

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA

SECCIÓN DE POSGRADO



**RESTAURACIÓN DEL ÁREA DE DISPOSICIÓN FINAL DE  
LOS CORTES DE PERFORACIÓN DE LOS POZOS SAN  
MARTÍN 1001, 1002, 1003, 1004. LOTE 88 PROYECTO  
CAMISEA**

**TESIS**

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON  
MENCION EN:

**MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE**

PRESENTADO POR:

**JUAN CARLOS DE JESÚS BANCALLAN VERONA**

**LIMA – PERÚ**

**2010**

## **AGRADECIMIENTOS.**

Quiero expresar de manera muy especial, mi gratitud a los Ingenieros Guillermo Pérez Verastegui y José Vidalon Gálvez, asesores del presente trabajo Tesis, por sus sugerencias y sus aportes

A la empresa Energía y Medio Ambiente EIRL, en la persona de su Gerente General, el Ing. Nilo Gutiérrez Espínola, por haberme dado la oportunidad de participar en la supervisión ambiental, de todo el proceso de perforación llevado a cabo en las plataformas San Martín 1, y San Martín 3, del proyecto Camisea,

Al Ing. MSc. Antonio Yi Chung, al Ing. Carlos Adrianzen Panduro, al Ing Víctor Hugo Rengifo Rengifo, por su valiosa colaboración, y apoyo en la realización del presente trabajo.

A la Lic. Carmela Pampavilca Macavilca, por su invaluable ayuda en la estructuración fotográfica, evaluación semántica, y ortográfica de los textos.

Deseo también agradecer al Ing. Nil Alberto Bancallán Verona, por la asistencia constante en el afinamiento y sistematización de planos

*A mi esposa Carmín, a Pierina, a mi madre y hermanos, base para todo lo demás.*

**RESTAURACION DEL AREA DE DISPOSICIÓN FINAL DE LOS CORTES DE  
PERFORACIÓN DE LOS POZOS SAN MARTÍN 1001, 1002, 1003, 1004.  
LOTE 88 PROYECTO CAMISEA.**

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
<b>1 RESUMEN</b> .....	I
<b>ABSTRACT</b> .....	II
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	01
<b>3. OBJETIVO</b> .....	03
3.1 Objetivo general.....	03
3.2 Objetivo específico.....	03
<b>4. ANTECEDENTES</b> .....	04
4.1 La Reserva del gas de Camisea.....	04
4.2 El Proyecto Camisea.....	07
4.2.1 Instalaciones.....	10
4.2.2 Líneas de flujo.....	11
4.3 Importancia del Proyecto de Camisea.....	12
4.4 El ambiente y comunidades. ....	16
<b>5. REVISION BIBLIOGRAFICA</b> .....	19
5.1 El paisaje.....	19
5.1.1 Análisis del impacto sobre el paisaje.....	22
5.1.2 Enfoque histórico antropogénico en el análisis del paisaje.....	22
5.1.2.1 Regularidades de la modificación de los paisajes por actividades humanas.....	23
5.1.2.2 El coeficiente de transformación antropogénica.....	24
5.2. Climatología.....	27
5.2.1 Características generales.....	27
5.2.2. Información hidrometeorológica.....	27
5.2.3. Análisis de los elementos meteorológicos.....	30
A. Precipitación.....	30
B. Temperatura.....	30
C. Vientos.....	31
5.2.4. Tipos de clima.....	33
A. Zona las Malvinas planta de gas.....	33
B. Plataforma de los pozos y traza de líneas de conducción.....	33
5.3. Geomorfología.....	34
5.3.1 Unidades geomorfológicas.....	34
A. Unidades de colinas.....	34
B. Unidad valles.....	35
5.3.2. Procesos Geodinámicos.....	36
5.4. Geología regional y local.....	39
5.4.1. Estudios previos.....	41
5.4.2. Metodología de trabajo .....	41
5.4.3. Informes y fuentes de trabajo.....	42

5.4.4. Marco estratigráfico.....	43
A. Era paleozoica (pz).....	43
- Grupo Tarma.....	43
- Grupo Copacabana.....	43
- Formación río tambo.....	43
B. Era mesozoica.....	44
- Grupo oriente.....	44
- Formación chonta.....	44
- Formación Vivian.....	44
C. Era cenozoica.....	44
- Formación yahuarango.....	44
- Formación chambira.....	46
- Formación ipururo.....	46
D. Serie neógeno.....	46
- Formación ipururo (N-1).....	46
E. Depósitos cuaternarios.....	47
- Depósitos fluvio aluviales (Q-fl-al).....	47
- Depósitos fluviales (Q-fl).....	48
- Depósitos residuales (suelos).....	48
5.4.5. Vulnerabilidad.....	48
5.4.6. Control estructural del área del proyecto.....	50
5.4.7. Sismicidad.....	50
5.5 La perforación petrolera y el sistema de control de sólidos.....	51
5.5.1 Actividades de perforación en la industria petrolera.....	51
5.5.2 Residuos de perforación en San Martín 1.....	53
5.5.2.1 Cortes de perforación base agua.....	53
5.5.2.2 Desechos químicos.....	54
5.5.2.3 Cemento.....	54
5.5.2.4 Desechos metálicos.....	54
5.5.2.5 Otros residuos.....	55
5.5.3 Actividades de producción en la industria de petróleo y gas.....	55
5.5.4 Lodos de perforación.....	56
5.5.5 Sistema de control de sólidos en perforación.....	57
5.5.5.1 Línea conducción lodo y tanque de distribución a cribas....	57
5.5.5.2 Vibradores.....	57
5.5.5.3 Trampas de arena.....	58
5.5.5.4 Acondicionador de lodo.....	58
5.5.5.5 Centrifugas.....	58
5.5.5.6 Deshidratación, reutilización de lodo.....	59
5.5.5.7 Sistema de colección, tratamiento y disposición de cortes de perforación.....	59
5.6 Características del <u>Paspalum virgatum</u> "paja pichi".....	60
5.6.1 Tipos de suelos.....	61
5.6.2 Establecimiento.....	61
5.6.3 Riego.....	61
5.6.4 Fertilidad.....	61
5.6.5 Plagas.....	62
5.6.6 Enfermedades.....	62
5.6.7 Ventajas.....	62
5.7 Restauración del paisaje mediante el uso de vegetación.....	63
5.7.1 Influencia de los factores ambientales sobre la vegetación.....	64
5.7.2 Criterio general para la implantación de vegetación.....	65
5.7.3 Criterio de selección de la especie vegetal.....	65

