metal: LINCOLN ELECTRODE E8010 G (SHIELD-ARC 70+) D= 1/8"-5/32"  
Reinforcement Size: 1/16"  
Pipe Type and Grade: API 5L-AX52  
Wall Thickness: 0.625" Outside Diameter: 16"

Bead Number:	1	2	3	4	5	6	7
Size electrode:	1/8	1/8	5/32	5/32	5/32	5/32	5/32
Amperage:	95-100	120-140	120-140	120-140	110-140	110-140	100-130
Visual Examination:	Approved						
Visual Examination conducted by:	Jorge Chirinos Valdez						

Radiographic Test Result: Approved  
Test conducted by: CARLOS A. GALLARDO C Laboratory test No PS A04

( X ) Procedure	( X ) Qualified Test	( X ) Qualified
( X ) Welder	( ) Line Test	( ) Disqualified

Signature:

Visual Examination

Signature:

Radiographic Test

Signature:

Petrex S.A

Signature

Petroleos del Peru

PETREX S.A

OLEODUCTO NOR PERUANO - TRAMO I  
MARANON RIVER CROSSING  
PETROLEOS DEL PERU

WELDER QUALIFICATION TEST REPORT

Applicable Code: API Standard 1104, Seventeenth Edition, Section 3.


Date: 28 Setiembre 1994 Test No: 005  
Location: Santa Anita - Lima  
Welder: PIO JOSE MOZOMBITE BARDALES Mark: 05  
Weld Position: Roll ( ) Fixed ( X )  
Welding Time: 01H 55MIN Time of day:  
Ambient Temperature: Wind Break use:  
Weather conditions:  
Welding Position: 45° downhill direction  
Voltage: 32 Amperage: 95 - 140 Polarity: DC Electrode +  
Welding Machine Type & Size: HOBART 16D 225 AMP (Diesel Driven Portable)  
Filler metal: LINCOLN ELECTRODE E8010 G (SHIELD-ARC 70+) D= 1/8"-5/32"  
Reinforcement Size: 1/16"  
Pipe Type and Grade: API 5L-AX52  
Wall Thickness: 0.625" Outside Diameter: 16"

Lead Number: 1 2 3 4 5 6 7  
Size electrode: 1/8 1/8 5/32 5/32 5/32 5/32 5/32  
Amperage: 95-100 120-140 100-120 110-140 110-135 110-135 110-135  
Visual Examination: Approved  
Visual Examination conducted by: Jorge Chirinos Valdez

Radiographic Test Result: Approved  
Test conducted by: CARLOS A. GALLARDO C Laboratory test No PS M05

X ) Procedure	( X ) Qualified Test	( X ) Qualified
X ) Welder	( ) Line Test	( ) Disqualified

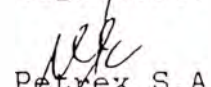
Signature:

  
Visual  
Examination

Signature:

Radiographic  
Test

Signature:

  
Petrex S.A

Signature

Petroleos del Peru

PETREX S.A

OLEODUCTO NOR PERUANO - TRAMO I  
MARANON RIVER CROSSING  
PETROLEOS DEL PERU

WELDER QUALIFICATION TEST REPORT

Applicable Code: API Standard 1104, Seventeenth Edition, Section 3.

Date: 28 Setiembre 1994 Test No: 006  
Location: Santa Anita - Lima  
State:                      Weld Position: Roll (    ) Fixed ( X )  
Welder: JORGE RIOS PEREZ Mark: 06  
Welding Time: 01H 55MIN Time of day:                       
Mean Temperature:                      Wind Break use:                       
Weather conditions:                       
Welding Position: 45° downhill direction  
Voltage: 32 Amperage: 95 - 140 Polarity: DC Electrode +  
Welding Machine Type & Size: HOBART 16D 225 AMP (Diesel Driven Portable)  
Filler metal: LINCOLN ELECTRODE E8010 G (SHIELD-ARC 70+) D= 1/8"-5/32"  
Reinforcement Size: 1/16"  
Pipe Type and Grade: API 5L-AX52  
Wall Thickness: 0.625" Outside Diameter: 16"

Bead Number:           1          2          3          4          5          6          7  
Size electrode: 1/8 1/8 5/32 5/32 5/32 5/32 5/32  
Amperage: 95-100 120-140 100-120 110-140 110-135 110-135 110-135  
Visual Examination: Approved  
Visual Examination conducted by: Jorge Chirinos Valdez

Radiographic Test Result: Approved  
Test conducted by: CARLOS A. GALLARDO C Laboratory test No PS R06

X ) Procedure	( X ) Qualified Test	( X ) Qualified
X ) Welder	( ) Line Test	( ) Disqualified

ture:

Signature:

Signature:

Radiographic  
Test

Petrex S.A

Signature

Petroleos del Peru



PETREX S.A

OLEODUCTO NOR PERUANO - TRAMO I  
MARANON RIVER CROSSING  
PETROLEOS DEL PERU

WELDER QUALIFICATION TEST REPORT

Applicable Code: API Standard 1104, Seventeenth Edition, Section 3.

Date: 28 Setiembre 1994 Test No: 007  
Location: Santa Anita - Lima  
Weld Position: Roll ( ) Fixed ( X )  
Welder: MARIO PAYMA MEZA Mark: 07  
Welding Time: 01H 55MIN Time of day:   
Ambient Temperature:  Wind Break use:   
Weather conditions:   
Welding Position: 45° downhill direction  
Voltage: 32 Amperage: 95 - 140 Polarity: DC Electrode +  
Welding Machine Type & Size: HOBART 16D 225 AMP (Diesel Driven Portable)  
Filler metal: LINCOLN ELECTRODE E8010 G (SHIELD-ARC 70+) D= 1/8"-5/32"  
Reinforcement Size: 1/16"  
Pipe Type and Grade: API 5L-AX52  
Wall Thickness: 0.625" Outside Diameter: 16"

Bead Number: 1 2 3 4 5 6 7  
Size electrode: 1/8 1/8 5/32 5/32 5/32 5/32 5/32  
Amperage: 95-100 120-140 100-120 110-140 110-135 110-135 110-135  
Visual Examination: Approved  
Visual Examination conducted by: Jorge Chirinos Valdez

Radiographic Test Result: Approved  
Test conducted by: CARLOS A. GALLARDO C Laboratory test No PS P07

X ) Procedure	( X ) Qualified Test	( X ) Qualified
X ) Welder	( ) Line Test	( ) Disqualified

Signature:

Visual  
Examination

Signature:

Radiographic  
Test

Signature:

Petrex S.A

Signature

Petroleos del Peru

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA  
SECCION MECANICA  
LABORATORIO DE MATERIALES  
Telf.: 622540 - Anexo 191

## ENSAYO DE TRACCION

SOLICITADO POR : PETREX S.A.  
REALIZADO POR : INGS. SOCRATES CUTIPA C./FRANCO CALDERON A.  
MUESTRA : TUBERIA API-5L A X 52  
FECHA : 29. 09. 94.

Número de Muestra	Longitud entre marcas mm.	Sección Transversal		CARGAS			TENSIONES			Alargamiento entre marcas mm.	Alargamiento %
		Diámetro nominal mm.	Area nominal mm <sup>2</sup>	Fluencia N	Máxima N	Rotura N	Fluencia MPa	Máxima MPa	Rotura MPa		
1	50.8	19.1x15.9	309.69	108,192	149.602	96,073	356.4	492.3	316.4	22.2	43.7

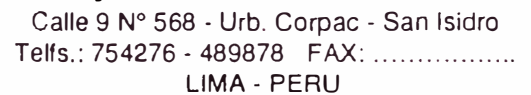
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA  
Sección Ingeniería Mecánica  
ING. SOCRATES CUTIPA C.  
Ing. FRANCO CALDERON A.  
Lab. de Laboratorio de Materiales

OBSERVACIONES:

RLG/lv.

[illegible]



[illegible]

## **APENDICE II**

- ESPECIFICACIONES TECNICAS –PETROPERU:
  - ING-120-97 ARENADO A METAL BLANCO
  - ING-121-97 ARENADO A METAL BLANCO  
SEGUN ESPECIFICACION SSP-SP-5.
  - ING-122-97 LIMPIEZA MECANICA SEGÚN  
ESPECIFICACIÓN SSPC-SP-3
- METODOS DE LIMPIEZA DE SUPERFICIES  
METALICAS
- RECUBRIMIENTO LIQUIDO EPOXICO SCOTCHKOTE  
306 , 312 Y 314 - (INSTRUCCIONES)

## 1. OBJETO

Esta especificación establece los requisitos para la preparación de superficies de acero, previa a la aplicación de pintura, por el procedimiento de "Arenado a metal Blanco".

## 2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta aplicación se aplica a toda clase de estructuras de acero, tanques, tuberías y equipos en general.

## 3. REFERENCIAS

Especificación # ING-120 : Pintado de superficies de acero.

## 4. DEFINICIONES

4.1 **Arena:** Material abrasivo, formado por partículas minerales de procedencia aluvial.

4.2 **Arenado:** Procedimiento de limpieza de superficies de acero mediante la proyección de un chorro de arena impulsado por aire comprimido

4.3 **Arenado a metal blanco:** Procedimiento de arenado prolongado hasta que la superficie presente un color uniforme gris blanco con brillo metálico, sin zonas oscuras ú opacas

Sirve para eliminar óxidos, sustancias químicas, polvo suciedad, escorias de soldadura, pintura antigua y otras sustancias que puedan afectar la adherencia de la pintura.

Además produce cierta porosidad en la superficie, lo cual facilita su impregnación.

## 5. REQUISITOS

### 5.1 **Materiales:**

#### a) Arena:

- Procedencia; la arena deberá ser de cantera o de río lavada y seca. No se deberá usar arena de playa.
- Composición: Deberá ser 95% cuarzo; el 5% restante podrá ser mica, feldespato y rocas diversas
- No deberán usarse arenas contaminadas con sustancias orgánicas (calcita, etc) ú oxidantes (salitres, pirita, etc.)
- Granulometría: Deberá pasar la malla 16 y ser retenida por la malla 30
- Aspecto: Deberá ser limpia, con color uniforme
- Cloruros: No mayor de 40 ppm



b) Aire comprimido:

- Presión: Aproximadamente, 689,5 kPa (100 psi), a la salida del compresor
- Caudal: Aproximadamente, 0.094 m<sup>3</sup>/s (200 cfm) por cada tobera de arenado
- Composición: Libre de agua y aceite

c) Solvente: Se usará solvente PETROPERU No 2 o aguarrás mineral

d) Reactivo de inspección: Se usará "Varsol"

**5.2 Condiciones Ambientales:**

Humedad relativa no mayor del 85%

Cuando la humedad ambiental sea mayor del 85% no se deberá arenar a la intemperie, el arenado deberá hacerse en un ambiente acondicionado, con humedad controlada, en taller o en el campo.

**5.3 Equipos para ejecución**

a) Equipos para arenar : Comprenden el compresor de aire, el depósito de arena, dispositivo de fluidificación, mangueras conexiones, separadores de aceite y agua, y tobera de aplicación. La manguera deberá estar conectada a tierra para eliminar cargas hidrostáticas

Si existe peligro de fuego o explosión en el lugar, deberá tomarse todas las medidas de precaución antes de iniciar el trabajo

b) Equipos de seguridad: El operador del equipo de arenado, deberá usar:

- Mascara con filtro para respirar y anteojos de seguridad
- Ropa especial, incluyendo capucha, mandil y guantes de protección

c) Equipos de limpieza: Se usará escobillas, brochas y trapos. No se permitirá el uso de "waípe"

**5.4 Preparación:**

Antes del arenado se deberá eliminar todos los depósitos visibles de aceite o grasa siguiendo el método siguiente:

- Se frotará la superficie con brochas o trapos humedecidos con solvente. hasta lograr eliminar la grasa o aceite
- Se efectuará la limpieza final con escobillas o trapos limpios humedecidos con solvente

**5.5 Ejecución:**

Se aplicará el chorro de arena a la superficie de acero, a fin de eliminar todos los óxidos ("mill scale"), pinturas y sustancias extrañas.

**5.6 Acabado:**

- Después de arenado y antes de aplicar la pintura se deberá eliminar cualquier óxido, aceite, grasa u otros contaminantes que pudieran quedar, procediendo como en Preparación
- Así mismo se deberá eliminar de la superficie todo el polvo y residuos de arena

### **5.7 Inspección:**

Todos los equipos y materiales utilizados, así como el resultado del trabajo ejecutado bajo esta especificación, estarán sujetos a inspección por un representante autorizado de PETROPERU. El Contratista deberá corregir el trabajo o reemplazar el material que sea encontrado defectuoso.

### **5.8 Prueba del solvente:**

Para verificar la calidad del arenado, se aplicará el reactivo de inspección a las zonas cuestionadas. Si se observan puntos de corrosión (puede utilizarse una lupa), el arenado no es correcto y deberá rehacerse.

## 1. DEFINICIÓN

El arenado a metal blanco es un procedimiento de limpieza de superficies de acero mediante un chorro abrasivo producido por aire comprimido

## 2. APARIENCIA DE LA SUPERFICIE

Este método de preparación se superficie tiene por objeto lograr una superficie libre de óxidos, sustancias químicas, aceite, polvo, suciedad, escoria de soldadura, pintura antigua y otras sustancias que puedan afectar la adhesión de la pintura. Asimismo, el arenado debe lograr porosidad en la superficie de tal modo que la pintura se impregne con facilidad. Este tipo de arenado se caracteriza por presentar la superficie un color metálico uniforme gris blanco (sin zonas oscuras). En caso de duda sobre la calidad del arenado, se hará la llamada "prueba del solvente", que consiste en pasar diluyente por la superficie (puede usarse varsol); si se observan puntos de corrosión (puede observarse con una lupa), el arenado no es correcto y deberá rehacerse)

## 3. PREPARACIÓN DE SUPERFICIE ANTES Y DESPUÉS DEL ARENADO

3.1. Antes del arenado se debe eliminar todos los depósitos visibles de aceite o grasa siguiendo el método siguiente:

- Frotar la superficie con trapos o brochas humedecidas con solvente hasta lograr eliminar la grasa o aceite
- Efectuar la limpieza final con trapo o escobillas limpias humedecidas con solvente.
- Como solvente se puede usar solvente PETROPERU No 2 o aguarrás mineral

3.2 Después del arenado y antes de pintar se debe eliminar algún óxido que llegue a ser visible, así como todos los depósitos visibles de aceite, grasas u otros contaminantes, en forma similar a lo indicado en 3.1.

Asimismo, con la ayuda de brocha, soplado de aire limpio y seco, o limpieza por vacío se debe eliminar de la superficie todo polvo y residuo flojo del abrasivo usado para la limpieza.

## 4. OPERACIÓN DE ARENADO

La operación de arenado consiste en sopletear a presión material abrasivo sobre la superficie metálica a limpiarse. Para esto es necesario :

1. Aire Comprimido a unas 100 lbs/pulg<sup>2</sup>. en la salida de la boquilla del compresor.
2. Maquina de arenar con manguera y boquilla de expulsión. Cada boquilla requiere un suministro de aire de unos 200 pies<sup>3</sup>/minuto.
3. Arena limpia, libre de contaminantes, de color uniforme y seleccionada mediante el paso por malla 16 y retenida por malla 30.

Con el proceso de arenado se elimina completamente de la superficie de acero todo el "Mill scale" visible, los óxidos, las pinturas y sustancias extrañas ayudado por la arena seca impulsada por las boquillas. Se debe tener cuidado de eliminar el aceite y el agua presente en la compresora y el aire comprimido que se usa en las



## 1. DEFINICIÓN

- 1.1 Limpieza mecánica es un método de preparación de superficies de acero mediante el uso de herramientas accionadas para aire comprimido o electricidad
- 1.2. Con esta limpieza se remueve toda escama de laminación ("mill scale") floja, óxido suelto, pintura suelta y otra materia extraña floja.  
Con esta limpieza no se pretende remover aquella escama de laminación, óxido o pintura firmemente adheridos. Se entiende por firmemente adheridos, la escama de laminación, óxido o pintura que no pueda ser levantada con una espátula sin filo.

## 2. LIMPIEZA ANTERIOR Y POSTERIOR A LA LIMPIEZA MECÁNICA

Eliminar todos los depósitos visibles de aceite, grasa residuos solubles de soldadura y sal por el método siguiente

- Frotar la superficie con trapos o brochas humedecidas con solvente hasta lograr eliminar los contaminantes anteriores
- Efectuar la limpieza final con trapos o escobillas limpias humedecidas con solvente
- Como solvente se puede usar aguarrás mineral.

## 3. MÉTODO DE LIMPIEZA MECÁNICA

- 3.1 Usar herramientas mecánicas como martillos y otras herramientas de tipo giratorio o de impacto para remover el óxido estratificado ("rust scale")  
En las áreas con atmósferas inflamables o explosivos sólo podrá usarse herramientas neumáticas.
- 3.2 Usar herramientas mecánicas giratorias o de impacto para remover todo el exceso de soldadura ("weld slag").
- 3.3 Usar escobillas de acero, cepillos u otras herramientas giratorias accionadas mecánicamente para remover todo el "mill scale" flojo, todo el óxido flojo y toda pintura floja. No abrillantar ni amolar la superficie.
- 3.4 Operar las herramientas mecánicas a manera de prevenir la formación de rebabas, aristas afiladas y cortes agudos
- 3.5 Independiente del método de limpieza que se use, cortar las esquinas de la pintura antigua remanente para que la superficie repintada tenga una apariencia uniforme

## 4. INSPECCIÓN

El Inspector de PETROPERU S.A. calificará la calidad de la preparación de la superficie y será quien autorice al CONTRATISTA para aplicar la pintura.

pistolas de arenado también debe estar libre de agua y aceite mediante el uso de separadores y trampas.

El proceso de arenado en seco no debe efectuarse en superficies que se encuentren humedecidas o cuando la superficie tiene menos de 5° F sobre el punto de rocío ("dew point") o cuando la humedad relativa del ambiente es mayor de 85%.

## 5. INSPECCIÓN

Todo trabajo y material suministrado bajo esta especificación debe estar sujeto a Inspección por un representante autorizado de PETROPERU S.A..

El Contratista deberá corregir el trabajo o reemplazar el material que sea encontrado defectuoso según esta especificación.

## 6. SEGURIDAD

El CONTRATISTA se debe ceñir al Folleto de PETROPERU M-010 "Normas Básica de Seguridad para Contratistas" y a las siguientes reglas de seguridad para la ejecución de los trabajos:

1. Debe proveer a su personal de cascos de seguridad del color designado para Contratistas.
2. Antes de iniciar una Orden debe obtener el Permiso de Trabajo correspondiente según formato de PETROPERU
3. Debe tomar las precauciones antes de efectuar cualquier trabajo, para eliminar todo riesgo de fuego o explosión.
4. El operador de arenado debe usar una capucha de protección adecuada para esta operación.
5. El personal que se encuentra cerca de la operación de arenado debe usar mascarar con filtros
6. Toda persona cercana al trabajo de arenado debe usar anteojos de seguridad
7. La manguera de arenado debe estar conectada a tierra para eliminar cargas estáticas.

## 1.2 METODOS DE LIMPIEZA DE SUPERFICIES METALICAS

### 1.2.1 Limpieza con solventes (Especificación SSPC-SP 1-82)

Consiste en remover todo indicio visible de aceite, grasa, polvo o cualquier agente contaminante adherido a la superficie por pintar, usando solventes de alto punto de inflamación (como el aguarrás mineral), y con la ayuda de trapos y escobillas. Se debe tener presente que aunque la superficie esté aparentemente ya limpia, es necesario un último tratamiento con trapo seco o brocha limpia.

Este tratamiento se debe realizar antes de aplicar los otros métodos de limpieza, inclusive en el arenado, en caso de que la contaminación sea excesiva. Debido a la toxicidad e inflamabilidad de algunos solventes, se debe trabajar en áreas ventiladas con respiradores, gafas y guantes.

### 1.2.2 Limpieza con instrumentos manuales (Especificación SSPC-SP 2-82)

Este método se acepta para exposición atmosférica normal, para interiores y para aplicar pinturas de mantenimiento de buena humectación. El resultado es bastante inestable y sólo elimina las escamas de óxido y la escama de laminación y pinturas sueltas, no remueve óxido ni escama de laminación firmemente adheridos.

Las herramientas que se utilizan en este método son: lijas, cinceles, cuchillas especiales, raspadores, hojas de esmeril, escobillas de acero, martillos, picotas, etc. La superficie debe estar limpia de aceite, grasa y sales que se deben remover previamente según la especificación SSPC-SP 1-82.

### 1.2.3 Limpieza con equipo mecánico (Especificación SSPC-SP 3-82 ó SIS 055900 grado St 3)

Esta operación requiere un equipo accionado por alguna fuente de energía, como electricidad, vapor, aire comprimido o combustible. Entre los equipos más usados se encuentran la lijadora eléctrica, cepillos rotativos de acero, martillo neumático, etc. Dichas herramientas deben renovarse antes de su total desgaste.

La superficie debe limpiarse previamente de aceite, grasa, y sales de acuerdo con la especificación SSPC-SP 1-82.

Este tipo de limpieza se limita a eliminar la escama de laminación y óxido débilmente adheridos y pintura anterior suelta. La limpieza debe realizarse en primer lugar en una dirección y luego en sentido perpendicular. Se debe tener cuidado de no asperizar la superficie excesivamente pues podrían formarse grietas que podrían no protegerse suficientemente con el espesor de película seca aplicado, produciéndose fallas en la pintura.

### 1.2.4 Limpieza con ácido -"Pickling" (Especificación SSPC-SP 8-82)

Se entiende por esta operación, el tratamiento de la superficie de fierro con una solución de ácido, generalmente sulfúrico, clorhídrico o fosfórico, al 5-10% en peso, seguido de un minucioso enjuague con agua con el objeto de eliminar el óxido y escamas de óxido.

A la limpieza por ácido, se le llama también "decapado" ("pickling") y es usado con mucho éxito en industrias manufactureras, mediante inmersión de objetos pequeños o medianos. No da tan buen resultado en el caso de superficies grandes, como en una embarcación, debido a las dificultades de obtener un eficiente enjuague, lo que puede dar origen a posterior falla de la pintura.



Sólo el ácido fosfórico o ciertas combinaciones del mismo, ofrece ventajosas propiedades, debido a que no sólo es un desoxidante, sino también un acondicionador de metal, ya que reacciona con éste, aumentando la adhesión de la pintura. Bajo estas características, Industrias Vencedor S.A. comercializa el 97-014 Acondicionador para Metal.

Este método se combina en muchos casos con la limpieza mecánica o manual de superestructuras, teniendo en cuenta que la superficie antes de recibir solución fosfatizante, debe contener muy pequeña cantidad de óxido para que el tratamiento sea efectivo.

#### **1.2.5 Arenado al metal blanco** (Especificación SSPC-SP 5-82, NACE Nº 1 ó SIS 055900 grado Sa 3).

Este método consiste en la eliminación por medio de arena o granallas de acero o hierro, de todo vestigio de óxido, escama de laminación, pintura antigua, etc, dejando la superficie con una apariencia blanco-grisácea uniforme, ligeramente áspera como apropiado anclaje para la pintura de imprimación.

El arenado al metal blanco se considera el método de limpieza óptimo y con el que mejores resultados se va a conseguir en la aplicación de cualquier sistema de pinturas.

Se usa para exposiciones en atmósferas muy corrosivas, para servicio de inmersión y en general donde se requiera el más alto grado de limpieza, y si se usa un sistema de pinturas muy exigente.

En esta operación se sopletea a presión el material abrasivo, generalmente arena o minerales, sobre la superficie por limpiarse. Para este efecto se requieren los siguientes elementos: aire seco comprimido de aproximadamente 100 libras por pulgada cuadrada de presión, máquina de arenado con manguera y boquilla de expulsión (alimentada aproximadamente con una cantidad de aire de 200 pies cúbicos de aire por minuto), y arena tamizada entre mallas 40 y 80.

Después del arenado, hay que limpiar el polvillo depositado, preferentemente con escobillas y aire comprimido exento de humedad. Se debe proceder al pintado del imprimante especificado de ser posible de inmediato y como máximo 6 horas después del arenado.

#### **1.2.6 Arenado al metal casi blanco** (Especificación SSPC-SP 10-82 NACE Nº2 ó SIS 055900 grado Sa 2 1/2).

Consiste en remover casi toda la escama de laminación, óxido, escamas de óxido, pintura o materia contaminante por el uso de abrasivos expulsados a través de pulverizadores o ruedas centrífugas.

Por lo menos 95% de la superficie debe quedar libre de residuos visibles y el restante 5% aparecerá con muy ligeras sombras y estrías o decoloraciones causadas por manchas de óxido, óxido de escama de laminación o residuos de pintura firmemente adheridos.

Este método se recomienda en sistemas de pintura donde se requiere de un alto grado de arenado, y se estima que el costo es de 10 a 35% menor que en el arenado al metal blanco (SSPC-SP 5-82).

### 1.2.7 Arenado comercial (Especificación SSPC-SP 6-82, NACE Nº 3 ó SIS 055900 grado Sa 2).

Este tipo de limpieza consiste en la eliminación de impurezas, óxidos, escamas de óxido, escama de laminación y pintura antigua presentes en la superficie por medio de abrasivos expulsados a presión.

El aspecto final de la superficie metálica es regularmente veteado entre gris claro y negruzco; ésto se debe a que el arenado comercial no elimina completamente la capa de óxido y pueden quedar vestigios de pintura antigua en no más de 33% de la superficie.

El arenado comercial se recomienda para pinturas de secamiento rápido y en general para pinturas de muy buena adherencia.

### 1.2.8 Arenado suave o ligero-"Brush-Off" (Especificación SSPC-SP 7-82, NACE Nº 4 ó SIS 055900 grado Sa 1).

Una superficie con arenado suave se define como aquella en la cual se han removido completamente toda la grasa, aceite, suciedad, óxido y capas de pinturas flojas.

Se puede usar cepillado, abrasivos expulsados por pulverizadores o ruedas centrífugas con aire seco y limpio o limpieza al vacío. La presión del aire comprimido debe ser de 40 psi (libras por pulgada cuadrada).

El arenado ligero es un método de relativo bajo costo y no se recomienda para condiciones severas, el sistema de pinturas debe tener buena adherencia.

Se usa frecuentemente para limpiar materiales que se pintan previamente a su instalación, para remover capas de pintura temporal aplicadas sobre equipos en tránsito o en almacén, también para remover acabados viejos en malas condiciones. Es un método alternativo al de limpieza con equipo mecánico SSPC-SP 3-82 cuando se dan las condiciones para arenar.

### 1.2.9 Chorro de agua a presión en superficies metálicas:

Es usado alternativamente al "arenado" si el uso de abrasivos resulta peligroso al personal y/o maquinaria.

Como este método no tiene efectos abrasivos sobre el acero u otras superficies duras y no proporciona un patrón de anclaje para la adhesión posterior de recubrimientos, su uso se recomienda principalmente en mantenimiento. Por ejemplo, se usa para limpiar superficies de forma irregular como válvulas, bridas, bombas, ángulos, rendijas, filtros, intercambiadores de calor, caderos, tuberías obstruidas, superficies de concreto o antes del vaciado del concreto, pisos contaminados, etc.

Para una limpieza más profunda, se pueden inyectar abrasivos como arena en el chorro de agua (chorreado a presión de agua con abrasivos, "water sandblasting").

Pueden usarse equipos de baja presión ("power washing"), donde la presión del agua no llega a 2,000 psi, o equipos de alta presión, donde se recomienda de 2,500 a 6,000 psi y un volumen de agua de 4 hasta 14 galones por minuto.

Es importante tener en cuenta la compatibilidad del chorreado de agua con el sistema de pinturas recomendado. Por ejemplo no se recomienda si se van a usar pinturas inorgánicas ricas en zinc como imprimantes de taller.

El acero que se limpia por chorreado de agua se oxida rápidamente como resultado del agua usada. Por tal motivo, se deben usar inhibidores en el agua y aplicar el recubrimiento protector antes de que se observe visiblemente la herrumbre en la superficie.

Las soluciones inhibidoras al secar dejan sales que producen problemas de adhesión a los recubrimientos protectores, por lo que debe estudiarse previamente su compatibilidad con el sistema de pinturas requerido.

Como inhibidores pueden usarse soluciones acuosas al 0.32% de nitrito de sodio y 1.28% en peso de fosfato de amonio secundario (dibásico). También se usan soluciones acuosas de 0.2% en peso de ácido crómico, cromato de sodio, dicromato de sodio o dicromato de potasio.

### Precauciones

- Leer cuidadosamente las instrucciones del fabricante del equipo.
- Proteger el cuerpo, manos, ojos del operador.
- Sólo debe realizarse este tipo de limpieza por personal especializado.
- Si se usan inhibidores, soluciones de cromatos o dicromatos, se deben evitar el respirar el rociado y el contacto con las soluciones.



# Scotchkote™ 306, 312 and 314 Liquid Epoxy Coatings

## PRODUCT DESCRIPTION

Scotchkote 306, 312 and 314 Liquid Epoxy Coatings are ambient temperature cure, two-part thermosetting epoxy liquid coatings. They are designed to protect metal, wood, concrete and other materials from rust, corrosion and deterioration, both above and below ground. Scotchkote Liquid Epoxy Coatings are color-matched to Scotchkote Fusion Bonded Epoxy Coatings as follows: Scotchkote 312 color-matched to Scotchkote 206N, Scotchkote 314 color-matched to Scotchkote 134. These liquid coatings can be used for pipe coating repairs, circumferential pipe field welds and the coating of associated valves, fittings and other applications where color compatibility is desired. Scotchkote 306 and 314 are pre-thinned for spray applications. These coatings may be applied quickly and easily by roller, brush or spray. A buildup of up to 16 mils (406 microns) can be obtained in one application without sag. Because these are ambient temperature cure coatings, they can be conveniently applied to structures in the field without the use of heating equipment. A tack-free surface is obtained in 2-3 hours at a 73°F (23°C) ambient temperature. These coatings should not be applied at temperatures below 55°F (13°C).

## SURFACE PREPARATION

Coating performance, regardless of the material selected, is dependent on the cleanliness of the surface to which it is applied. The coating must come in contact with the metal surface itself to insure maximum protection. Metal, concrete, and other surfaces must be clean, dry and free of loose rust, scale, paint, etc. All oils, grease, and other contaminants should be removed with a suitable solvent. Metal surfaces should be blast cleaned in accordance with SSPC-SP10 or NACE No. 2 to a near-white finish using clean, dry 30 mesh sand or other suitable abrasive. Metal surfaces should be coated as soon after cleaning as possible to prevent the formation of rust or oxide. New concrete surfaces should be treated with muriatic acid, then water washed. Old concrete surfaces should either be sandblasted or etched using muriatic acid followed by a thorough water wash. Deep pits, cracks, holes and unusually rough welds, etc., should be filled with a thick putty mixture of Scotchkote 312. This may be accomplished by adding an inorganic filler such as fine sand or Portland Cement to the standard product. A putty knife, spatula, trowel or the like may be used for application.

## COATING APPLICATION STEPS

### POT LIFE

Product	Temperature	Time
306	73°F (23°C)	1 hour
312	73°F (23°C)	15-20 min.

### Mixing

Scotchkote 306, 312 and 314 will settle while in storage. Therefore, the mixing procedure is extremely important. First, mix the separate parts A and B thoroughly. Second, combine equal quantities of parts A and B. Mix thoroughly. A uniform color throughout will indicate proper mixing.

For spray application, use Scotchkote 306, 314 or add approximately 20% toluol to Scotchkote 312. When thinning, thoroughly combine equal amounts of toluol separately to A and B components. Pre-thinning in this manner makes A and B components easier to mix together and maximizes pot life time.

**CAUTION!** Pot life of Scotchkote 312 after mixing is 15-20 minutes at 73°F (23°C). Prepare only the quantity of coating that can be applied in this period of time. The pot life of Scotchkote 306 and 314 is one hour at 73°F (23°C).

### Spray

Scotchkote 312 thinned with up to 20% toluol or Scotchkote 306 and 314 can be applied with any conventional pressure pot spray equipment such as Binks Model 18 with a Model 80-210 cup and 63PB tip. Use conventional equipment settings as follows:

Fluid Pressure: 20-30 psi (1,5 – 2,0 bar)

Line Pressure: 80 psi (5,5 bar)

Tip size: 0.046 in (1,17 mm)

Airless spray equipment such as the Graco Hydra-Cat (this unit allows spray application of solventless coatings without premixing separate components) or the Graco Monark Hydra-Spray can be used. Pressure pot and atomizing air pressures should be adjusted to obtain a finely atomized spray. Using a sweeping motion, apply one-half the final wet film thickness in the horizontal direction and follow immediately with the application of one-half of the final wet film in the vertical direction.

### Brush, Roller

Use an ordinary paint brush or roller and apply to the desired thickness.

### Multiple Coats

Scotchkote 306, 312 and 314 can be applied in multiple coats in order to increase thickness. Additional coats should be applied as soon as the base coat is tack free, but still soft (coating will deform under pressure). If the base coat is allowed to harden, it must be brush blasted before overcoating. Because Scotchkote 306 and 314 contain solvent, they should not be applied over 16 mils (406 microns) per coat (wet) or solvent entrapment may occur. Scotchkote 312 does not contain solvent and may be applied in any thickness consistent with producing an acceptable surface finish.

**Equipment Clean-Up**

MEK or toluol may be used to clean spray equipment, rollers and brushes.

**Repair**

Scotchkote Fusion Bonded Epoxy Coatings requiring limited repair due to scrapes, scars, coating imperfections or other minor defects should first be cleaned to remove dirt, scale and damaged coating by sanding or other suitable means. The adjacent coating should then be feathered and all dust removed by wiping. Next, the Scotchkote Liquid Epoxy Coating should be applied on small areas to a minimum thickness of 12 mils (305 microns). The freshly coated area should be allowed to properly cure prior to handling and storage of the coated article. Cure can be accelerated with heat.

**Circumferential Weld**

The welded joint must be cleaned free of mud, oil, grease and other foreign contaminants and exposed metal in the weld zone sandblasted to a NACE No. 2 near-white finish using dry 30-60 mesh sand (590-250 microns). The adjacent fusion bonded coating should be brush blasted to clean and roughen the coating surface for a distance of 2 in. (50,8 mm) back from weld zone. Using a brush, roller or spray gun, apply Scotchkote Liquid Coating to a thickness of 16 mils (0,406 mm). Overlap the pipe coating no less than 1 in. (25,4 mm). Allow coating to properly cure before handling.

**Coverage**

Scotchkote 312 – 10 mil (254 micron) coating – 15.0 ft<sup>2</sup>/lb (3.1 m<sup>2</sup>/kg)  
Scotchkote 306, 314 – 10 mil (254 micron) coating – 13.0 ft<sup>2</sup>/lb (2.6 m<sup>2</sup>/kg)

**CURE SPECIFICATIONS**

At tack-free surface is obtained in 2-3 hours at 73°F (23°C). Maximum properties of Scotchkote 306, 312 or 314 will be achieved by allowing the coatings to cure in accordance with times and temperatures listed in the cure guide.

CURE GUIDE	
Application Temperature	Cure Time
300°F (149°C)	15 minutes
250°F (122°C)	20 minutes
200°F ( 97°C)	30 minutes
160°F ( 72°C)	60 minutes
73°F ( 23°C)	48 hours



## HANDLING & SAFETY PRECAUTIONS

Read all Health Hazard, Precautionary, and First Aid statements found in the Material Safety Data Sheet, and/or product label of chemicals prior to handling or use. To order a copy of the Material Safety Data Sheet, call 1-800-233-3636.

## IMPORTANT NOTICE

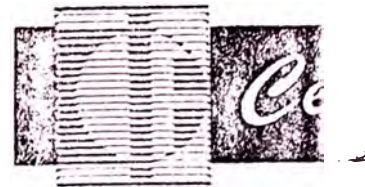
All statements, technical information and recommendations related to the Seller's products are based on information believed to be reliable, but the accuracy or completeness thereof is not guaranteed. Before utilizing the product, the user should determine the suitability of the product for its intended use. The user assumes all risks and liability whatsoever in connection with such use.