5.8 Experiencias: uso <u>Paspalum virgatum</u> , “paja pichi” en restauraciones.....	65
5.8.1 Caso Camisea.....	65
5.8.2 Caso la florida, EE.UU.....	67
5.9 Descripción del área de disposición final de cortes de perforación en San Martín 1.....	68
5.9.1 Ubicación geográfica, área de disposición final.....	68
5.9.2 Flora de San Martín 1.....	69
5.9.3 Suelo de San Martín 1.....	69
5.9.4 Ecología.....	70
5.9.4.1 Bosque muy húmedo premontano tropical transicional bmh-pt	71
5.9.4.2 Bosque muy húmedo premontano tropical bmh-pt.....	72
5.9.4.3 Bosque pluvial premontano tropical bp-pt.....	73
5.9.4.4 Bosque pluvial – montano bajo tropical bp-MBT.....	73
5.9.5 Paisaje de San Martín 1.....	76
5.10 Análisis de cortes de perforación.....	76
5.10.1 Generación de cortes de perforación y su apilamiento.....	76
5.10.2 Pila de disposición de cortes de perforación.....	77
5.10.3 Análisis de contaminantes en los cortes de perforación.....	78
<b>6. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>80</b>
6.1 Materiales.....	80
6.2 Metodología de restauración del área de disposición final de cortes de Perforación.....	80
6.2.1 Análisis de cortes de perforación y evaluación del crecimiento de <u>Paspalum virgatum</u> .....	81
6.2.2 Conformación de taludes.....	82
6.2.3 Revegetación y control de erosiones.....	83
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>84</b>
7.1 Resultados de pruebas de ensayo realizadas a los cortes de perforación.....	84
7.2 Estándar aplicable a calidad de cortes de perforación a disponer.....	86
7.3 Resultados de las pruebas de <u>Paspalum virgatum</u> “paja pichi”.....	94
7.3.1 Primera unidad piloto.....	94
7.3.1.1 Primera lectura de datos.....	94
7.3.1.2 Segunda lectura de datos.....	95
7.3.2 Segunda unidad piloto.....	97
7.3.2.1 Primera lectura de datos.....	97
7.3.2.2 Segunda lectura de datos.....	97
7.4 Restauración del área de disposición de cortes de perforación.....	100
7.4.1 Etapas de la restauración.....	101
7.4.1.1 Conformación de taludes.....	101
7.4.1.2 Revegetación y control de erosión.....	107
7.4.2 Estimación porcentual de restauración del paisaje, San Martín 1.....	109
7.4.3 Estimación de costos de restauración.....	110
7.5 Estado actual del área de disposición final de los cortes de perforación.....	112
<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>115</b>
8.1 Conclusiones.....	115
8.2 Recomendaciones.....	116
<b>9. GLOSARIO.....</b>	<b>117</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>121</b>
<b>11. ANEXO.....</b>	<b>123</b>

## **Fotografías.**

<b>Fotografía No 1</b> Vista del campo San Martín 1 antes de las operaciones. ....	40
<b>Fotografía No 2</b> Colinas disectadas con alta pendiente. ....	45
<b>Fotografía No 3</b> Estructuras típicas en la fase de producción de pozo. ....	56
<b>Fotografía No 4</b> Estación de ensacado y pila de disposición. ....	60
<b>Fotografía No 5</b> <b><u>Paspalum virgatum</u></b> “paja pichi”. ....	63
<b>Fotografía No 6</b> <b><u>Paspalum virgatum</u></b> recién sembrados en la línea de conducción. ...	66
<b>Fotografía No 7</b> <b><u>Paspalum virgatum</u></b> saludable en la línea de conducción.....	67
<b>Fotografía No 8</b> Ubicación de la pila de disposición de cortes de perforación. ....	68
<b>Fotografía No 9</b> Vista frontal de la pila de disposición final de cortes de perforación en San Martín 1, Lt. 88. ....	79
<b>Fotografía No 10</b> Vistas de las plantaciones de <b><u>Paspalum virgatum</u></b> “paja pichi” a nivel piloto...	99
<b>Fotografía No 11</b> Vista del <b><u>Paspalum virgatum</u></b> luego del lapso de crecimiento. ....	100
<b><u>Fotografía Nº 12:</u></b> Pila estabilizada con banquetas formadas con sacos de recortes. ....	112
<b><u>Fotografía Nº 13:</u></b> Desarrollo del <b><u>Paspalum Virgatum</u></b> en la pila de disposición de cortes de perforación.....	113
<b><u>Fotografía Nº 14:</u></b> Vista panorámica del crecimiento del <b><u>Paspalum</u></b> .....	114

## **Figuras**

<b>Figura Nº 1</b>	Yacimiento de Camisea. ....	07
<b>Figura Nº 2</b>	Extracción – Transporte – Distribución. ....	09
<b>Figura Nº 3</b>	Localidades y línea de flujo. ....	10
<b>Figura Nº 4</b>	Distancias entre localidades. ....	11
<b>Figura Nº 5</b>	Evolución de valores de pH, comparación con el estándar de Louisiana. ....	88
<b>Figura Nº 6</b>	Evolución de valores de Ar, comparación con el estándar de Louisiana... ..	89
<b>Figura Nº 7</b>	Evolución de los valores de Ba, comparación con el estándar de Louisiana. ....	90
<b>Figura Nº 8</b>	Evolución de valores de Cd, comparación con el estándar de Louisiana. ....	90
<b>Figura Nº 9</b>	Evolución de valores de Cr, comparación con el estándar de Louisiana.... ..	91
<b>Figura Nº 10</b>	Evolución de valores de Pb, comparación con el estándar de Louisiana... ..	92
<b>Figura Nº 11</b>	Evolución de valores de Hg, comparación con el estándar, Louisiana.....	92
<b>Figura Nº 12</b>	Evolución de valores de plata, comparación con el estándar de Louisiana.. ..	92
<b>Figura Nº 13</b>	Evolución de valores de Zn, comparación con el estándar de Louisiana.....	93
<b>Figura Nº 14</b>	Dimensiones de la pila de cortes de perforación. ....	102
<b>Figura Nº 15</b>	Cortes transversales de la pila de cortes de perforación.....	103
<b>Figura Nº 16</b>	Perfiles transversales. ....	104
<b>Figura Nº 17</b>	Vistas de los perfiles transversales modificados. ....	105