Any statements or recommendations of the Seller which are not contained in the Seller's current publications shall have no force or effect unless contained in an agreement signed by an authorized officer of the Seller. The statements contained herein are made in lieu of all warranties, express or implied, including but not limited to the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose which warranties are hereby expressly disclaimed.

SELLER SHALL NOT BE LIABLE TO THE USER OR ANY OTHER PERSON UNDER ANY LEGAL THEORY, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO NEGLIGENCE OR STRICT LIABILITY, FOR ANY INJURY OR FOR ANY DIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES SUSTAINED OR INCURRED BY REASON OF THE USE OF ANY OF THE SELLER'S PRODUCTS THAT WERE DEFECTIVE.

### **APENDICE III**

- CEFOISA : INFORME DE DAÑOS DE TUBERIA.



Calle Beta 147

Parque Internacional de Industria y Comercio

Tlfs. 4513141 - 4518126 / Fax: 4511564 - Callao - Perú

G.O. 0443'95

Callao, 02 de Octubre de 1995.

Señores  
PetroPerú  
San Isidro - Lima

Atención : Ing<sup>o</sup> Juan Jose Vásquez

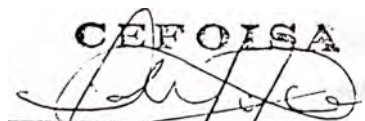
Referencia : Obra "Excavación Protegida para la instalación del tramo faltante en el  
cruce del Río Marañón en el Km. 285 del Oleoducto Nor Peruano."  
Contrato ING N° 033-95

Muy señores nuestros :

Tenemos a bien dirigirnos a ustedes con el fin de adjuntarles nuestro Informe del golpe sufrido en la tubería del Oleoducto, hecho imprevisto presentado durante el hincado de tablestacas como consecuencia de la dureza del suelo encontrado.

Sin otro particular, quedamos de ustedes.

Atentamente,

  
Ing. PEDRO ALCALA COLLAS  
Gerente de Ingeniería

PM/sch.





Calle Beta 147  
Parque Internacional de Industria y Comercio  
Tlfs. 4513141 - 4518126 / Fax: 4511564 - Callao - Perú

# INFORME DE DAÑOS DE TUBERIA



Calle Beta 147  
Parque Internacional de Industria y Comercio  
Tlfs. 4513141 - 4518126 / Fax: 4511564 - Callao - Perú

Pag. 1

## **INFORME TECNICO**

### **DAÑO DE DIQUE OLEODUCTO**

El presente Informe tiene por finalidad presentar un reporte del daño causado a la tubería por efecto del golpe sufrido por una tablestaca metálica durante el hincado de la pantalla, así como de alcanzar nuestras inquietudes para la toma de decisión de la reparación.

El golpe ha sido producido en circunstancias que se hincaba la pantalla con el fin de alcanzar la cota más baja, para evitar la fluidez de material del suelo hacia dentro de la excavación. La tablestaca que ha golpeado es la N° 5 de la pantalla Norte, la última fecha registrada de hincado de esta tablestaca es el 09 de Setiembre, fecha en que la excavación se encontraba en -14 mts. aproximadamente, y no se había determinado aún con exactitud la ubicación del tubo.

Debido a la dureza del terreno presentada desde el nivel de -13.00 mts. por la presencia de bolonería de más de 6" no previsto en el estudio de suelo del Proyecto, no fue posible detectar durante el hincado la presencia del tubo, pues desde la citada cota se presentó una resistencia constante del terreno y como se observa del record de hincado que se detalla, desde la cota de -16.20 mts. se obtuvo un rechazo de 37 golpes por cada 10 cm. de penetración de las tablestacas. Inclusive en la cota -16.80 mts. donde se encuentra el tubo solamente se realizó 35 golpes por cada 10 cm. de penetración.



Calle Beta 147  
Parque Internacional de Industria y Comercio  
Tlfs. 4513141 - 4518126 / Fax: 4511564 - Callao - Perú

Pag. 2

#### RECORD DE HINCADO DE TABLESTACAS

COTA	Nº 4	Nº 5	Nº 6
16.00	18	26	14
16.10	18	30	19
16.20	22	37	23
16.30	22	37	26
16.40	27	36	30
16.50	28	36	35
16.60	30	35	42
16.70	32	36	50
16.80	---	35	50
16.90	---	---	55

#### DAÑO:

El daño causado como se aprecia en las fotografías consiste en una abolladura en forma de "L" de aproximadamente 20 cm. de longitud, 7 cm. de ancho y 2.5 cm. de profundidad aproximadamente.

Esta abolladura se encuentra ubicada a 3.58 mts. del extremo del tubo tal como se observa en el gráfico.

#### CONSIDERACIONES A TOMAR EN CUENTA PARA DECISION DE REPARACION:

Debemos indicar que llegar a la profundidad en que se encuentra ubicado el tubo, ha demandado un gran esfuerzo el realizar la excavación para encontrarlo, habiéndolo logrado luego de ir superando condiciones sumamente desfavorables de dureza de suelo, presión hidráulica y presión del terreno.





Calle Beta 147  
Parque Internacional de Industria y Comercio  
Tlfs. 4513141 - 4518126 / Fax: 4511564 - Callao - Perú

Pag. 3

La condición actual de la excavación es segura pero a medida que permanezca descubierto se pueden producir las siguientes consecuencias:

- 1- Tubificación del suelo : Esto permitirá mayor fluidez de agua dentro de la excavación lo que perjudicará las condiciones de bombeo, pudiendo en algún momento requerir de tanta capacidad de bombeo que físicamente será imposible instalar más bombas haciendo inviable el secado de la excavación y por ello el término de los trabajos.
- 2- La presión del terreno ejercido sobre el tablestacado a la profundidad actual es de aproximadamente 18 tn. por m<sup>2</sup>, siendo tan elevada corre el riesgo de colapsar ante algún movimiento sísmico o vibratorio a pesar de los apuntalamientos y anillos de seguridad previstos.
- 3- Actualmente el nivel del río es bajo pero se acerca el período de lluvias que elevaría el nivel y por ello la fluidez del agua al interior de la excavación, dificultando así el control del bombeo.

Asimismo el material que se aprecia detrás de la cortina Norte es un canto rodado sin material de liga, esto dificultaría el hincado de otra cortina exterior que permita descubrir 3 mts. adicionales de tubería.

Por estas razones técnicas estimamos que el hincar una pantalla adicional para descubrir 3 mts. adicionales de la tubería sería sumamente complicado, estimamos que ello demandaría por lo menos un mes de trabajo adicional corriendo el riesgo de ser imposible finalizarlo por las condiciones expuestas.

Por ello creemos se deben agotar los esfuerzos necesarios para que la decisión sea encaminada a solucionar el problema vía reparación in situ debido principalmente a las condiciones en la que se encuentra la obra, los esfuerzos realizados para descubrir el tubo y a la ubicación del daño presentado.

Callao, 02 de Octubre de 1995.



Calle Beta 147  
Parque Internacional de Industria y Comercio  
Tlfs. 4513141 - 4518126 / Fax: 4511564 - Callao - Perú

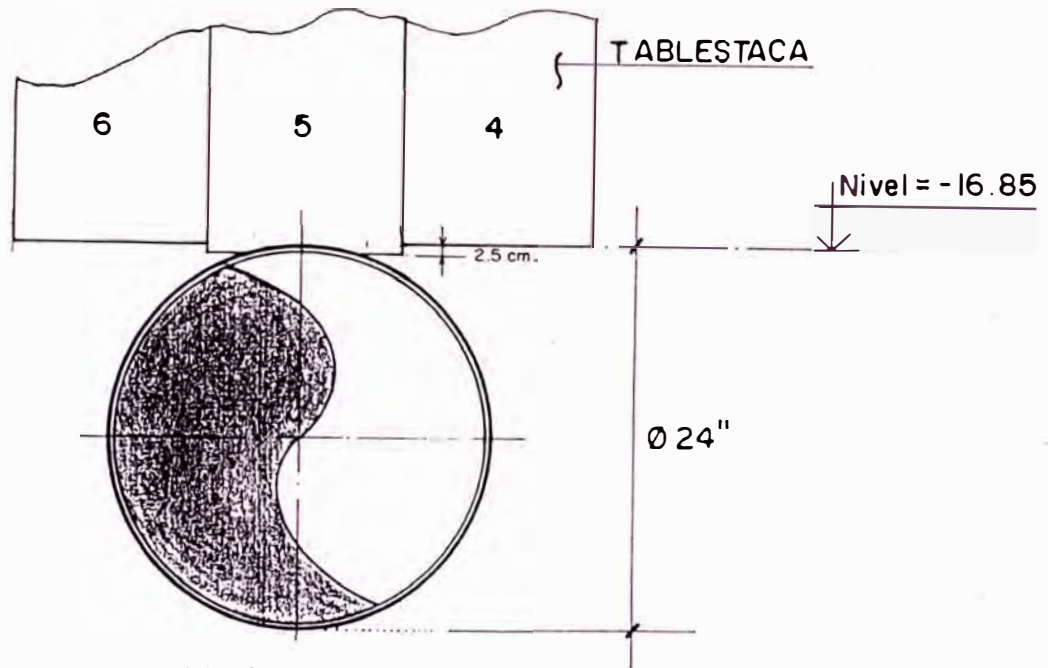
G R A F I C O



**Cefoisa**

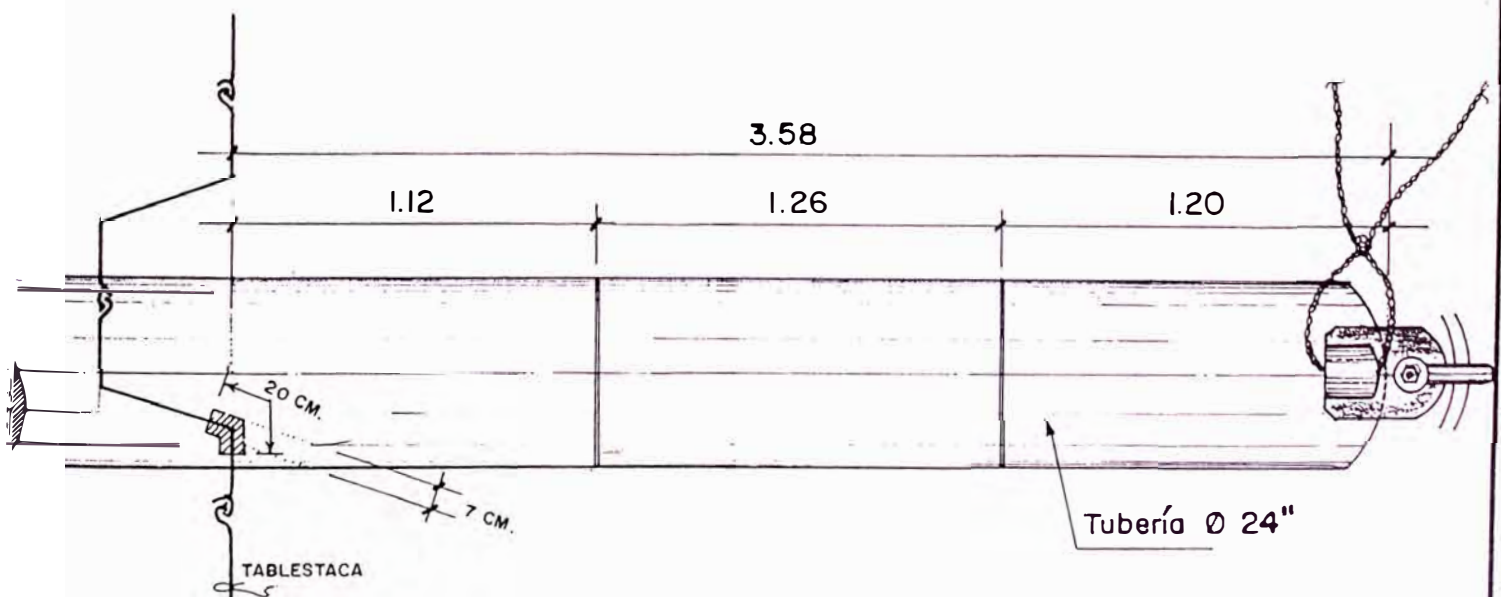
Calle Beta 147

Parque Internacional de Industria y Comercio  
Tlfs. 4513141 - 4518126 / Fax: 4511564 - Callao - Perú



### ELEVACION

ESCALA : 1/12.5



### PLANTA

ESCALA : 1/25



ZONA ABOLLADA

**OBRA : OLEODUCTO NOR-PERUANO**  
**DETALLE DE DAÑO EN TUBERIA**





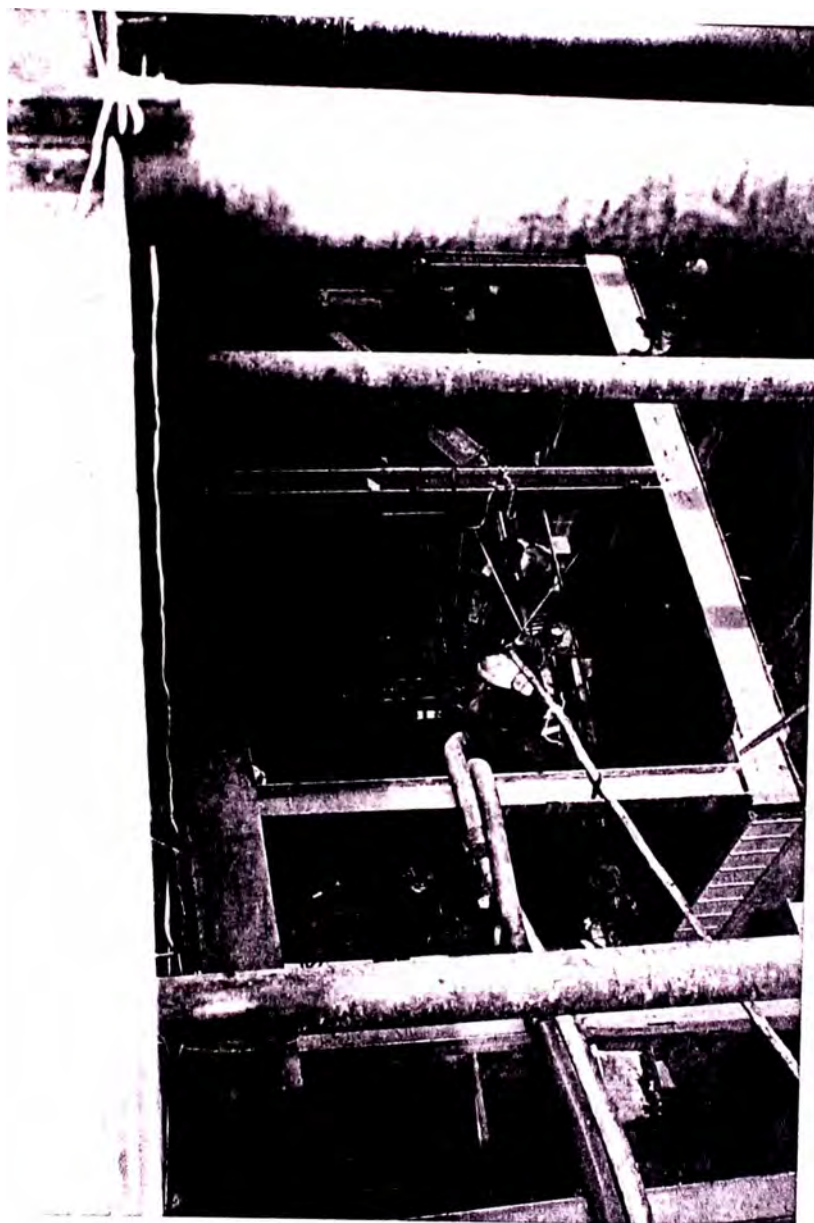
Calle Beta 147  
Parque Internacional de Industria y Comercio  
Tlfs. 4513141 - 4518126 / Fax: 4511564 - Callao - Perú

FOTOGRAFIAS

1. Plan de la obra	1. Plan de la obra
2. Memoria descriptiva	2. Memoria descriptiva
3. Memoria justificativa	3. Memoria justificativa
4. Memoria de cálculo	4. Memoria de cálculo
5. Memoria de ejecución	5. Memoria de ejecución
6. Memoria de mantenimiento	6. Memoria de mantenimiento
7. Memoria de cierre	7. Memoria de cierre
8. Memoria de anexos	8. Memoria de anexos
9. Memoria de referencias	9. Memoria de referencias
10. Memoria de conclusiones	10. Memoria de conclusiones



Calle Beta 147  
Parque Internacional de Industria y Comercio  
Tlfs. 4513141 - 4518126 / Fax: 4511564 - Callao - Perú



*FIG. No 1 : Observar la profundidad de la excavación.  
(Representa un edificio de 6 pisos hacia abajo)*



Calle Beta 147  
Parque Internacional de Industria y Comercio  
Tlfs. 4513141 - 4518126 / Fax: 4511564 - Callao - Perú