## **Tablas**

<b>Tabla Nº 1</b>	Fases del Proyecto Camisea. ....	09
<b>Tabla Nº 2</b>	Relación de estaciones hidrometeorológica – Lote 88 Proyecto Camisea. ....	29
<b>Tabla Nº 3</b>	Estaciones hidrológicas. ....	29
<b>Tabla Nº 4</b>	Información meteorológica. ....	32
<b>Tabla Nº 5</b>	Influencia del ángulo del talud sobre la erosión y revegetación. ..	37
<b>Tabla Nº 6</b>	Procesos geodinámicos. ....	39
<b>Tabla Nº 7</b>	Formaciones de rocas versus su grado de vulnerabilidad. ....	49
<b>Tabla Nº 8</b>	Correlación entre las infraestructuras correspondientes al proyecto y las unidades geológicas identificadas. ....	49
<b>Tabla Nº 9</b>	Regionalización sistema tectónico. ....	51
<b>Tabla Nº 10</b>	Características bioclimáticas de la zona de vida Lote 88. ....	75
<b>Tabla Nº 11</b>	Resumen de generación de cortes de perforación en San Martín 1 .....	77
<b>Tabla Nº 12</b>	Resultados de análisis en los cortes de perforación pozo SM 1001 .....	84
<b>Tabla Nº 13</b>	Resultados de análisis en los cortes de perforación pozo SM 1004 .....	85
<b>Tabla Nº 14</b>	Resultados de análisis en los cortes de perforación pozo SM 1002. ....	85
<b>Tabla Nº 15</b>	Resultados de análisis en los cortes de perforación pozo SM1003 .....	86
<b>Tabla Nº 16</b>	Estándar de calidad de Louisiana – Sólidos de perforación a disponer....	87
<b>Tabla Nº 17</b>	Medición de altura de <u>Paspalum virgatum</u> - primera y segunda lectura de la primera unidad piloto. ....	96
<b>Tabla No 18</b>	Medición de altura de <u>Paspalum virgatum</u> - Primera y segunda lectura de la segunda unidad piloto. ....	98
<b>Tabla Nº 19</b>	Resumen de áreas, distancias y cálculo de volúmenes a remover. ....	107
<b>Tabla Nº 20</b>	Cálculo de áreas y volúmenes revegetados. ....	108
<b>Tabla Nº 21</b>	Cálculo del coeficiente de transformación antropogénica. ....	109
<b>Tabla Nº 22</b>	Estimación de costos de restauración. ....	111

## **Mapas**

<b>Mapa N° 1</b>	Fisiográfico. ....	123
<b>Mapa N° 2</b>	Geomorfología. ....	124
<b>Mapa N° 3</b>	Pendientes.....	125
<b>Mapa N° 4</b>	Geología. ....	126
<b>Mapa N° 5</b>	Unidades de vegetación. ....	127
<b>Mapa N° 6</b>	Ubicación lote 88 – Camisea. ....	128
<b>Mapa N° 7</b>	Sensibilidad de flora. ....	129
<b>Mapa N° 8</b>	Tipo de suelo. ....	130
<b>Mapa N° 9</b>	Sensibilidad del suelo. ....	131
<b>Mapa N° 10</b>	Tipos de bosques. ....	132
<b>Mapa N° 11</b>	Áreas de uso de comunidades aborígenes.....	133
<b>Mapa N° 12</b>	Áreas naturales. ....	134

## 1. RESUMEN.

La restauración del área de disposición final de cortes de perforación del Proyecto Gasífero de Camisea implica el desarrollo de 3 actividades secuenciales. La primera, el análisis de los resultados de pruebas de ensayo a las muestras de cortes de perforación y la evaluación del *Paspalum virgatum*. La segunda, implica el movimiento de material para conformación de taludes adecuados, y la tercera, corresponde a la cubierta vegetal con “paja pichi” y a la construcción de estructuras de control de erosión.

Los cortes de perforación son los restos triturados de las distintas formaciones litológicas que han sido obtenidas en lo profundo del pozo. Generalmente, son pequeños (entre el rango de 5µm a 30 µm) y están compuestos por arcilla, areniscas, esquistos, carbonatos, haluros, etc., estos se disponían en sacos acumulándose en una pila, la misma que fue creciendo en dimensiones progresivamente, conforme se avanzó los trabajos de perforación de los pozos SM1001, SM1004, SM1002, SM1003 (en orden cronológico de perforación).

La pila se ubica al suroeste de la plataforma de perforación, dentro del área total de la locación San Martín 1. Se han acumulado en total 590,055 sacos. Las dimensiones de la pila son, aproximadamente, 90m de largo, 13m de ancho y 9m de altura, con un volumen seco aproximado de 9853 m<sup>3</sup>. El peso aproximado de la pila es 8850 TM (15 Kg. por saco seco), el trabajo de apilamiento se llevó a cabo durante las 24 horas del día en tres turnos, el tiempo por pozo, en promedio, fue de 2.0 a 2.5 meses, se llevó a cabo la toma de muestras a la salida de las cribas. Las muestras corresponden a 500 metros perforados por pozo.

El análisis de los cortes de perforación se llevó a cabo considerando los siguientes parámetros: pH a 20°C, arsénico (mg/Kg); plata (mg/Kg); bario (mg/Kg.); boro (mg/Kg.), cadmio (mg/Kg.); cromo (mg/Kg.), mercurio (mg/Kg.), plomo (mg/Kg.); zinc (mg/Kg.);

hierro (mg/Kg.); manganeso (mg/Kg.), potasio (mg/Kg.), sodio (mg/Kg.), aceites y grasas (mg/Kg.), sulfatos (mg  $\text{SO}_4^-$ /Kg.); cloruros (mg Cl/Kg.); nitrógeno amoniacal (mg.NNH<sub>3</sub>/Kg.); nitratos (mg  $\text{NO}_3^-$ /Kg.); nitritos (mg  $\text{NO}_2^-$ /Kg.). Los resultados de los análisis de los cortes de perforación fueron comparados con el estándar para sólidos de perforación a disponer del estado de Louisiana en Estados Unidos.

La pila de disposición final de cortes de perforación presenta pendientes de 90° grados, lo que imposibilita la restauración por cobertura vegetal. Es necesario el movimiento de material de corte y la conformación de taludes que den estabilidad al material y al pasto a sembrar, la revegetación se lleva a cabo inmediatamente después de la conformación de los taludes. Se agrega una capa delgada de suelo fértil de 10 a 15 cm. de espesor, para favorecer el prendimiento del pasto.

La especie a utilizar en el proceso de restauración es el Paspalum virgatum nombrada comúnmente “paja pichi” entre los habitantes de Camisea; es una planta rizomatosa perenne, de raíces profundas, que alcanza una altura de 60cm o más

El uso de Paspalum virgatum responde al principio de restauración con especies vegetales nativas y que presenten dos características importantes: la primera, que sea una especie resistente a condiciones ambientales adversas y la segunda, que sea una especie vegetal que no presente crecimiento mayor al 1,6 metros para que no represente un riesgo a las estructuras de producción de los pozos gasíferos.

Para que la restauración llegue a un buen fin, depende, en gran medida, de la especie elegida para realizarla. Para ello tendremos que considerar un conjunto de factores abióticos y bióticos que influirán en la supervivencia de la especie elegida. En función de estos factores aplicaremos una serie de criterios de selección, por decir, aspectos macro climáticos de la zona a restaurar y los usos futuros de la misma.

Finalmente los resultados de los elementos contaminantes muestran que, a excepción del pH, ningún otro excede el valor del límite máximo permisible (LMP); la concentración de arsénico en el pozo 1004 (2500 m. profundidad) y el pozo 1002 (500 m. profundidad) muestra un valor pico de 62 mg/Kg. anómalo al comportamiento promedio de concentración, que resulta menor a 2 mg/Kg. El valor límite de Louisiana (USA) para este elemento es de 10 mg/Kg.

El comportamiento histórico del bario, muestra valores por debajo del límite referencial de 20000 mg/Kg. Así mismo, todas las concentraciones de elementos se ubican muy por debajo del estándar referencial para disposición de cortes de perforación.

Se observó que históricamente la concentración de los elementos se incrementa abruptamente en las muestras correspondientes a los 2500 metros de profundidad en el pozo SM1001; pero aún no sobrepasa el límite de Louisiana. Esto se debe principalmente a maniobras de control de las características físico químicas del lodo.

En conclusión, los elementos analizados no representan peligro al desarrollo de la restauración de la pila de disposición; por no sobrepasar los límites máximos permisibles de la referencia.

El valor de pH puede variar, con tendencia a la disminución, debido a la presencia de precipitaciones. Debido, principalmente, al arrastre de iones con el flujo descendente del agua proveniente de lluvias abundantes en los meses de verano.

Respecto a los resultados de la siembra de las unidades piloto para evaluar el crecimiento del *Paspalum virgatum* "paja pichi" sobre los cortes de perforación. Se tomó medidas de altura de plantas y de raíces antes de la siembra y después de un lapso de crecimiento. La restauración del área de disposición final de cortes de perforación se sustenta en los resultados de las pruebas de ensayo realizadas a los cortes cada 500 metros perforados que indican que no representan un riesgo ambiental y en la experiencia del uso de *Paspalum virgatum* "paja pichi" en la restauración de suelos degradados y estabilidad de taludes (control de erosión).

El costo para llevar a cabo la restauración de la pila de cortes de perforación de la plataforma San Martín 1, asciende a US\$. 3 869,80 por la totalidad de la restauración. Es importante recalcar que los costos de restauración consideran costos de maquinarias establecidas en la plataforma de perforación con anterioridad; de lo contrario el costo se incrementaría por el movimiento de maquinaria y personal por vía aérea.

## **ABSTRACT**

The Camisea Natural Gas Reserve was discovered between 1984 and 1987. It is located in the province of Cuzco, Peru. It is composed of the San Martin and Cashiriari fields. The exploitation of the Camisea reserve was awarded through a public bidding process to several companies or consortiums, The Upstream Project, that is, the development of the Camisea fields, was awarded as a 40-year license to the Upstream Consortium led by Pluspetrol Peru Corporation S.A. as the operator. Other member companies of the Upstream Consortium are Hunt Oil Company of Peru L.L.C., SK Corporation and Tecpetrol del Peru S.A.C.

The purpose of this project is to stabilize and restore the area of arrangement final the drill cuttings waste originated at the San Martin 1 location of Block 88, Camisea, and Perú. Pluspetrol Peru Corporation S.A., the company in charge of the exploitation of the Camisea gas reserve in Peru, generates significant quantities of drill cuttings, which are one of the several wastes generated when performing drilling operations. Other drilling wastes include drilling fluid, wastewater, domestic wastes, and so on

“Drill cuttings are solid particles that are separated from drilling fluid, and principally consist of rock particles generated while drilling through subsurface formations”, In the case of the drill cuttings generated at the San Martin 1 location., these drill cuttings contain significant levels of trace metals and a very basic pH, The drill cuttings are separated from the drilling fluid by the use of several pieces of separation equipment, in order to recover the drilling fluid, which is re-circulated into the well. Currently, drilling operations are being carried out at the “San Martin 1” platform only.

The aim of this project is to evaluate the technique of the restore the area of arrangement final, the drill cuttings waste using *Paspalum virgatum*, (“paja pichi”) following the to characterise the drill cuttings waste to enable determination of the potential environmental impacts and legal liabilities the waste may generate, and compare them against the required standards imposed by the Louisiana state in the United state, to identify the potential impacts on the environment that the drill cuttings may cause,

## 2. INTRODUCCIÓN.

El Proyecto Gasífero de Camisea está conformado por dos estructuras de gas y condensado, localizadas en las inmediaciones del río Camisea, a unos 20 Km. de la margen derecha del río Urubamba. En 1984 se efectúa el primer descubrimiento en la estructura de San Martín, dos años más tarde se realiza el segundo descubrimiento en el anticlinal de Cachiriari, pero fue en 1999 el año, en que se inician los procesos licitatorios del proyecto, concluyendo el 16 de febrero del 2000 con la adjudicación del primer módulo, que constituye la explotación del yacimiento (Lote 88), comprendiendo el desarrollo y puesta en producción de las reservas de gas y líquidos, y el fraccionamiento de estos últimos en la costa peruana, al consorcio integrado por Pluspetrol Perú Corporación S.A., como operador, Hunt Oil Company of Perú L.L.C., sucursal del Perú y SK Corporación, sucursal Peruana. Posteriormente se incorpora Hidrocarburos Andinos S. A., el contrato es suscrito el 09 de diciembre del 2000.

Pluspetrol inicia las actividades de perforación en el año 2002 con el movimiento de tierra y construcción de la plataforma San Martín 1, en esta locación se perforaron cuatro pozos de desarrollo gasífero dirigido (San Martín 1001, 1002, 1003, 1004), adicionalmente se realizó el acondicionamiento del pozo exploratorio San Martín 1001X, en un periodo de 14 meses.

El mayor residuo generado como producto de las actividades de perforación de los cuatro pozos fueron los cortes, los mismos que fueron dispuestos en bolsas de yute biodegradable, al suroeste de la plataforma, alcanzando los 9,800 m<sup>3</sup> aprox.

La disposición de los cortes, altera el paisaje natural del área, además de constituirse en un elemento interferente, en la siguiente etapa de producción de pozo, por tanto, uno de los objetivos de la tesis es restaurar el área de disposición final de los cortes de

perforación, minimizando el impacto sobre el paisaje y reduciendo la posibilidad de interferencia en las labores próximas de producción.

El Método de restauración seleccionado es el de cobertura vegetal, utilizando una especie nativa. La especie nativa seleccionada es el pasto *Paspalum* sp “paja pichi” siendo seleccionado por sus características de adaptabilidad a condiciones ambientales adversas y por los resultados satisfactorios que se alcanzaron con la plantación de *Paspalum virgatum* en tareas de control de erosión y estabilidad de taludes en sub proyectos del lote 88.