*FIG. No 2    Observese la tubería del  
Oleoducto con sus elementos  
de tiro.*

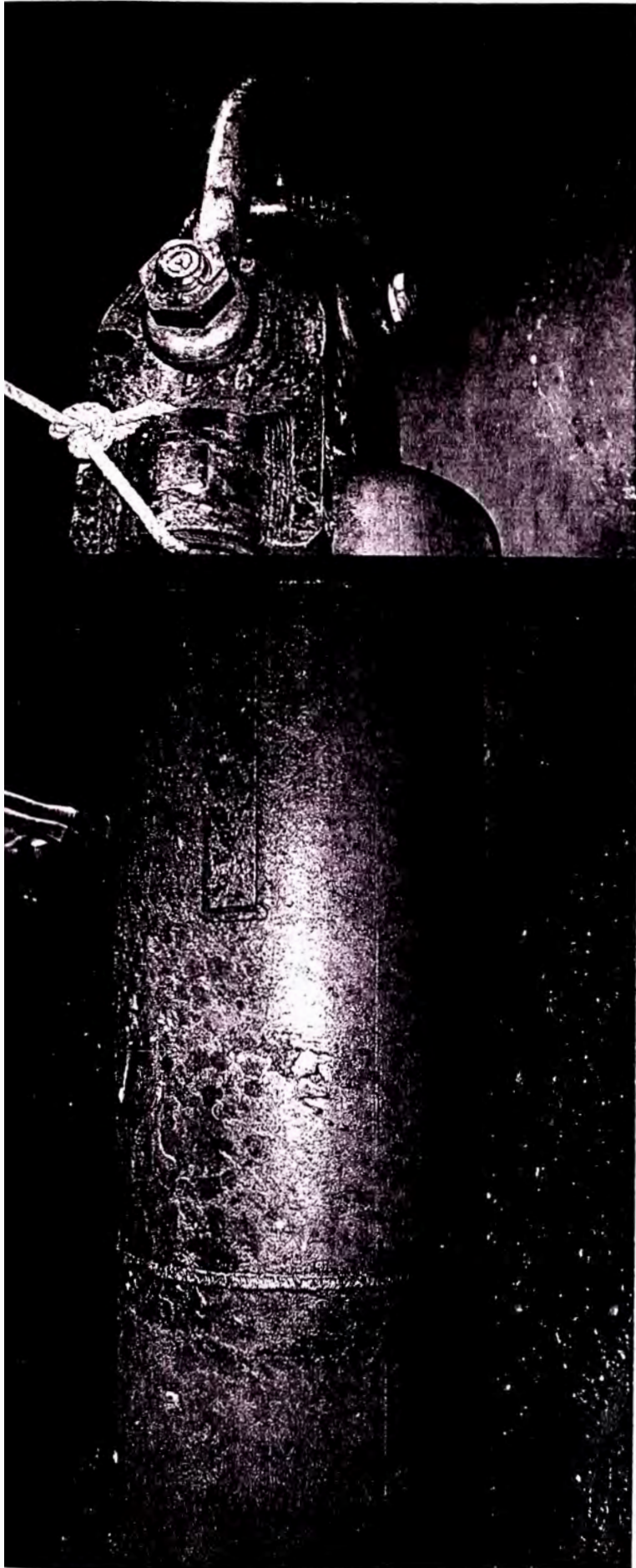




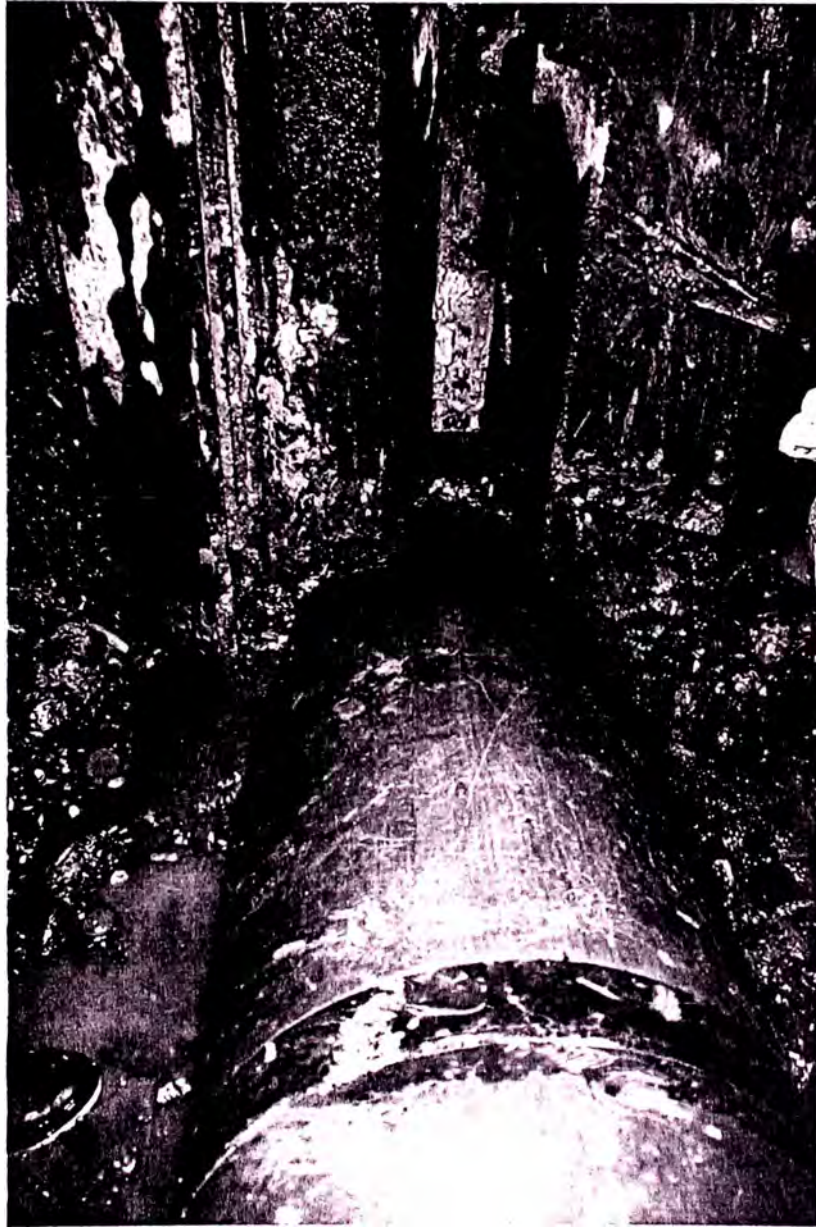
Calle Beta 147

Parque Internacional de Industria y Comercio

Tlfs. 4513141 - 4518126 / Fax: 4511564 - Callao - Perú



*FIG. No 3 : Tubo  
Descubierto.*



*FIG. No 4 : Vista frontal del daño.*



*FIG. No 5 : Vista Lateral.*



Calle Beta 147  
Parque Internacional de Industria y Comercio  
Tlfs. 4513141 - 4518126 / Fax: 4511564 - Callao - Perú

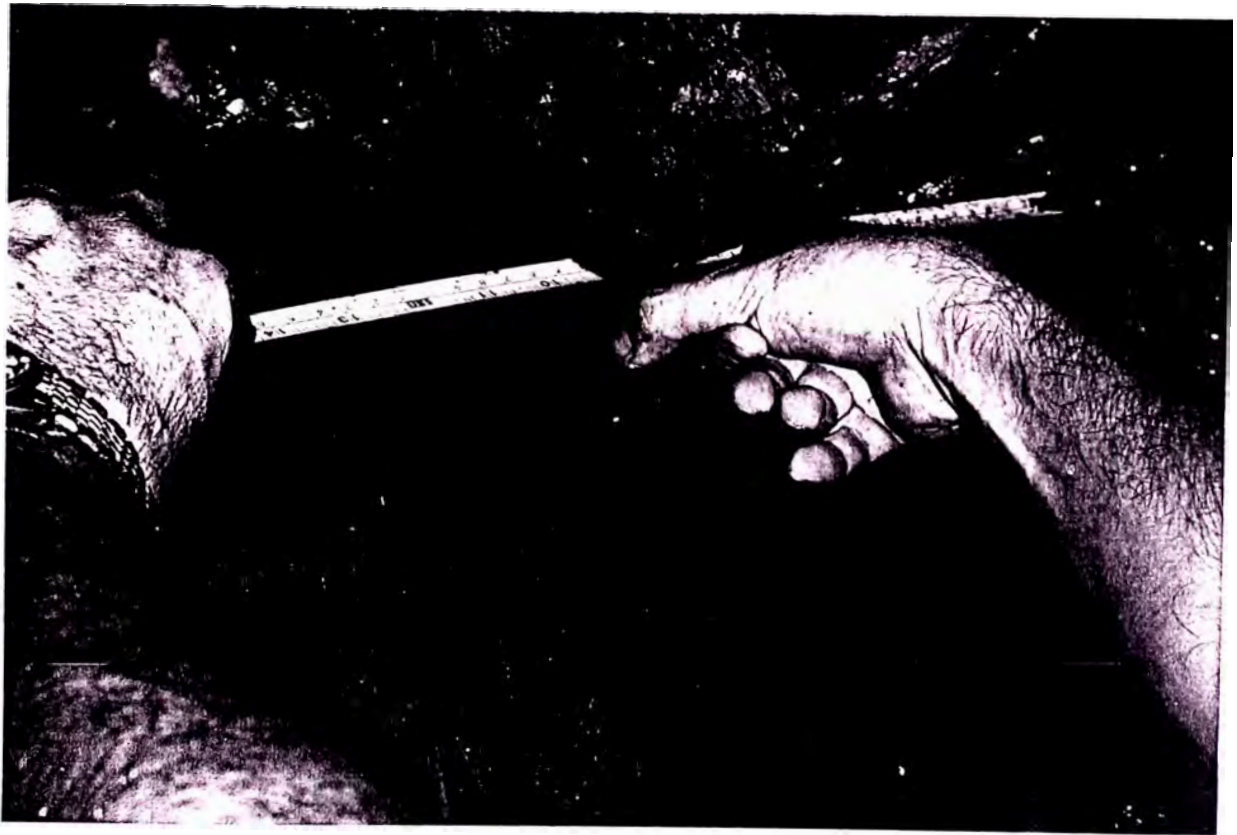
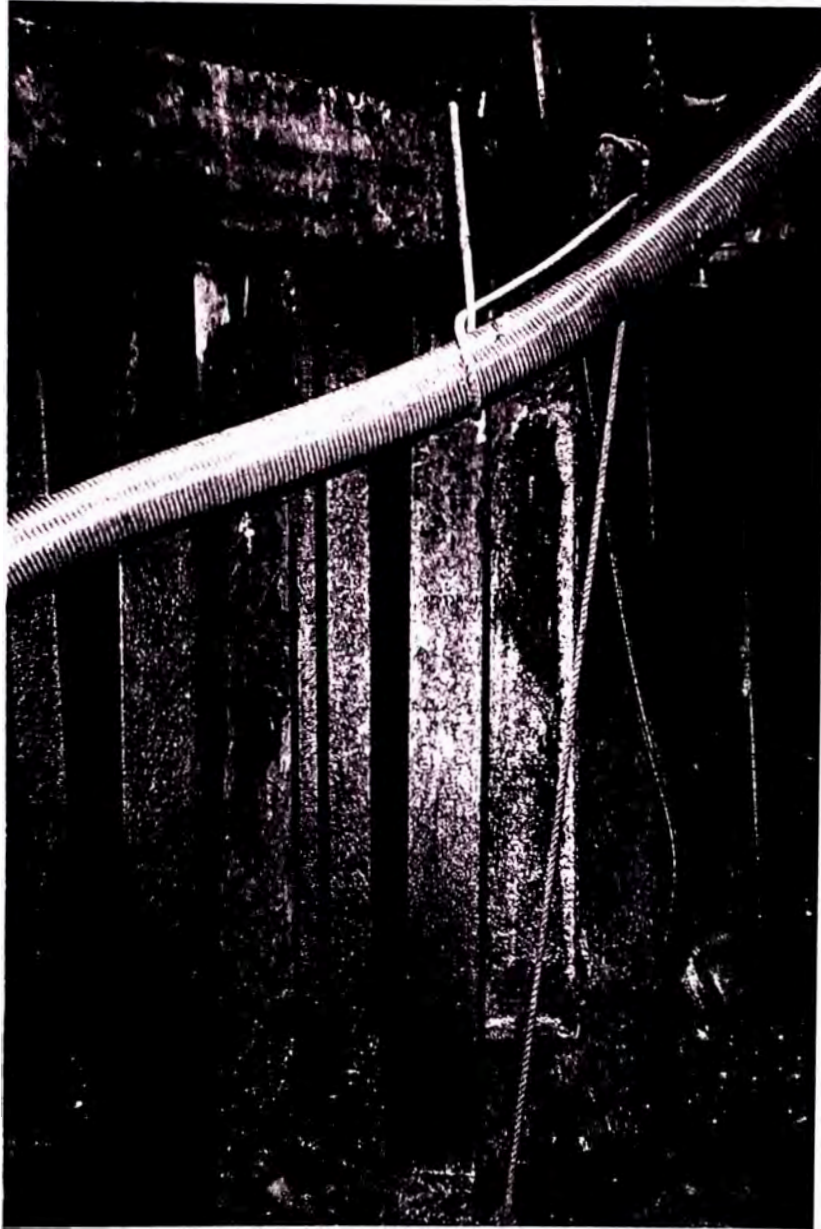


FIG. No 6 Observe la profundidad.







*FIG. No 9    Observese deformación de  
tablestacas debido a presión  
del terreno.*



#### **APENDICE IV**

- MEDICION DE POTENCIALES.

## MEDICION DE POTENCIALES

**Equipo:** POTENCIOMETRO  
Mc Miller Co.  
Ring Wood  
NJ - USA  
DC-2v

ELECTRODO  
Cobre y sulfato de cobre

**Fecha:** 24 / 10 /95

### Resultados:

Margen Izquierda

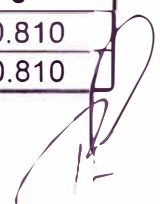
Punto	Mediciones (v)		
	1	2	3
3	- 0.860	- 0.860	- 0.860
6	- 0.860	- 0.861	- 0.860

Margen derecha - despues del montaje de ánodos en MI

Punto	Mediciones (v)		
	1	2	3
Tubería sin protección	- 0.842	- 0.841	- 0.842

Margen Derecha

Punto	Mediciones		
	1	2	3
3	- 0.811	- 0.811	- 0.810
6	- 0.811	- 0.811	- 0.810



Punto 3 : Terminal de tubería en caja de potencial

Punto 6 : Terminal de ánodo en caja de potencial.

**Observaciones:**

1. El potencial en MI está de acuerdo con lo requerido para protección (-0.850 v)
2. El potencial en MD está fuera del valor requerido (-0.811 v)

En este margen se nota la influencia de dos factores en la zona de protección:

- a) Contenido de agua en excavación protegida, y
- b) La estructura metálica que rodea al tubo en la excavación protegida.

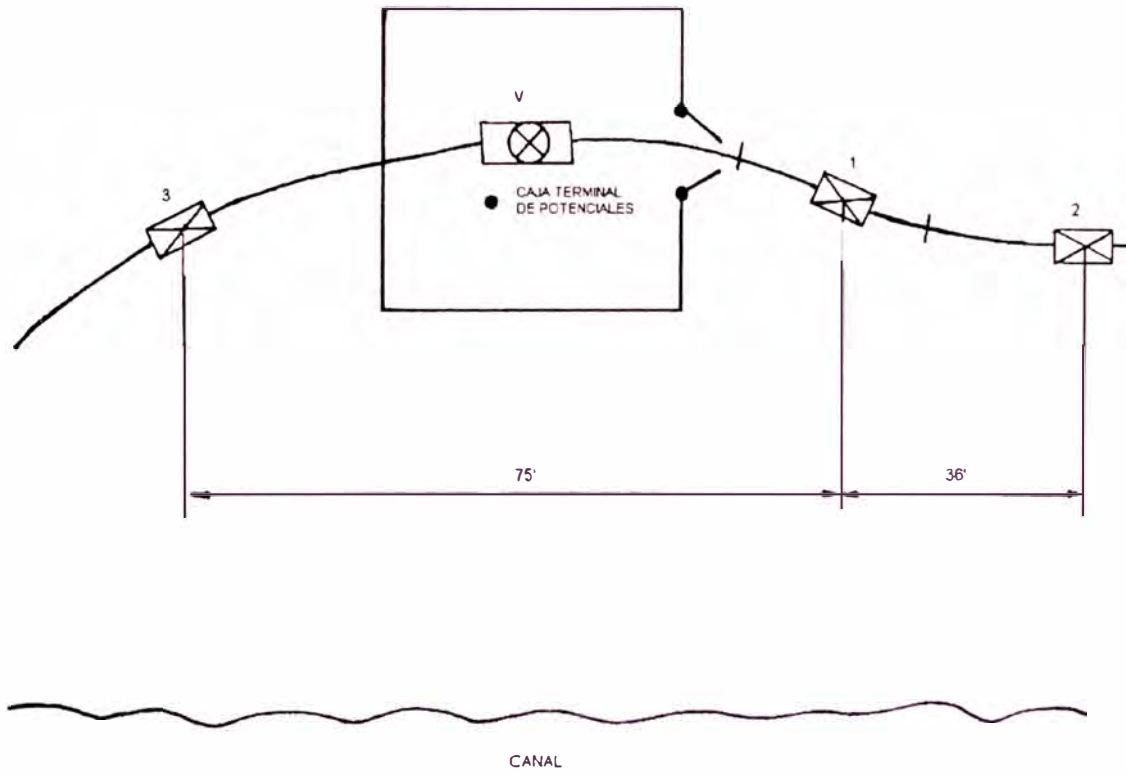
**Recomendaciones:**

1. Medir potenciales cuando se haya retirado el agua de la excavación protegida y se hubiera secado totalmente.

De persistir el valor de potencial, se recomienda instalar más ánodos de sacrificio.

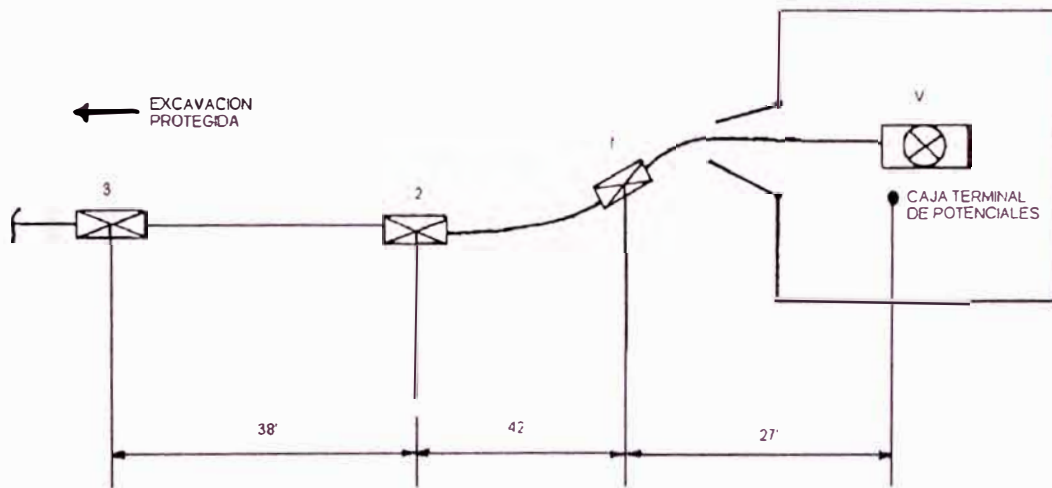
*Nota:* Se adjuntan esquemas de la forma en que quedó el montaje de los ánodos de aluminio en cada lado de la Válvula para su posterior ubicación y/o montaje.