Es muy importante para la viabilidad de la restauración por cobertura vegetal, la determinación de la caracterización físico química de los cortes de perforación, lo que permitirá comparar el grado de concentración de los elementos químicos contenidos en el corte, con los estándares de calidad para la disposición de cortes de perforación de los Estados Unidos. Se realizaron análisis físico químicos de los cortes cada 500 m. de estrato perforado y los resultados mostraron que la concentración de los elementos contaminantes no representa un peligro para la viabilidad de la restauración ni para el ambiente. Todos los parámetros se ubicaron muy por debajo de los estándares comparativamente.

Es necesario hacer notar el crecimiento del pasto sobre los cortes de perforación durante la conformación de la ruma de sacos, por lo que se implementaron dos unidades piloto de sembrado del *Paspalum virgatum* (paja pichi). Cada una con 27 plántones y sembradas en época lluviosa y de sequía respectivamente, los resultados obtenidos en las unidades piloto fueron más que satisfactorias, ya que las plantas alcanzaron alturas superiores a las registradas en la literatura técnica (80 cm.).

El Inicio de la restauración implica primero, estabilizar parcialmente el suelo por lo que se procedió a la conformación de taludes en la pila de disposición final (se conformaron taludes de 1:1.5). Haciendo uso de maquinaria pesada, se construyeron trincheras (barreras de contención) y canales de coronación, con el objeto de evitar la erosión pluvial. Posteriormente se procedió al sembrado del pasto.

Finalmente se alcanzaron los objetivos planteados con el desarrollo de una metodología efectiva, y los estándares existentes para la disposición de cortes de perforación.



### **3. OBJETIVO.**

#### **3.1 Objetivo general.**

- ◆ Restaurar el área de disposición final de los cortes de perforación de la locación San Martín 1, con una especie nativa Paspalum virgatum “paja pichi”

#### **3.2 Objetivos específicos.**

- ◆ Caracterizar los cortes de perforación, lo que permitirá determinar las consecuencias potenciales para el ambiente y las responsabilidades legales que este residuo puede generar.
- ◆ Evaluar el crecimiento del Paspalum virgatum, sobre los cortes de perforación.

#### **4. ANTECEDENTES.**

Este capítulo discute los aspectos relevantes de los antecedentes del proyecto de Camisea, el trabajo realizado, las actividades en curso previstas y las políticas y los principios de trabajo. El objetivo de presentar esta información es consignar elementos relevantes para el análisis adicional.

##### **4.1 La reserva del gas natural de Camisea.**

La reserva del gas natural de Camisea fue descubierta entre 1983 y 1987, como resultado de la perforación de 5 pozos exploratorios realizados por la Cia. SHELL, en marzo de 1988, se firma un acuerdo de bases para su explotación entre Shell y Petroperú. En agosto del mismo año se da por concluida la negociación sin llegarse a un acuerdo. Posteriormente, en 1994 nuevamente la Cia. Shell firma un convenio para la evaluación y desarrollo del yacimiento Camisea con Perúpetro. En 1995 Shell entrega el estudio de factibilidad y solicita el inicio de la negociación de un contrato de explotación del yacimiento luego en Mayo de 1996 se completo la negociación y se suscribió el contrato entre el consorcio Shell/móvil y Perúpetro (julio de 1998). El consorcio comunica su decisión de no continuar con el segundo periodo del contrato, por consiguiente éste queda resuelto.

Finalmente en febrero del 2000, mediante una licitación pública internacional, el gobierno peruano adjudicó la licencia para la explotación de los hidrocarburos de Camisea al consorcio liderado por Pluspetrol Perú Corporación S.A., con la participación de Hunt Oil Company of Perú L.L.C., SK Corporation y Tecpetrol del Perú S.A.C. (100% propiedad del Grupo Techint.) La licencia fue adjudicada basándose en la oferta más alta de regalías presentada por los postores. El Proyecto de explotación consiste en una licencia por 40 años.

El Proyecto de Camisea está situado en la provincia de Cuzco, Perú y esta formada por los yacimientos San Martín y Cashiriari, conjuntamente son conocidos como Bloque 88. Camisea alberga una de las más importantes reservas de gas natural no asociado en América latina. El volumen de gas in situ probado es de 8.7 trillones de pies cúbicos (TPC) con un estimado de recuperación final de 6.8 TPC de gas natural (factor de recuperación: 78 %) y 411 millones de barriles de líquidos de gas natural asociados (propano, butano y condensados).

El potencial del Bloque 88 está estimado en 11 TPC de gas natural, alrededor 311,5 millares de metros cúbicos (el volumen de gas in situ probado más probable). El estimado de recuperación final considerando los volúmenes probados más probables es 8.24 TPC de gas y 482 millones de barriles de líquidos de gas natural. Las reservas de Camisea son diez veces más grandes que cualquier otra reserva de gas natural en el Perú (Corporación Pluspetrol 2005). Anexo: mapa N° 1, fisiográfico (EIA, Bloque 88, ERM).

Los antecedentes de la reserva natural, detallados a continuación:

- **Julio 1,981:** Se suscribió Contrato de Operaciones Petrolíferas por los Lotes 38 y 42 con la Cia. SHELL.
- **1,983 - 1,987:** Como resultado de la perforación de 5 pozos exploratorios, la Cia. SHELL descubre los Yacimientos de Gas de Camisea.
- **Marzo 1,988:** Se firma Acuerdo de Bases para la explotación de Camisea entre SHELL y PETROPERU.
- **Agosto 1,988:** Se da por concluida la negociación de un Contrato con la Cia. SHELL , sin llegarse a un acuerdo.
- **Marzo 1,994:** Se firma Convenio para Evaluación y Desarrollo de los Yacimientos de Camisea entre SHELL y PERUPETRO.
- **Mayo 1,995:** La Cia. SHELL entrega Estudio de Factibilidad y solicita a PERUPETRO el inicio de la negociación de un Contrato de Explotación de los Yacimientos de Camisea.

- **Mayo 1996:** Se completó negociación y se suscribió el Contrato de Explotación de los Yacimientos de Camisea entre el consorcio SHELL/MOBIL y PERUPETRO.
- **Julio 1,1998:** El consorcio Shell/Mobil comunica su decisión de no continuar con el Segundo Periodo del Contrato, por consiguiente el Contrato queda resuelto.
- **Mayo 1999:** La Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI) acuerda llevar adelante un proceso de promoción para desarrollar el Proyecto Camisea mediante un esquema segmentado, que comprende módulos independientes de negocios.
- **Mayo 1999:** El 31 de mayo de 1999, el Comité Especial del Proyecto Camisea (CECAM) convocó a Concurso Público Internacional para otorgar el Contrato de Licencia para la Explotación de Camisea, y las Concesiones de Transporte de Líquidos y de Gas desde Camisea hasta la costa y de Distribución de Gas en Lima y Callao.
- **Diciembre 2000:** Se suscriben los Contratos para el desarrollo del Proyecto Camisea con los consorcios adjudicatarios de los Concursos llevados a cabo por el CECAM

La exploración realizada por la empresa SHELL en un Lote de 2 millones de hectáreas, en la parte sur de la Cuenca Ucayali, durante el período 1981 - 1987, mediante la ejecución de 3,000 kilómetros de líneas sísmicas y la perforación de 5 pozos exploratorios, permitió que en el área de Camisea se descubrieran dos yacimientos de Gas Natural no asociado, los cuales se denominaron San Martín y Cashiriari.

Los mencionados yacimientos se encuentran ubicados en una región de selva tropical conocida como Bajo Urubamba y forman parte del distrito de Echarate, provincia de La Convención, departamento de Cusco.

Durante una segunda campaña exploratoria realizada por el consorcio Shell/Mobil, en 1996-1998, se perforan 3 pozos de evaluación y se realizan los estudios necesarios para desarrollar un proyecto de explotación y comercialización del Gas de Camisea.

**Figura No 1 Yacimiento de Camisea**



#### **4.2 El Proyecto Camisea.**

El Proyecto Camisea consiste en la explotación de las reservas, la construcción y operación de dos ductos, un gasoducto para gas natural y un poliducto para líquidos de gas natural y la red de distribución para gas natural en Lima y Callao. El gas natural será transportado a Lima, el principal centro de consumo, donde podrá ser utilizado para fines residenciales e industriales. Los líquidos permitirán abastecer al mercado local de GLP y también constituirá una importante fuente de ingreso de divisas (Corporación Pluspetrol 2005).

Los yacimientos de Gas de Camisea están conformados por dos campos, San Martín y Cashiriari. Estos campos están ubicados aproximadamente a 500 kilómetros al este de la ciudad de Lima, en la selva amazónica.

El campo San Martín fue descubierto en 1984 con la perforación del pozo San Martín 1. El pozo Cashiriari 1 descubrió el campo Cashiriari en el año 1986.

Regionalmente, estos campos se encuentran en una faja sub andina plegada con sobre escurrimiento de la cuenca Ucayali. Los reservorios de la cuenca son secuencias clásticas de la edad Cretácica y Permiana. Los horizontes productivos de edad Permiana son la formación Ene, los miembros inferiores y superiores Noi de la formación Ene, y la formación Nia Kaatsirinkari (Nia inferior). Por sobre una discordancia regional, yacen la formación Nia superior, de edad Cretácica, y las formaciones del Cretácico superior: Chonta y Vivian. Esta última es probablemente el reservorio más importante de las cuencas sub andinas del Perú.

Los campos Cashiriari y San Martín son anticlinales con rumbo este-oeste. La estructura Cashiriari tiene dimensiones de 30 por 5 kilómetros. El anticlinal es delimitado en el norte por la falla de sobre escurrimiento Cashiriari. Una combinación de relieve estructural y fallas sellantes producen el cierre. El anticlinal San Martín tiene dimensiones de 10 por 4 kilómetros. El cierre en los flancos este, oeste y sur está basado en el relieve estructural, mientras que el cierre en el flanco norte está provisto por una falla de sobre escurrimiento.

Los reservorios del área de Camisea son del tipo de Gas-Condensado Retrógrado, soportados por impulsión de agua de cuyo acuífero no se conoce la extensión. Adicionalmente los reservorios presentan comportamiento de doble porosidad y permeabilidad debido a la presencia de fracturas naturales.

Durante la explotación de los campos será conveniente mantener la presión del reservorio a través de operaciones de reciclaje de gas seco para minimizar la condensación retrógrada de los líquidos dentro del reservorio y así maximizar la recuperación final de los líquidos del gas.

**Tabla Nº 1 Fases del Proyecto Camisea**

EXTRACCION	TRANSPORTE	DISTRIBUCIÓN.
Campos de gas en Camisea	Gasoducto: Camisea – Ciudad de Lima.	Red distribución de gas en Lima y Callao
Procesamiento de gas en Camisea	Ducto líquidos: Camisea - Costa	
Fraccionamiento de líquidos en la costa		

**Figura Nº 2 Extracción – Transporte – Distribución.**

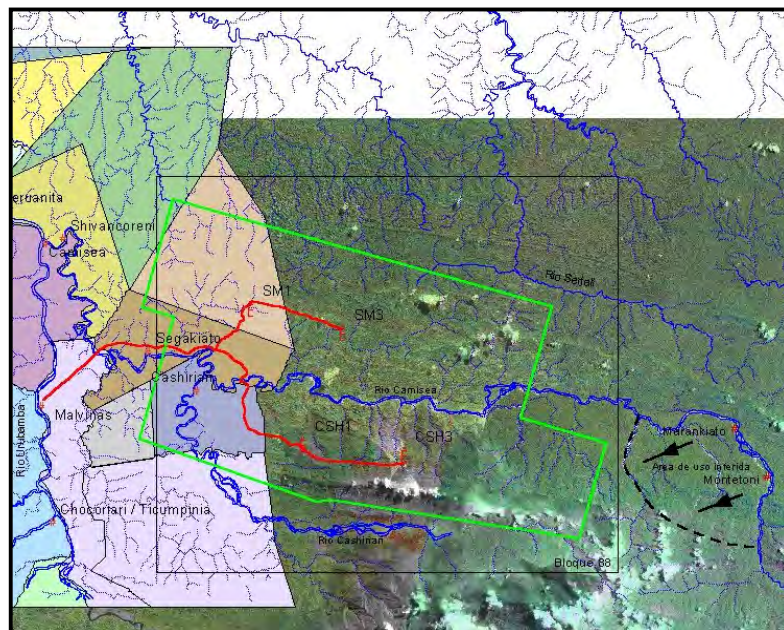


#### 4.2.1 Instalaciones.

El módulo correspondiente al consorcio liderado por Pluspetrol estableció las siguientes actividades:

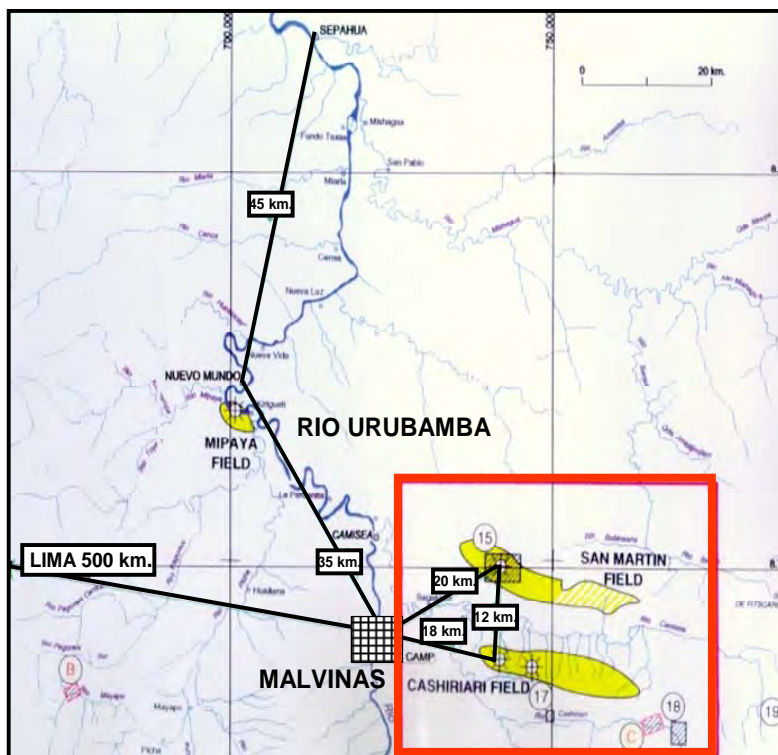
- 1) Relevamiento sísmico 3D área de aproximadamente 1200 km<sup>2</sup>.
- 2) La producción de gas natural, lo que implicó la perforación de cuatro pozos, el mantenimiento y rehabilitación de dos pozos ya existentes, en los campos de San Martín 1
- 3) Tendido y operación de las líneas de conducción desde las plataformas de perforación hasta la planta de gas en Malvinas
- 4) Construcción de la planta separadora (separación líquido del gas).

**Figura: No 3 Localidades y línea de flujo:**





**Figura: No 4 Distancias entre los campos.**



#### **4.2.2 Líneas de flujo.**

El Proyecto Camisea consta de un sistema de conducción formado por dos ductos, un gasoducto (diámetro exterior 16 pulg.), de 714 Km. de largo para gas natural y un poliducto para líquidos (diámetro exterior 4.5 pulg.), de 540 Km. de largo.

Estas líneas de flujo transportan, la producción de los campos San Martin 1 y San Martin 2, hacia la planta de licuefacción Malvinas, la longitud de la línea de flujo entre el campo San Martín 1 y la planta Malvinas es de 26 km. (Corporación Camisea 2005). La misma que se muestra en la figura N° 4.

### **4.3 Importancia del Proyecto de Camisea.**

El desarrollo del Proyecto Camisea constituye un componente fundamental de la estrategia peruana en el campo de la energía. Al representar una fuente de energía confiable y a bajo costo, Camisea proporcionará importantes beneficios directos a los usuarios finales de electricidad y mejorará la competitividad de la industria peruana, aumentando el estándar de vida. Además, el quemado de gas natural en lugar de otros combustibles fósiles como el diesel oíl, fuel oíl y carbón generarán beneficios ambientales mejorando la calidad de aire a través de menores emisiones de gases con efecto invernadero.

Camisea también ayudará a reducir el actual déficit en la balanza comercial de hidrocarburos en el Perú sustituyendo importaciones, principalmente de diesel y GLP, y favoreciendo las exportaciones (excedentes de GLP, nafta).

Desde el descubrimiento de los yacimientos de gas natural de Camisea en los años ochenta, se han venido estudiando diferentes opciones para su desarrollo verificándose finalmente la viabilidad técnico/económica de un proyecto inicial de explotación de Gas Natural considerando el transporte del gas seco y de los líquidos del Gas Natural a la Costa Central del Perú para suministro de combustibles al mercado interno.

La exportación del Gas Natural de Camisea aparece también como una de las opciones factible de llevarse a cabo pero que requiere de mayores estudios y del tiempo necesario para su maduración.

Teniendo en cuenta que la ejecución del mencionado proyecto para suministro de combustibles al mercado interno requerirá de la construcción de una amplia infraestructura productiva y de comercialización, durante Mayo 1999 - Diciembre 2000 la Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI), a través del Comité Especial del Proyecto Camisea (CECAM), llevó a cabo el diseño, convocatoria y ejecución de dos Concursos Públicos Internacionales para el desarrollo del Proyecto Camisea.

El esquema diseñado para el desarrollo del proyecto comprendió dos módulos que fueron ofrecidos en la modalidad de proyectos integrales, lo cual significa que se fijaron los parámetros objetivo a cumplir y se dejó en manos de los inversionistas la decisión y flexibilidad para elegir los detalles técnicos de diseño, construcción y operación, dentro del cumplimiento de las normas vigentes en el país. Así el primer módulo del proyecto es el de Explotación de los yacimientos de gas de Camisea y el segundo el de Transporte del gas y de los líquidos del gas desde Camisea hasta la costa y la Distribución del gas en Lima y Callao.

El módulo de Explotación de Hidrocarburos en el Lote 88 - Yacimientos de Gas de Camisea fue adjudicado al Consorcio formado por las empresas Pluspetrol (Argentina), Hunt Oil Co. (USA), SK Corp. (Corea) e Hidrocarburos Andinos (Argentina) y el correspondiente Contrato de Licencia fue firmado el 9 de Diciembre del 2000.

El módulo de Transporte del gas y de los líquidos del gas desde Camisea hasta la costa y la Distribución del gas en Lima y Callao fue adjudicado al Consorcio formado por las empresas Techint (Argentina), Pluspetrol (Argentina), Hunt Oil Co. (USA), SK Corp. (Corea), Sonatrach (Argelia) y Graña y Montero (Perú) y los correspondientes Contratos de Concesión fueron firmados el 9 de Diciembre del 2000.

Debido a que el Proyecto tiene como objetivo la recuperación máxima posible de Líquidos del Gas a partir del Gas producido, así como de suministrar Gas al mercado interno, el Plan de Desarrollo de las estructuras San Martín y Cashiriari contempla la perforación de pozos productores de Gas húmedo y pozos inyectoros de Gas seco. De acuerdo al Plan de Desarrollo se estima que la producción se iniciaría en el año 2004 con un total de 6 pozos operativos en los yacimientos, de los cuales 4 serán pozos productores y 2 serán pozos reinyectores.

El Proyecto consiste en captar y conducir el Gas Natural proveniente de los yacimientos San Martín y Cashiriari hacia una Planta de Separación de Líquidos ubicada en Malvinas, ubicación a orillas del río Urubamba. En esta planta se separan el agua y los hidrocarburos líquidos contenidos en el Gas Natural y se acondiciona este último para que pueda ser transportado por un Gasoducto hasta los mercados en la costa, mientras que el gas excedente se reinyecta a los reservorios productivos.

Por otro lado, los Líquidos del Gas obtenidos en la Planta de Separación separados son conducidos hasta la costa mediante un Ducto de Líquidos y recibidos en una planta ubicada en Pisco, donde se fraccionan en productos de calidad comercial (GLP, Gasolina y Condensados) y luego se despachan al mercado a través de buques y/o camiones cisterna.