## UBICACION DE ANODOS EN MARGEN IZQUIERDA

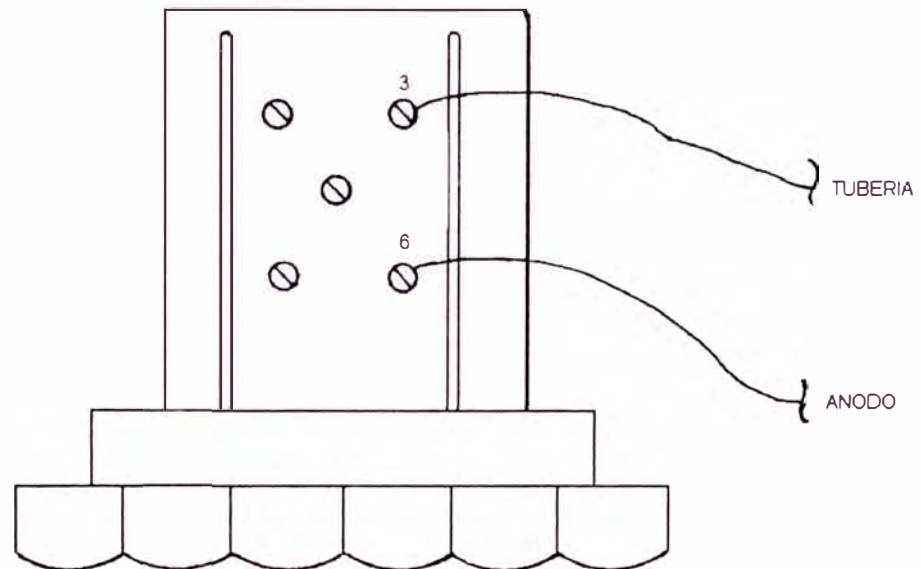




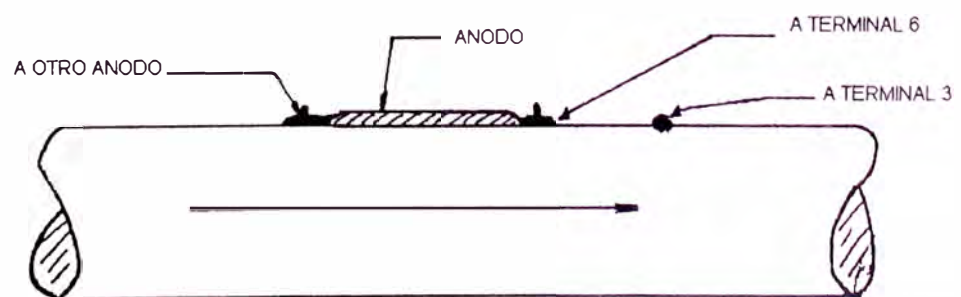
## UBICACION DE ANODOS EN MARGEN DERECHA



## CAJA TERMINAL



## MONTAJE EN TUBERIA



# IP-CA

# INSTRUCTIONS CADWELD<sup>®</sup> CATHODIC CONNECTIONS

## CATHODIC PROTECTION CONNECTIONS

### I. GENERAL AND SAFETY INFORMATION

Only CADWELD manufactured equipment and materials should be used to make CADWELD Connections.

1. Do not connect items except as detailed on mold tag and in the instructions.
2. Do not use worn or broken equipment which could cause leakage.
3. Do not alter equipment or material without factory authorization. Do not substitute for specified CADWELD manufactured equipment and materials.

Failure to comply with the above may result in hazards to the individual, improper connections, or damage to items being connected. Starting and welding materials are exothermic mixtures and react to produce hot molten materials with temperatures in excess of 2200° C (4000° F) and a localized release of smoke.

These materials are not explosive. Ignition temperatures are in excess of 450° C (850° F) for starting material, and 900° C (1650° F) for welding material.

Make connections in accordance with the prescribed welding procedures, and in consideration of surrounding conditions and personnel. Refer to ANSI Z-49.1 SAFETY IN WELDING AND CUTTING, and your local safety procedures.

1. Personnel should be properly trained in the use of this product.
2. Avoid direct eye contact with "flash" of light from ignition of starting material.
3. Avoid breathing concentrations of smoke as it may be hazardous to health.
4. Avoid contact with hot materials.
5. Advise nearby personnel of welding operations in the area.
6. Remove or protect fire hazards in the immediate area.
7. Do not smoke when handling starting material.

Adhering to the recommended welding procedures will minimize risk of burns and fire caused by hot molten material spillage.

1. Make sure there is proper mold fit and assembly of equipment.

2. Avoid moisture and decomposable contaminants in mold and materials being welded. Contact of hot molten metal with moisture or contaminants may result in spewing of hot material.
3. Material thickness must be sufficient for the size and type connection being made to prevent melt-through and leakage of hot molten metal.
- E. Unusual applications or conditions may exist which require special considerations.
  1. Provide adequate ventilation where natural air flow is not sufficient to prevent personnel breathing concentrations of smoke.
  2. In case of fire, water or CO<sub>2</sub> will aid in control of burning containers. Large quantities of water will aid in controlling a fire should the exothermic materials become involved. Water should be applied from a distance.

3. For use with cast iron pipe or heavy castings meeting ASTM A47-74, A48-74, A126-73, A278-75 or A377-66.
4. DO NOT use on cast iron soil pipe (ASTM A74-82).

#### CONNECTIONS TO PIPE/VESSELS

5. Evaluate possible effects of CADWELD Connections to structures, chill-cast pipe, thin-wall materials, vessels/piping systems that are pressurized, closed or containing (or having contained) flammable/explosive/hazardous materials. Evaluation should be made prior to use, based on conditions of use and applicable codes, and should incorporate as a minimum, effects of melt-through of hot material, structural/metallurgical effect of CADWELD Connections, pressure (temperature) build-up and fire/chemical decomposition hazards. NOTE: These examples are not intended as a complete listing of unusual applications/conditions.

### II. PREPARATION

#### CABLE, GROUND RODS AND LUGS

Use cable cutters to minimize deforming cable. Bent or out-of-round cable ends may hold mold open, causing leaks.

Conductor ends and adjacent length must be clean and dry to insure a good weld.

When using adaptor sleeves, let conductor protrude 1/8" beyond end of sleeve.

#### R. STEEL OR CAST IRON SURFACES

1. Surface must be clean and dry to insure a good weld. Remove any surface protection. Use CADWELD CAT 321 rasp or coarse file to remove scale, rust, paint and dirt. Keep tool clean to avoid contaminating weld area.
2. Abrade "standard galvanized" surfaces with emery cloth to remove surface oxides in weld area. Clean "double or triple galvanized" surfaces with rasp to remove galvanizing in weld area.

### III. WELDING PROCEDURE

Check the following:

1. Mold is correct for the conductor sizes and application.\* DO NOT MODIFY MOLDS.
2. Weld metal indicated on mold tag and steel disks are available. USE ONLY CADWELD WELD METAL.\*
3. Frame is attached to mold and adjusted properly.
4. Flint igniter is in working order.

Make sure mold is clean, dry, and in good condition. Mold can be dried by heating to about 250° F (120° C).

Position mold on conductors following appropriate Positioning Instructions on back of this sheet (A reference mark on conductors at entry point into mold aids in conductor position check before ignition and for inspection of completed connection.)

Close mold and lock tightly with handle clamp if split type mold.

Pack all openings around conductors at entry point into mold which may leak molten material with ERICO packing material, especially where noted on positioning instructions.

Insert steel disk, dished (concave) side up, in crucible to cover tap hole.

- G. Dump weld material into crucible being careful not to upset the steel disk.
- H. Tap weld metal container to loosen starting material. Place approximately 1/4 to 1/3 of the starting material on the top lip of the mold at cover opening. Distribute the remaining starting material over the welding material.
- I. Close cover.
- J. Check reference marks on conductor to verify correct positioning.
- K. Stand to side of cover opening and upwind. Aiming Flint Igniter from the side, ignite starting material on mold lip. Withdraw Igniter quickly to prevent fouling.
- L. Allow approximately 30 seconds for completion of reaction and solidification of molten material.
- M. Open and remove mold. Use care to prevent chipping mold.
- N. Clean mold of residue using natural bristle brush, a soft cloth, or newspaper before making the next weld. Dispose of residue and weld material package properly. USE CARE TO AVOID BURNS FROM HOT MOLD, CONNECTION, CONDUCTORS, OR RESIDUE.

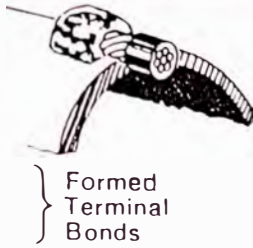
\*Cathodic connections to CAST IRON require molds designed for cast iron and the use of CA-XF-19 weld material. ALL other cathodic connections use the CA-- series weld material.

**CADWELD**  
20 #CA15 WELD MATERIAL  
For Copper to Copper and Copper to Steel Connections  
N On Other Side  
"WE'RE ALWAYS READY TO HELP"  
800-248-WELD  
(IN OHIO 216-248-0100)

LOT NUMBER  
73004  
57

ERICO® products inc. 34600 Solon F

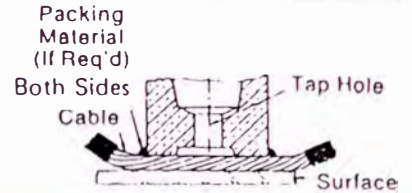
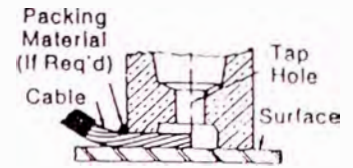
# INSTRUCTIONS CADWELD® CATHODIC CONNECTIONS



Formed  
Terminal  
Bonds

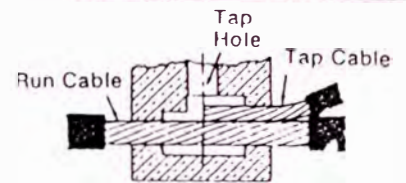
Place mold against surface with end of cable under center of tap hole. #1 AWG and larger cables require the use of packing material to seal the mold cable opening. Use handle or Cat. No. CAB-320 Chain Clamp to secure mold to surface.

**FIELD MADE FORMED TERMINAL BONDS.** Insert cable thru sleeve with end protruding 1/8 inch. Place in hammer die, close cover and form with cable protruding as noted.

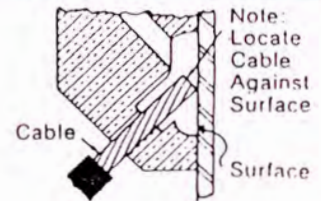


Place mold over cable and against surface. Follow "HA" instructions.

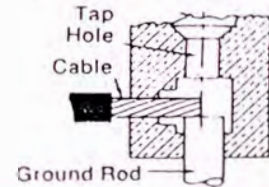
Place mold on run cable with end of tap cable under center of tap hole.



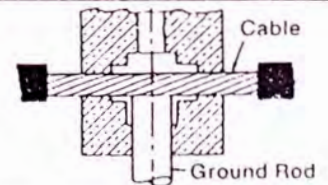
Place mold against surface with cable positioned as shown. Secure mold to surface with Cat. No. CAB-319 Chain Clamp or with "C" clamp.



Place mold on ground rod with end of cable positioned on top of rod and under center of tap hole. Cable must sit on top of rod as shown.

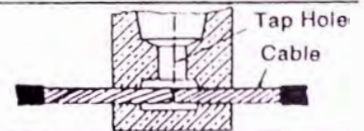


Place mold on ground rod with cable positioned across top of rod as shown.



## #4 AWG AND LARGER

Place mold on cables with ends butting under center of tap hole.

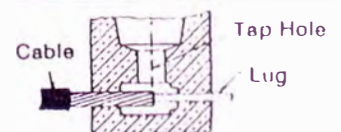


## #6 AWG AND SMALLER

Place mold on overlapped cables and push each cable in until they bottom in weld cavity.



Place mold on cable and lug with ends butting under center of tap hole.



FOR OTHER TYPES, SEE ATTACHED PRINT

ERICO® products inc. 34600 Solon Rd. • Cleveland (Solon). Ohio 44139

Printed In U. S. A.



## APENDICE V

- INFORME TECNICO DE PARTICULAS MAGNETICAS.
- INFORME TECNICO DE REPLICAS METALOGRAFICAS.

**INDICE**

1. OBJETIVO
2. MATERIAL A SER EXAMINADO
3. EQUIPOS.
4. TECNICAS DE MAGNETIZACIÓN
5. CORRIENTE DE MAGNETIZACIÓN
6. PARTICULAS FERROMAGNETICAS.
7. TEMPERATURA DE LA PIEZA Y DE LA SUSPENSION
8. ESTADO DE LA PIEZA A SER EXAMINADA
9. METODO Y/O HERRAMIENTAS PARA LIMPIEZA
10. DISPOSICION DE PATAS DEL YUGO
11. DESCRIPCIÓN DEL EXAMEN
12. DESMAGNETIZACION
13. LIMPIEZA FINAL
14. CRITERIOS DE ACEPTACION
15. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.

**1. OBJETIVO.**

Detallar los puntos más importantes del examen por partículas magnéticas por la técnica del Yoke que se realizará a juntas de tanque electrosoldado.

**2. MATERIAL A EXAMINAR.**

Juntas soldadas horizontales, verticales y circunferencial de tanques.

**3. EQUIPOS.**

Fabricante	:	Magnaflux
Modelo	:	Y-7 patas articulables
Espaciado entre piernas	:	50 – 280mm
Alimentación	:	220V – 60Hz

**4. TECNICA.**

Magnetización longitudinal (Yoke)

**5. CORRIENTE.**

CA y CC.

**6. PARTICULAS MAGNETICAS.**

Fabricante	:	Magnaflux
Tipo	:	14A
Concentración	:	1.25 gr/litro
Color	:	Fosforescentes (verde limón)

**7. TEMPERATURA DE LA PIEZA Y SUSPENSION.**

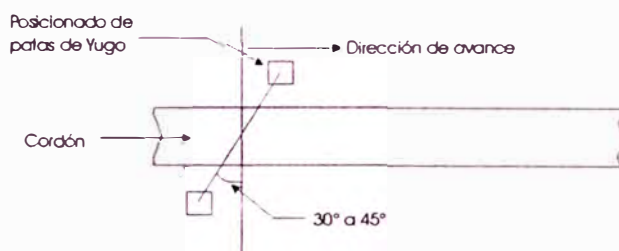
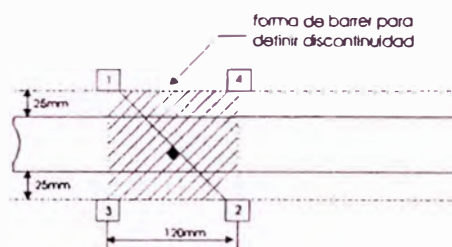
De ambos menor de 60 °C.

**8. ESTADO DE LA PIEZA A EXAMINAR.**

Superficie de la soldadura y 25mm adyacentes hacia ambos lados del cordón, limpias de polvo, grasa, aceite, salpicaduras, fluxes, etc.

**9. METODO Y/O HERRAMIENTA PARA LA LIMPIEZA.**

Escobillas de acero manuales o rotativas y limpieza de polvo con removedores

**10. DISPOSICION DE PATAS DEL YUGO.****10.1 Primer Paso: Inicio del examen****10.2 Segundo paso: Si se detectará discontinuidad.****11. DESCRIPCION DEL EXAMEN.**

- 11.1 Será ejecutado de manera continua, es decir magnetización y aplicación de partículas magnéticas vía húmeda.
- 11.2a Se utilizará partículas magnéticas fosforescentes, por lo tanto se realizará la inspección con lámpara de luz negra. (Si las condiciones del medio lo permiten).
- 11.2b Se utilizará partículas magnéticas coloreadas, técnicas de contraste con luz normal.
- 11.3 La lámpara de luz negra debe tener su filtro limpio y sin trisaduras, para que emita luz con longitud de onda de  $\sim 3600\text{Å}$ .
- 11.4 La fuerza magnetizante del Yugo se determinará antes del inicio de examen, por levantamiento de una masa con el máximo desplazamiento de sus polos:  
4.5 Kg. para C.A.  
18.0 Kg. para C.C.
- 11.5 La inspección o interpretación se realizará de inmediato.



**12. DESMAGNETIZACION.**

No es necesario por ser material magnéticamente blando

**13. LIMPIEZA FINAL.**

Limpiar con solvente y trapo industrial para eliminar la suspensión y secar las superficies.

**14. CRITERIO DE ACEPTACION.**

Según AWS D1.1 -98, Capítulo 6 - Item 6.10.

**15. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.**

AWS D1.1 Capítulo 6 – Item 6.14.5 y 6.14.6

Normas ASTM : E125 – E709 y E1444



## REPORTE DE INSPECCIÓN POR PARTICULAS MAGNETICAS

### 1- ALCANCE

El presente examen por la técnica no destructiva de partículas magnéticas húmedas fosforescentes tiene por objeto evaluar y verificar la continuidad del material y descartar la existencia de defectos superficiales y/o sub superficiales que puedan haberse originado por efecto del golpe de la tabla estaca.

### 2- PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE.

Eliminación superficial de partículas extrañas y grasa en la zona a inspeccionar por medio mecánicos (esmeril) y limpieza con solvente para eliminar partículas en polvo.

### 3- EQUIPO USADO.

- Equipo de partículas Magnéticas de Yugo, marca Magnaflux modelo Y-7 de patas articulables, con corriente AC / DC.
- Lampara de luz negra marca Magnaflux, modelo ZB – 100.
- Partículas Magnéticas marca Magnaglo 14A en suspensión

### 4- IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO INSPECCIONADO.

Tubería dañada por el golpe de la tabla estaca – área aprox. Equivalente a Ø 12"

### 5- PROCEDIMIENTO.

El procedimiento de inspección es el dado por la norma ASTM –Vol 03.03 – Non destructive Testing E-709: Magnetic Particle examination, para lo cual se utilizó un equipo de Partículas Magnéticas portátil de Yugo con selector de corriente alterna (AC) para poder detectar discontinuidades superficiales y para su visualización se usaron partículas magnéticas líquidas fosforescentes visibles solamente con luz negra.

El método fue húmedo y continuo, empleándose un campo magnético multidireccional, para detectar fisuras y/o microfisuras en las superficies inspeccionadas.

No fue necesario la desmagnetización de la pieza.

### 6- CÓDIGO Y/O NORMAS DE REFERENCIA.

- |               |   |
|---------------|---|
| - ASTM E-125  | Magnetic Particle Indications on Ferreous Castings. |
| - ASTM E-709  | Magnetic Particle Examination - guide.              |
| - ASTM E-1444 | Magnetic Particle Examination - practice.           |
| - Codigo ASME | Section V – art 7: Magnetic Particle Examination.   |

### 7.- RESULTADOS.

No hay presencia de fisuras ni microfisuras tanto en el Exterior como en Interior de la tubería inspeccionada. (Ver formato de inspección)



<b>Control Service s.a.</b>		<b>PETROLEOS DEL PERU</b> <b>CRUCE RIO MARAÑON</b>		INFORME N°: CS-95-10-471		
				HOJA <u>  01  </u> / <u>  01  </u>		
<b>LÍQUIDO PENETRANTE</b>		PROCEDIMIENTO N° CSPM-94-002	REV. 0	D ENSAYO I	09.10.95	
<b>PARTÍCULAS MAGNETICAS</b>		NORMAS CODIGO ASME SEC. VIII		A REENSAYO	-----	
DENOMINACIÓN REPARACIÓN OLEODUCTO – CRUCE RIO MARAÑON – DAÑO CEFOISA				DISEÑO N°                      REV.		
OP/OS N° S/N.	REGISTRO N° -----	POSICIÓN N° -----	APLICACIÓN -----	CONDICIÓN SUPERFICIAL Exterior : Esmerilado/Interior : Solvente		
METAL BASE/ADICIÓN TUBERIA API 5L – X60 / 24" OD – 0.525"e						
<b>PARTÍCULAS MAGNETICA</b>			<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>			
EQUIPO YOKE Y PARTICULAS 14A - FLUORESCENTES			LIQUIDO		REVELADOR	
TIPO DE EQUIPO USADO Y-7 patas articulables / Magnaflux		TECNICA YOKE <input checked="" type="checkbox"/>	REMOVEDOR		EMULSIFICADOR	
VIA SECA <input type="checkbox"/>	LUZ ULTRAVIOLETA <input checked="" type="checkbox"/>	ELECTRODO <input type="checkbox"/>	TECNICA COLORADO <input type="checkbox"/>		LIMPIEZA FINAL <input type="checkbox"/>	
HUMEDA <input checked="" type="checkbox"/>	NORMAL <input type="checkbox"/>	CONTACTO DIRECTO <input type="checkbox"/>	FLUORESCENTE <input type="checkbox"/>		SI <input type="checkbox"/>	
		BOBINA <input type="checkbox"/>			NO <input type="checkbox"/>	
LUGAR EXAMINADO		INDICACION RELEVANTE				<b>CROQUIS</b>
		N°	TIPO	REF. CERO	LONG.	
Superficie Externa		Sin fisuras				
Superficie Interna		Sin fisuras				
<b>DEFECTOS</b> FL : Fisura Longitudinal FT : Fisura Transversal ES : Escoria FP : Falta de Penetración		FF : Falta de Fusión PO : Porosidad SO : Socavación OV : Overlap		<b>CONDICIÓN:</b> A : APROBADO R : REPARAR REC : RECOMENDACIONES EXAMEN COMPLEMENTARIO		
LUGAR/DÍA 28 de Julio – 09.10.95 (Saramiriza)		INSPECTOR AUTORIZADO Ing. Rodolfo Gonzáles.		OBSERVACIONES - APROBADO		

**INDICE**

1. GENERALIDADES
2. MATERIAL A EXAMINAR
3. EQUIPO
4. CAMPO DE APLICACIÓN
5. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE
6. APLICACIÓN DE LA REPLICA
7. EXTRACCIÓN DE LA REPLICA DE LA SUPERFICIE
8. EXAMEN DE LA REPLICA
9. ARCHIVO DE REPLICAS
10. NORMAS EMPLEADAS EN LA INTERPRETACIÓN



**1. GENERALIDADES.**

Esto es un procedimiento de inspección específica para el examen de superficies, en el cual se aplica una resina plástica aluminizada, la que presionada sobre la superficie nos copia las heterogeneidades mecánicas y metalúrgicas que tiene el área especificada de la superficie metálica.

**2. MATERIAL A EXAMINAR.**

Aceros al carbono, acero de baja aleación, aceros de alta aleación, aceros inoxidables y aleaciones no ferrosas.

**3. EQUIPOS.**

Fabricante	Struers
Modelo	Microscopio de campo
Espaciado entre piernas	50 – 280mm
Alimentación	220V – 60Hz

**4. CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta técnica tiene la ventaja de poder localizarse en lugares donde el acceso es restringido y se aplica a máquinas, componentes, tanques y soldaduras en materiales ferrosos y no ferrosos.

Estas replicas podrán ser inspeccionadas en el sitio con microscopio óptico de bajos aumentos o pueden ser llevadas a un laboratorio para realizar el examen con microscopios metalúrgicos de alta resolución.

**5. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE.****5.1 Limpieza.**

La superficie deberá ser cuidadosamente limpiada, desengrasada y secada.

**5.2 Preparación Macrografica.**

Deberá realizarse de acuerdo con ASTM E-381 y E-340

**5.3 Preparación Micrografica.****5.3.1** Se entiende como una preparación para revelar el estado metalúrgico de la superficie.

Después del desengrasado, la superficie está sujeta a una serie de operaciones de desbaste cada uno de los cuales se realiza de manera progresiva avanzando de grano grueso al mas fino. Durante esta operación se deberá tomar los cuidados correspondientes para evitar calentamiento y endurecimiento al trabajar el metal por excesiva presión al aplicar la herramienta de pulido. Entre cada tipo de grano de desbaste deben cruzarse las operaciones y limpiar la superficie después de cada operación.



5.3.2 Después del desbaste mecánico arriba expuesto, se procederá al pulido final el cual puede ser realizado por los siguientes métodos:

1. Medios electrolíticos.
2. Por pasta de diamante
3. Por pasta de alúmina  $\alpha$  y  $\beta$

Completando este pulido, la superficie será lavada con agua y posteriormente con alcohol y secado con aire caliente. La etapa final del proceso es el ataque químico por un agente apropiado (ASTM E407). Después de este ataque la superficie será nuevamente lavada con agua primero, alcohol después y secado con aire, operación esta que deberá repetirse dos (02) veces como mínimo.

## 6. APLICACIÓN DE LA REPLICA.

Deberá tenerse sumo cuidado de que la superficie a eliminar este libre de partículas que afecten el trabajo.

Por ello la superficie a examinar deberá ser limpiada con un solvente adecuado. El material de plástico (celulosa) de tamaño adecuado y espesor no menor de 0.1 mm. Será colocado sobre la superficie después de haber sido ablandada por 20 segundos con presión suficiente por un tiempo no menor de 90 seg.

## 7. EXTRACCIÓN DE LA REPLICA DE LA SUPERFICIE.

La replica será removida de la superficie despegándola cuidadosamente por una de las esquinas y levantándola de tal forma que el ángulo de remoción no exceda de los 80°.

La replica es colocada por el dorso autoadhesivo sobre la placa de vidrio, teniendo cuidado de no colocar el dedo sobre la superficie a examinar. Se hará uso de papel observante fino que no contenga material que pueda rayar la replica.

Se colocara alrededor de ella una cinta en la que se pueda escribir la identificación del punto a la cual pertenece la replica tomada.

## 8. EXAMEN DE LA REPLICA.

La replica montada sobre la placa de vidrio será llevada al microscopio para observación por luz reflejada, ya que esta preparada con una platina de aluminio color verde que permita la observación por reflexión. Se acercara hacia el objetivo cuidadosamente para la primera observación a 100X (objetivo 10X y ocular 10X) para verificar algunos detalles a mayores aumentos y buscar las zonas adecuadas para realizar el análisis.

Realizada la observación y analizada la replica, se procede a la toma micrográfica siendo la preferencia 100X y 200X los aumentos que permita una mejor microfotografía. No se descarta la posibilidad de 500X pero con mucho cuidado para que no salga la foto distorsionada (efecto de la replica)

El examen de la replica se realizara a 100X - 200X – 500X y 1000X con la finalidad de observar:

- a.- Tamaño y forma de grano
- b.- Tamaño, forma y distribución de fase y/o precipitados
- c.- Verificar presencia de líneas de deslizamiento / maclas etc. que evidencie deformación.
- d.- Cualquier otro detalle que nos informe sobre el estado de la estructura del material.

#### **9. ARCHIVO DE REPLICAS.**

Las replicas procesadas, deberán guardarse protegidas con papel absorbente y en cajas que permitan su pronta selección cuando se desean volver a observar

Las replicas no sufren deterioro que altere la copia fiel de la superficie tratada si se tiene cuidado en su almacenaje.

No deben de estar expuestas al calor ni a la humedad.

#### **10. NORMAS EMPLEADAS EN LA INTERPRETACIÓN.**

Para la interpretación y medición se empleará el estándar ASTM.

Con las normas.

E 112	Grain size, average of metals estimating.
E 340	Macroetching metals and alloys.
E 247	Graphite in iron casting, evaluating the microestructure.
E 407	Macroetching metals and alloys.
E 3	Preparation of Metallographic of metals and alloys.
E 381	Macroetching testing, inspection an rating steel products.
BS 5166	British Standard.
ISO 3057 – 1974	Técnica de examen Superficial por replica metalografica.
ASTM 1351	St practice for evaluation of metallographic replic.

## REPORTE DE INSPECCIÓN METALOGRAFICA

### **I.- METODO APLICADO.-**

Se empleo la técnica de metalografía no destructiva por Replicas.

### **II.- MATERIAL Y EQUIPO EMPLEADO.-**

Microscopio metalográfico de campo marca Struers de 100x y 200x.

Papel abrasivo desde el No 80, 120, 240, 320, 400 y 600.

Polvo de pulido – Alúmina gamma.

Reactivo químico. Nital – 3.

### **III.- PROCEDIMIENTO.-**

Una vez preparadas las superficies a estudiar con esmeril se procede a obtener una superficie plana y pulida, siguiendo los pasos abajo numerados:

1. Esmerilado de la superficie para obtener planitud - con abrasivo No 80.
2. Lijado de la superficie con papeles abrasivos desde el No 120 hasta 600.
3. Pulido de la superficie con paño y pasta de alúmina – gamma.
4. Ataque químico de la superficie pulida con Nital 3.
5. Observación de réplicas al microscopio a 100 X.
6. Toma de Microfotografías para examinar: (100X para efecto de comparación).
  - a) Forma y distribución de grano.
  - b) Tamaño de grano.
  - c) Fases presentes y forma de presentacion.
  - d) Otras fases que pudieran presentarse.

### **IV.- IDENTIFICACIÓN DE LAS PIEZAS.-**

Zona Exterior	Puntos 1, 2, 3, y 4 (Ver diagrama)
Zona Interior	Puntos a y b.

### **V.- NORMAS y/o CODIGOS DE REFERENCIA.-**

- ASTM E 3 - 8: Standard methods of preparation of Metallographic Specimens.
- ASTM E 112 - 88: Standard test methods for determining Average Grain Size.
- ASTM E 407 - 93: Standard practice for Microetching Metal and alloys.
- ASTM E 1351 - 96: Standard practice for and evaluation of metallographic replic.
- ISO 3057: Técnica de examen superficial por replica metalográficas.



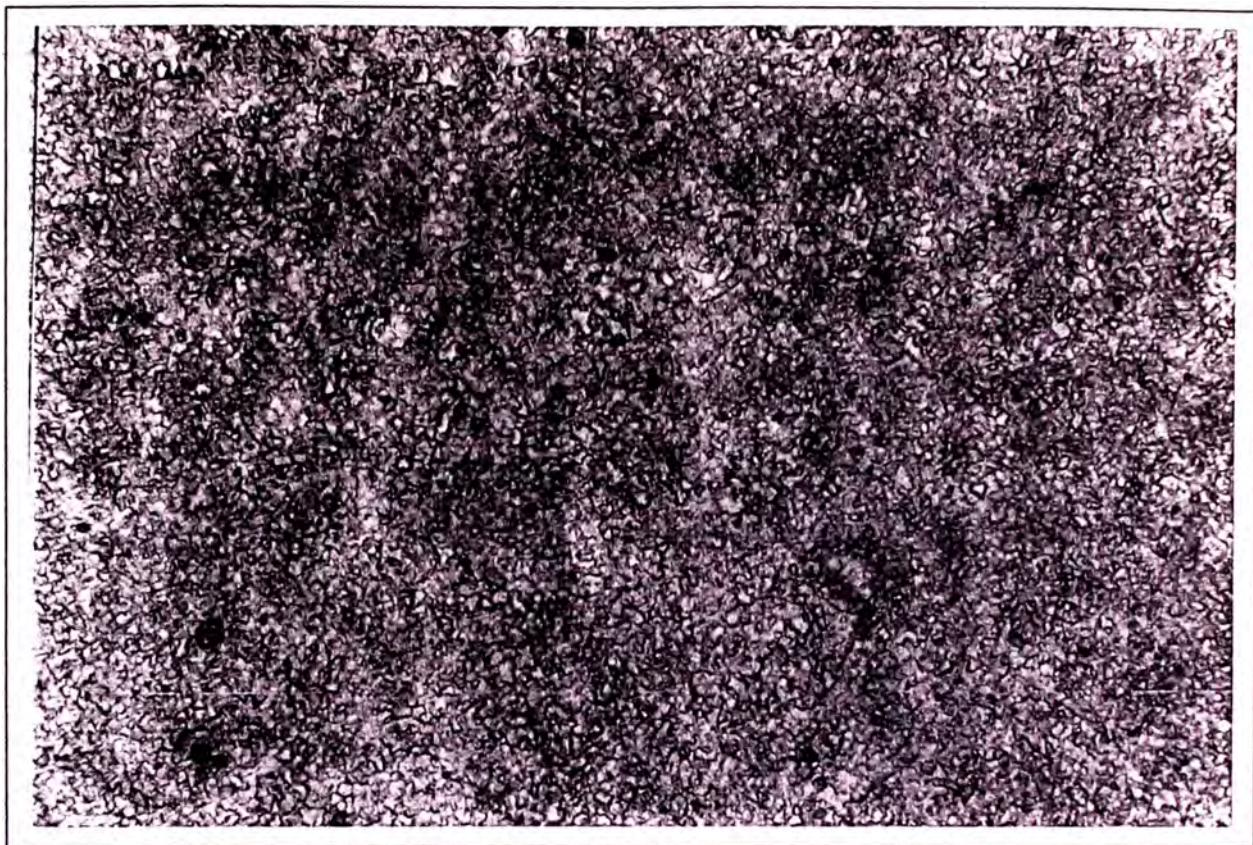
### VI. RESULTADOS.-

- |              |  |
|--------------|--|
| Replica N° 1 | - Estructura ferrítica y perlita fina<br>- Tamaño de grano ASTM E112 - N° 9.5<br>- Ver foto 1 y 2 a 100X y 200X  |
| Replica N° 2 | - Estructura ferrítica y perlita fina<br>- Tamaño de grano ASTM E112 - N° 7<br>- Ver foto 3 y 4 a 100X y 200X  |
| Replica N° 3 | - Estructura ferrítica y perlita fina<br>- Tamaño de grano ASTM E112 - N° 7<br>- Ver foto 5 y 6 a 100X y 200X  |
| Replica N° 4 | - Estructura ferrítica y perlita fina<br>- Tamaño de grano ASTM E112 - N° 7<br>- Ver foto 7 y 8 a 100X y 200X  |
| Replica N° 5 | a.- - Estructura ferrítica y perlita fina<br>- Tamaño de grano ASTM E112 – N° 5<br>- Ver foto 9 y 10 a 100X y 200X<br><br>b.- - Estructura ferrítica y perlita fina<br>- Tamaño de grano ASTM E112 – N° 9<br>- Ver foto 9 y 10 a 100X y 200X |

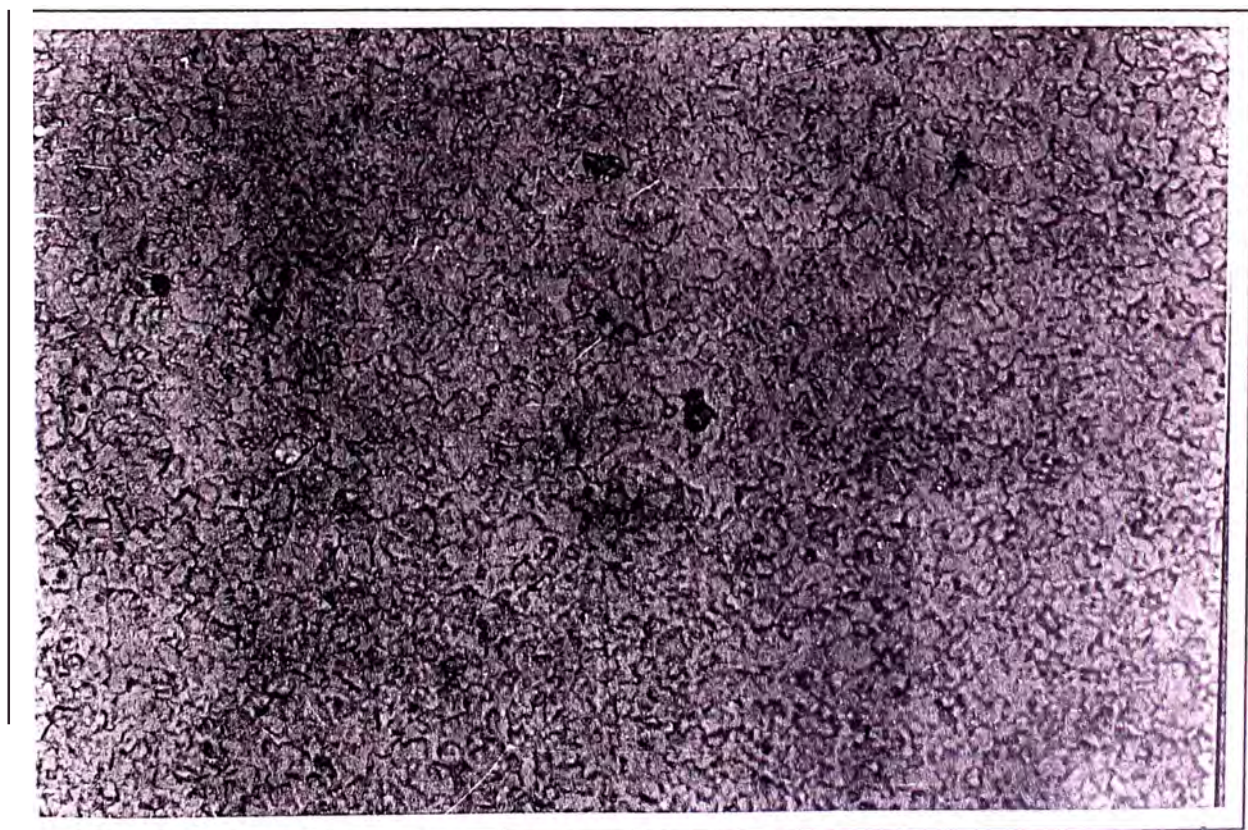
### VI. CONCLUSION.-

- |              |  |
|--------------|--|
| Externamente | Variación de tamaño de grano por efecto de calentamiento.<br>No hay transformación estructural |
| Internamente | Variación de tamaño de grano por efecto de calentamiento.<br>No hay transformación estructural |





**Foto 1:** Replica Nº 1 a 100X.



**Foto 2:** Replica Nº 1 a 200X.

*[Handwritten signature]*



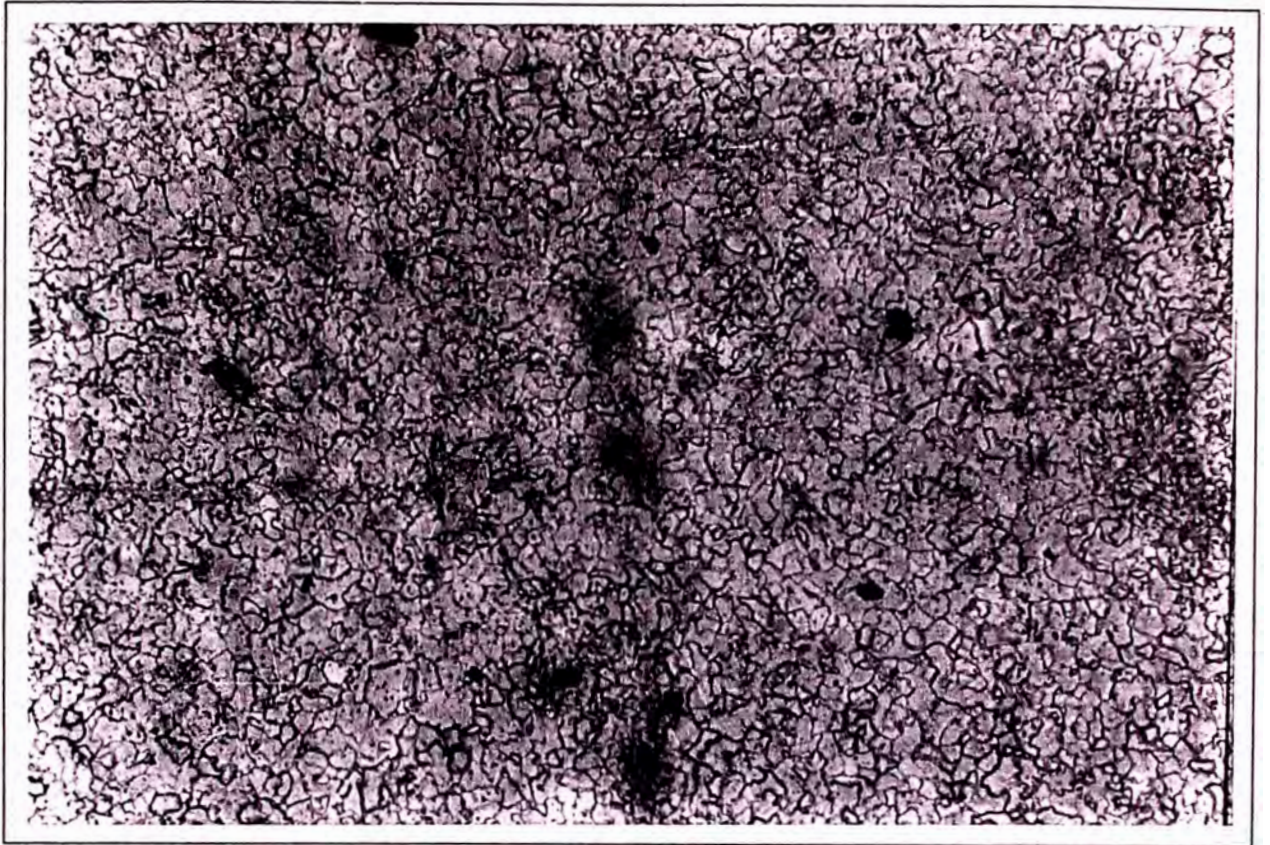


Foto 3: Replica N° 2 a 100X.

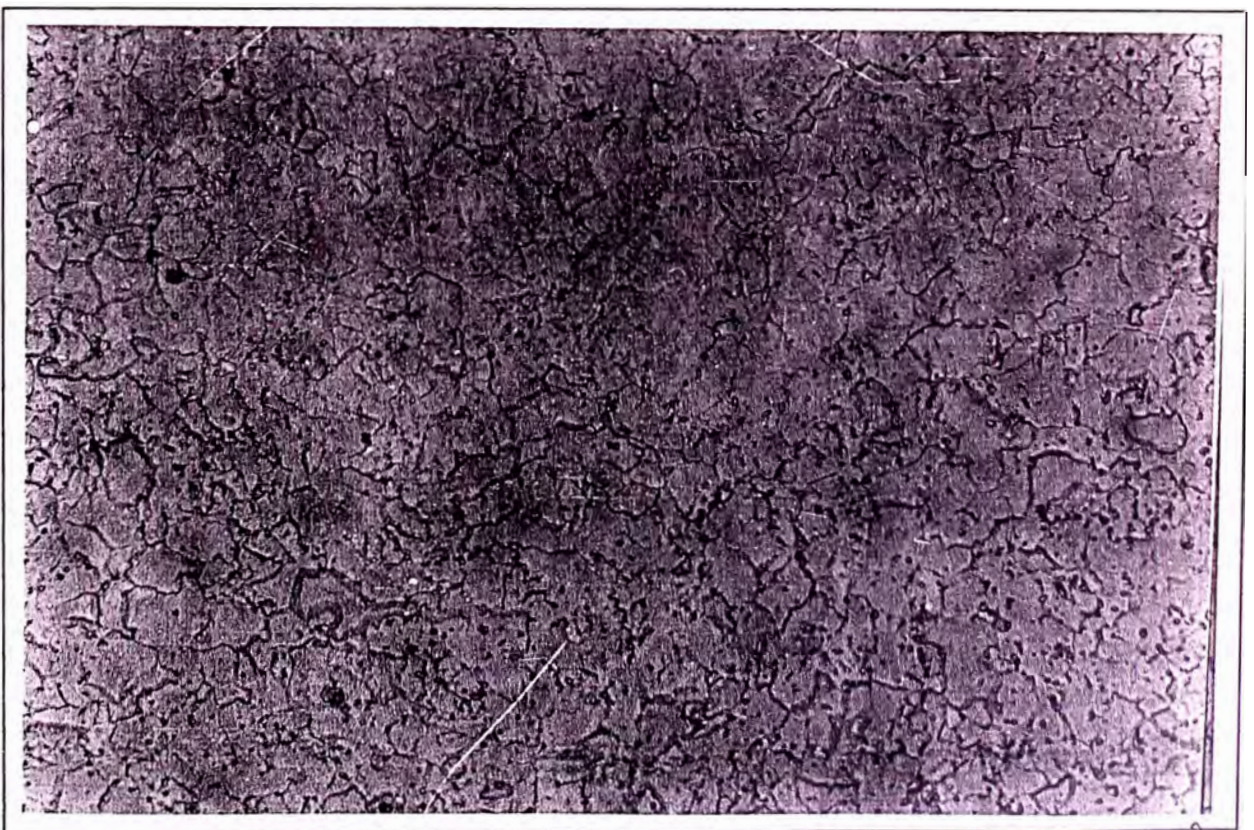


Foto 4: Replica N° 2 a 200X.

*[Handwritten signature]*



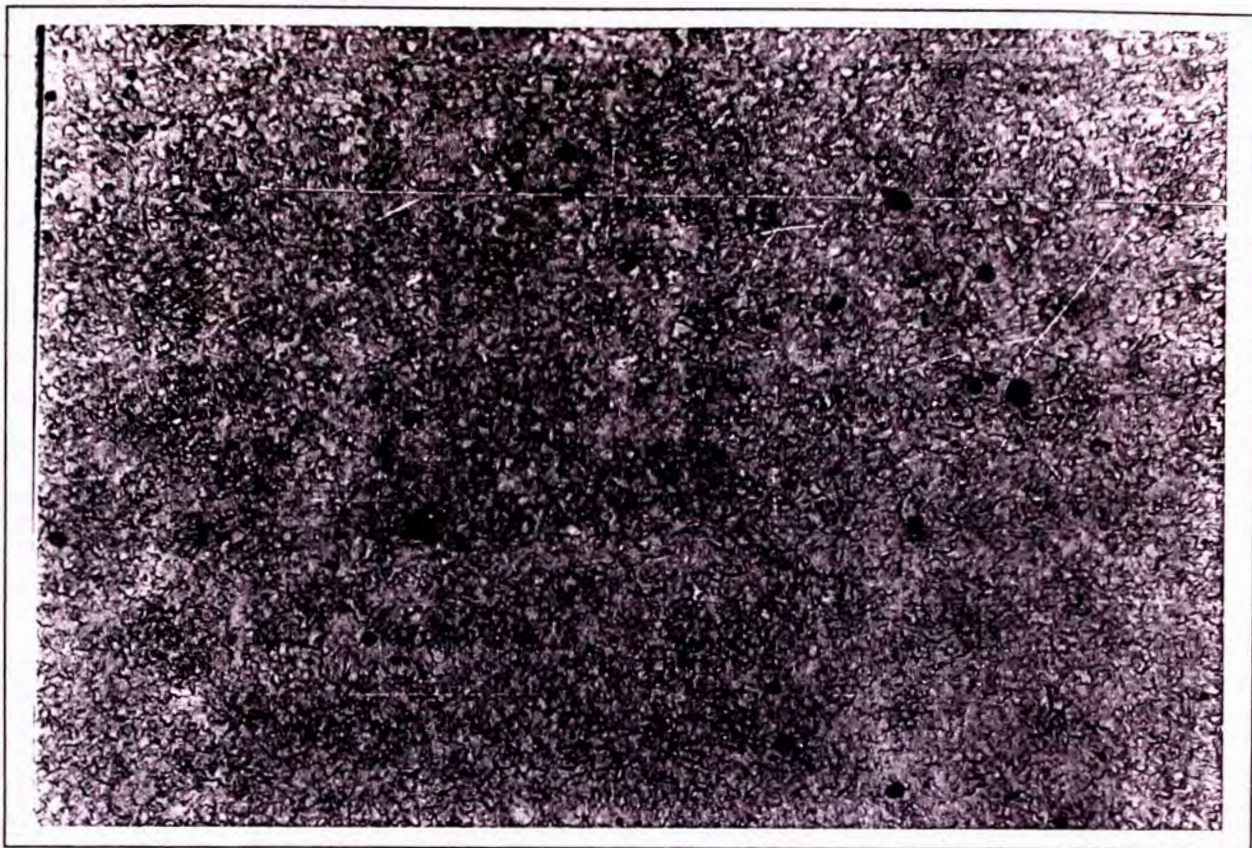


Foto 5: Replica N° 3 a 100X.

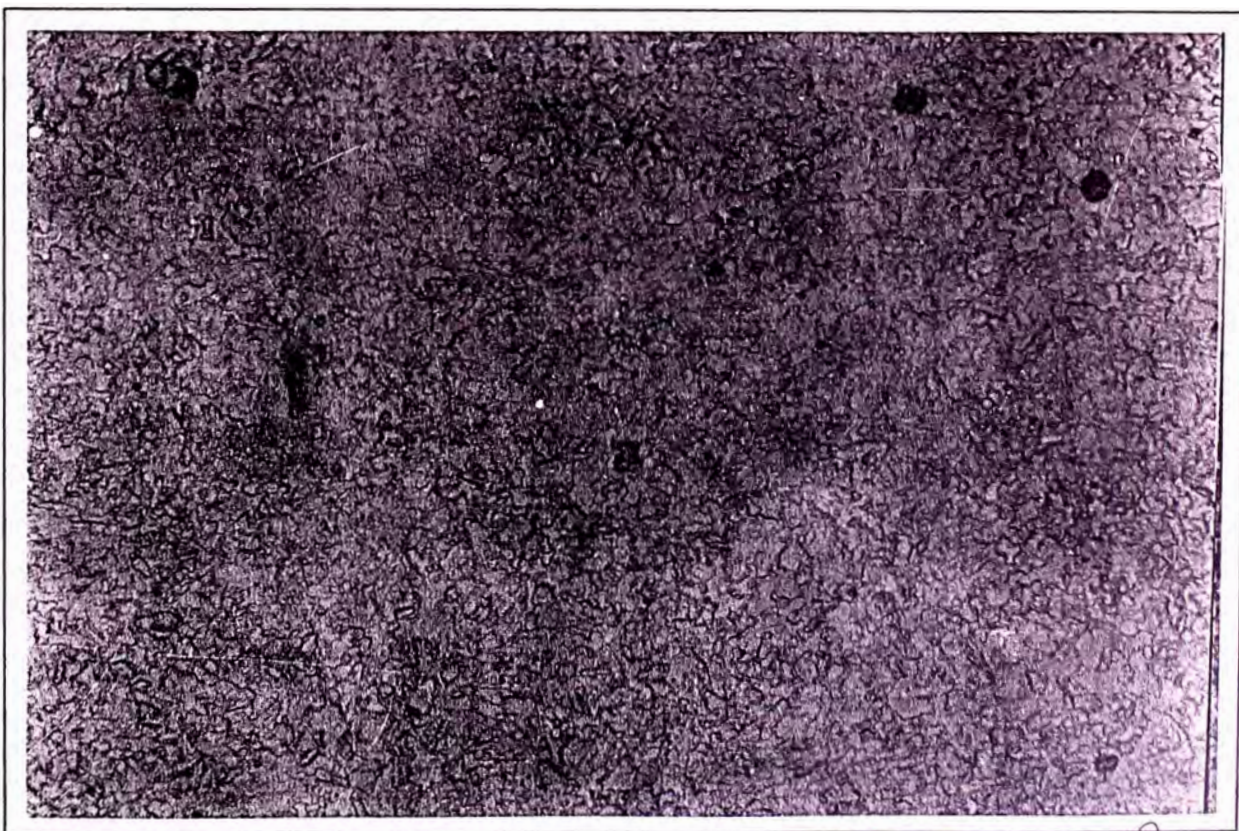


Foto 6: Replica N° 3 a 200X.



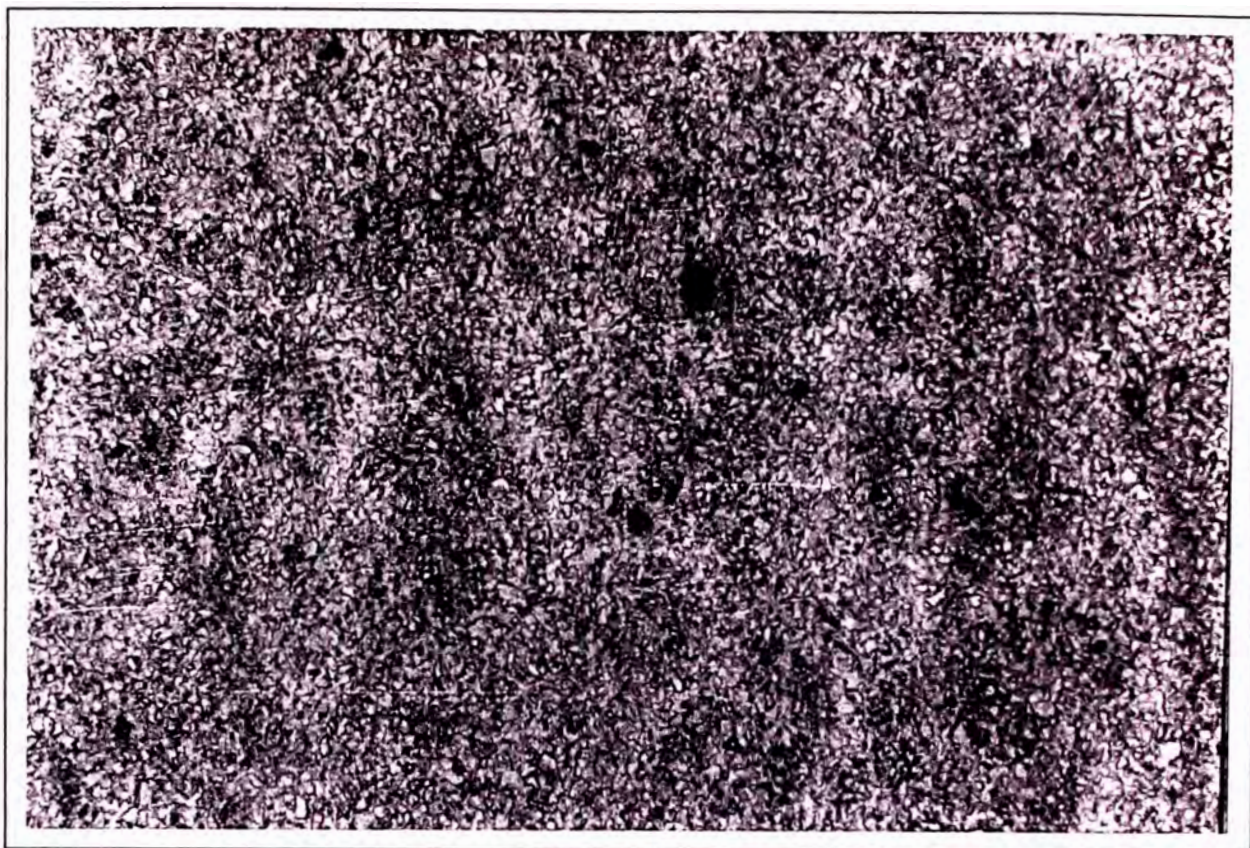


Foto 7: Replica N° 4 a 100X.

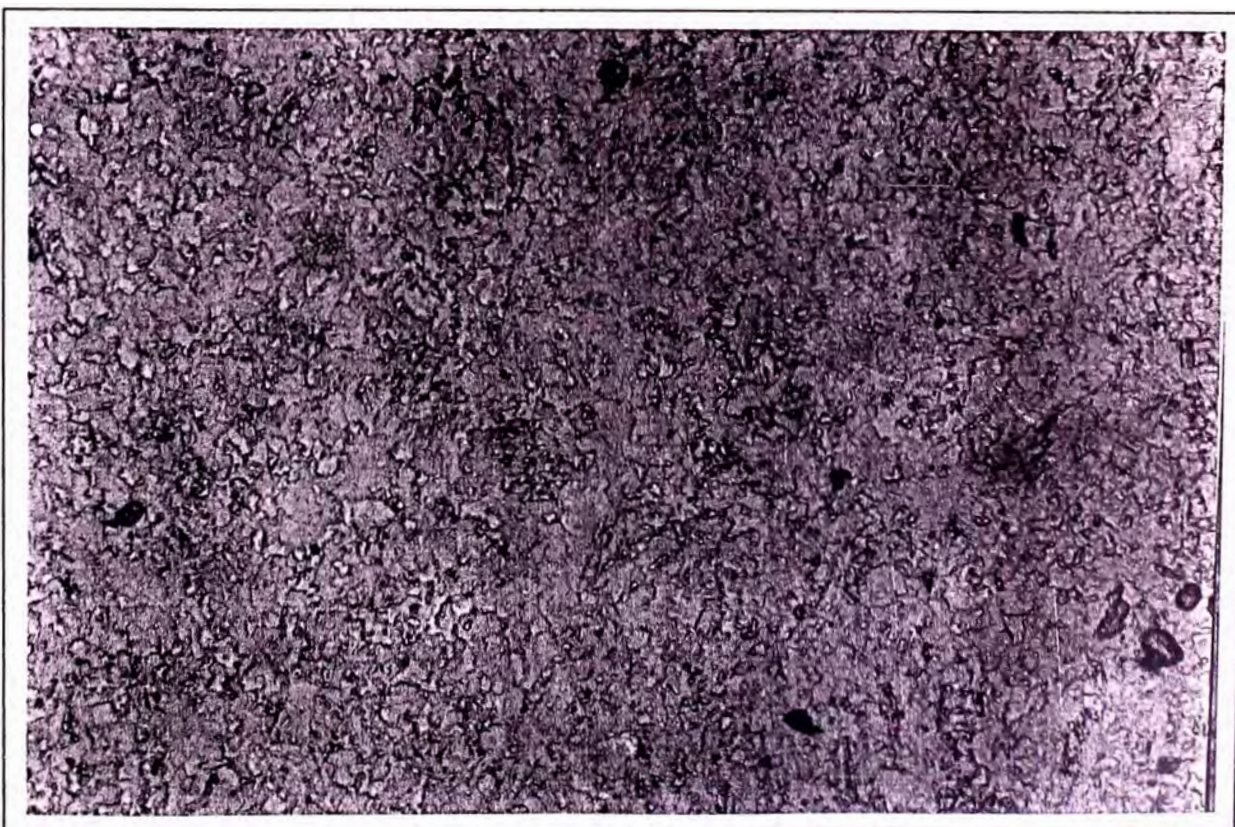
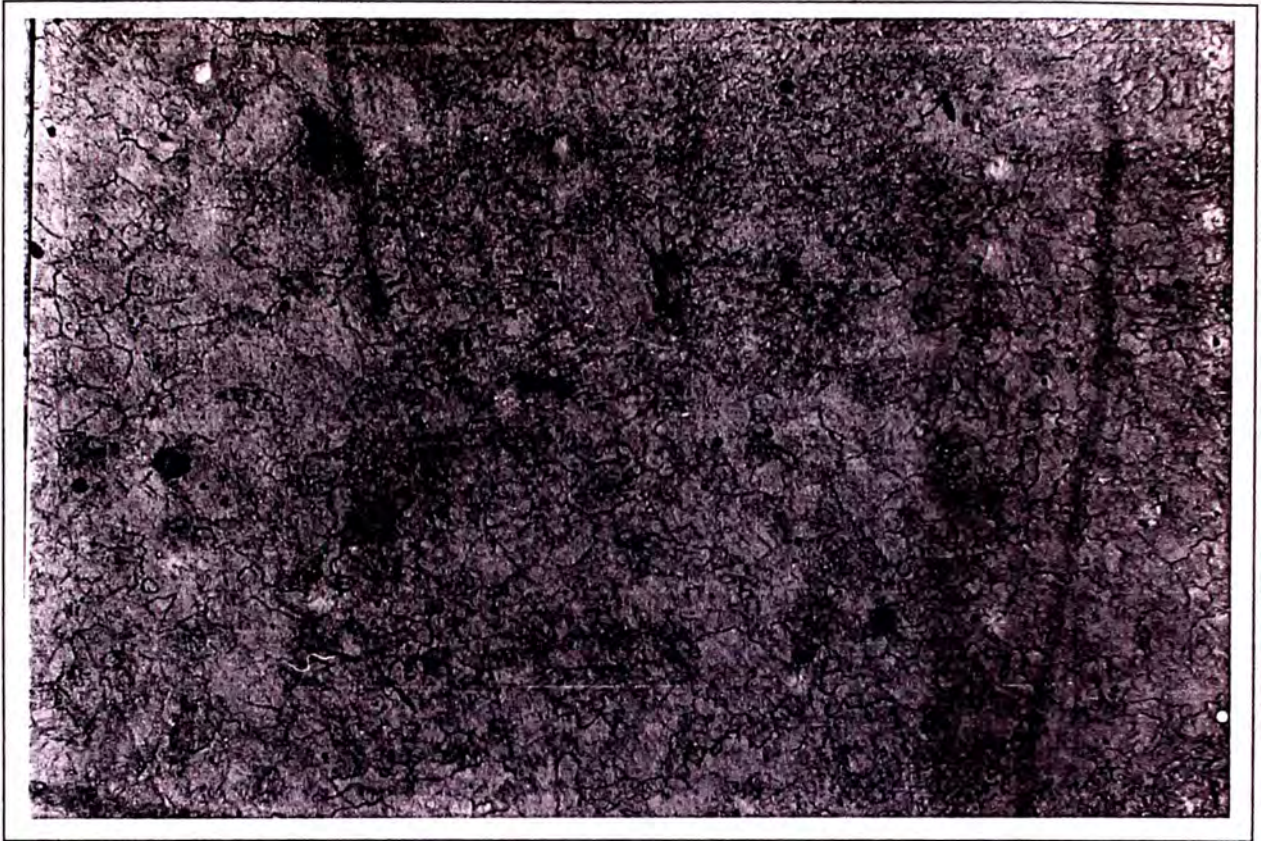
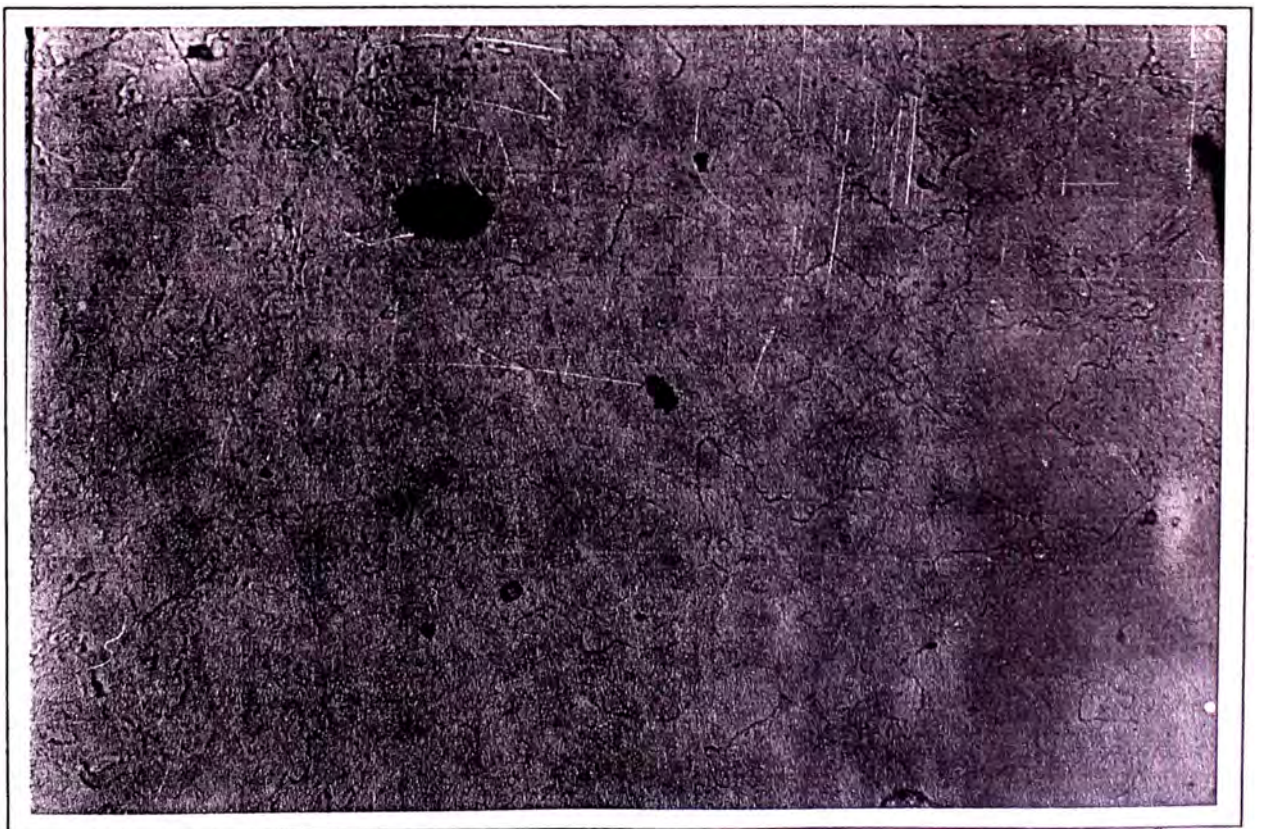


Foto 8: Replica N° 4 a 200X.





**Foto 9:** Replica Nº 5 a 100X (a).



**Foto 10:** Replica Nº 5 a 200X (a).

Handwritten signature or initials.



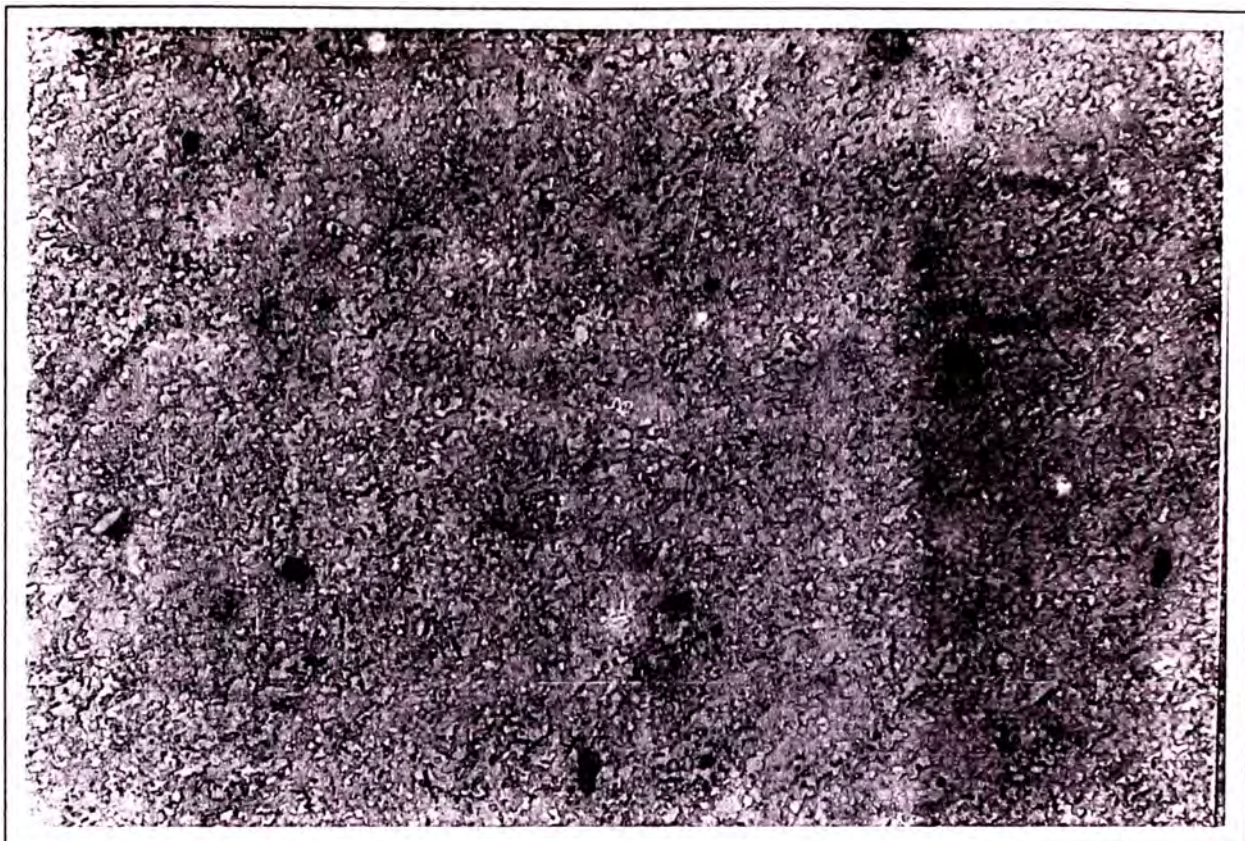


Foto 11: Replica N° 5 a 100X (b).

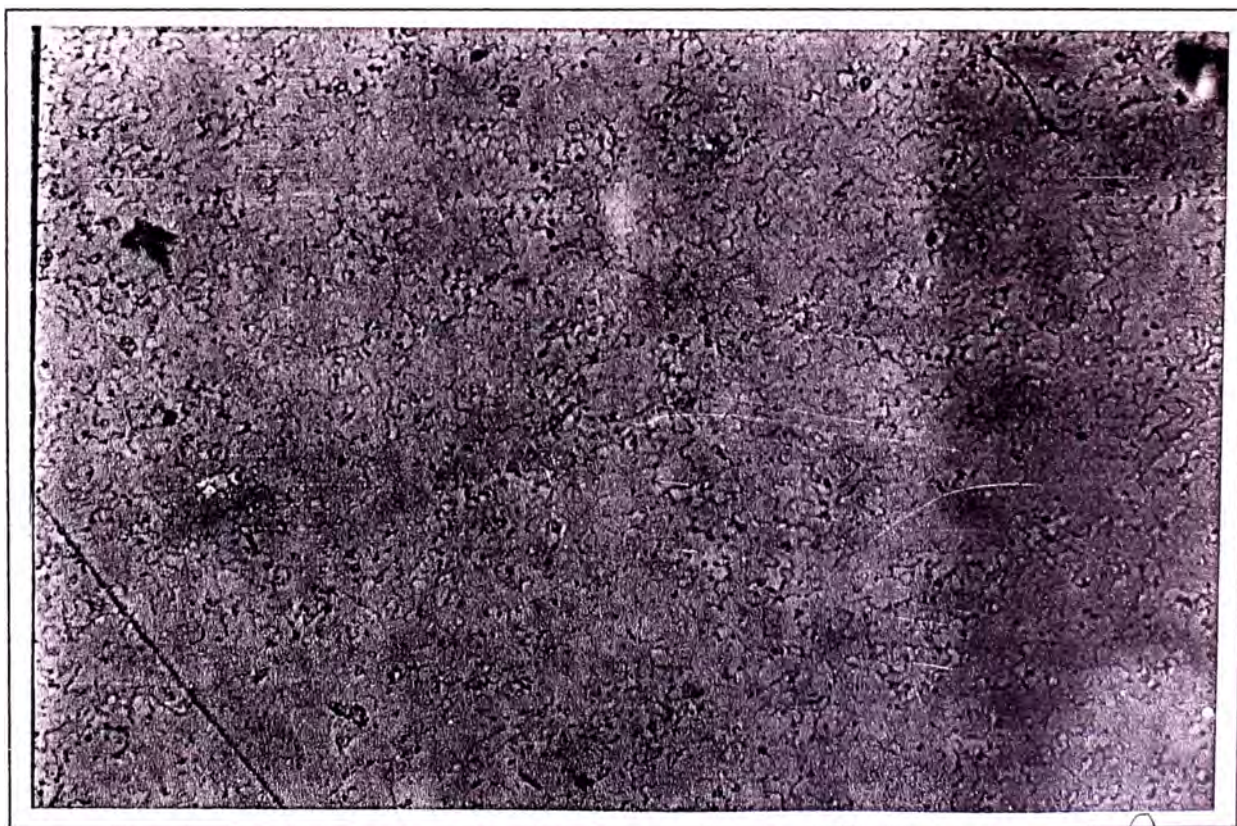


Foto 12: Replica N° 5 a 200X (b).

Handwritten signature or initials.