Las instalaciones se han proyectado para una producción inicial de por lo menos 9 Millones de metros cúbicos por día de Gas Natural, diseñándose el equipamiento en módulos de tal forma que si la producción de Gas Natural se incrementa con nuevos pozos de desarrollo, sean adicionados nuevos módulos de procesamiento tanto en Malvinas (Camisea) como en Pisco.

Para acceder al mercado los hidrocarburos de Camisea deberán transportarse desde Camisea hasta la Costa Central para lo cual será necesario construir dos ductos paralelos: uno para el transporte del Gas Natural y el otro para el transporte de los líquidos del Gas Natural. Estos ductos, cuyo trazado significará retos técnicos y constructivos importantes, tendrían una longitud de alrededor de 680 km el primero, hasta Lima, y de 500 km el segundo; hasta Pisco, y deberán atravesar zonas de selva, luego transponer los Andes superando alturas de mas de 4,500 metros para finalmente descender por los terrenos desérticos de la costa.

Finalmente en Lima y Callao se instalará una red de ductos para distribución del gas natural, la que en primera instancia se orientará principalmente al suministro de gas a la industria y a las plantas de generación de electricidad y mas adelante se ampliará esta red para suministro residencial y comercial.

La primera parte de este importante proyecto de producción y suministro de hidrocarburos comprende las actividades de diseño y construcción de las instalaciones e infraestructura productiva y de transporte que deberá realizarse en un plazo máximo de 44 meses a partir de la fecha de suscripción del Contrato. De acuerdo a ello se estima que a mediados del año 2004 se pueda disponer de gas combustible en la costa peruana y en las ciudades de Lima y Callao; así como de importantes volúmenes de combustibles líquidos para consumo en el mercado interno.

Para desarrollar el proyecto inicial de Explotación, el Contratista (Consortio liderado por PLUSPETROL) estableció dos áreas geográficas bien diferenciadas para la ejecución de las obras. El área que abarca todas las obras a realizar en la zona de Camisea y el área del que abarca las obras a realizar en la zona de Pisco.

Las principales obras en el área de Camisea son:

- Perforación de Pozos
- Sistema de Recolección y Transporte de Gas Natural
- Planta de Separación de Líquidos del Gas Natural
- Planta de Compresión de Gas para reinyección y para transporte

Las principales obras en el área del Pisco son:

- Planta de Fraccionamiento de Líquidos del Gas Natural
- Planta de Condensados
- Sistema de Almacenamiento y Embarque de Productos.

Dentro del área de Camisea, el Contratista ha incluido un proyecto de adquisición de sísmica para mejorar el conocimiento de los yacimientos de Gas. Esta actividad no es una obligación contractual por parte del Contratista.

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para las obras en la zona de Camisea fue aprobado el 17 de Diciembre de 2001, lo que permitió que a partir de esa fecha se inicie la ejecución de las obras en dicha zona.

En el caso del EIA para las obras en la zona de Pisco con fecha 4 de Abril de 2003 la DGAA otorgó una aprobación condicionada, la que permitió solamente el inicio de las obras del componente de la Planta de Fraccionamiento. En Julio 11 de 2003 la DGAA dio la aprobación definitiva al EIA del Proyecto Planta de Fraccionamiento de LGN e Instalaciones de Carga y Alternativa Cañería Submarina en Playa Lobería, Pisco, con lo cual se autorizó la ejecución del mencionado proyecto.

El Contratista desarrollando un Plan de Ejecución de obras con “contratación segmentada y supervisión centralizada”. La modalidad adoptada respondió a la necesidad de acelerar la ejecución de las obras del proyecto para asegurar el cumplimiento de los plazos comprometidos. Así, de esta forma se optimiza el avance

del proyecto con el manejo específico y coordinado de estudios, aprobaciones y adquisiciones críticas, adecuándose también con las situaciones climatológicas, facilidades logísticas y posibilidades de financiamiento.

La organización, administración y supervisión de la ejecución de las obras del Proyecto fue llevada a cabo por el propio Contratista con el apoyo de una empresa supervisora (Paragon Engineering Services).

Para la ejecución propiamente dicha de las obras se segmentó ésta en diferentes contratos, tanto de estudios y diseño como de fabricación de equipos principales, adquisición de equipos críticos, construcción civil, instalación y montaje

#### **4.4 El ambiente y las comunidades.**

El Proyecto Camisea se desarrollará en un área muy extensa y sensible, que cuenta con una considerable variedad en términos de geografía, clima, flora y fauna, así como de grupos étnicos. Se ha elaborado un estudio de impacto ambiental y social (EIA) para evaluar el impacto potencial del Proyecto Camisea sobre el ambiente y el estilo de vida del área, y para diseñar planes adecuados de prevención y mitigación. Se han elaborado tres EIAs, uno para cada segmento del Proyecto. Environmental Resources Management (ERM), Walsh Perú S.A. y Consorcio Pacific S.A. fueron las agencias de consultoría ambiental a cargo de llevar a cabo el EIA y todos sus componentes para los segmentos explotación, transporte y distribución, respectivamente, (figura 2).

Los tres EIAs incluyen un estudio de impacto social y un plan de manejo social y ambiental, en los cuales se proponen medidas de mitigación para los impactos identificados.

En el año 2000 se inició un primer proceso de consulta dirigido por el gobierno del Perú, con la activa colaboración de Pluspetrol, ERM, TGP y Walsh.

Se celebraron diversas reuniones, con varias de las principales partes interesadas, agencias gubernamentales, organizaciones indígenas y poblaciones indígenas, con la finalidad de presentar el proyecto y familiarizarlos con el mismo, escuchar sus preocupaciones, pedir sus comentarios y opiniones.

Pluspetrol y ERM llevaron a cabo el proceso de consulta e información, empleando una metodología en base a la organización de talleres, en las 22 comunidades nativas del área de influencia directa e indirecta del proyecto de explotación.

Social Capital Group, la agencia consultora social responsable de los aspectos socioeconómicos del EIA para el segmento de transporte, llevó a cabo talleres de consulta con las comunidades en la Selva, Sierra y Costa.

Se realizaron once audiencias públicas en relación con los diferentes componentes del proyecto, en septiembre del 2001 y marzo del 2002: 3 para la sección explotación, 7 para transporte y una para distribución.

La población presente en las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto (zona del Bajo Urubamba) pertenece a los grupos étnicos amazónicos Machiguenga, Yine, Ashaninka, Yaminahua, Amahuaca, Nahua y Nanty.

El grupo Machiguenga se localiza a lo largo de las orillas de los ríos Cashiriari, Camisea y Urubamba, mientras que los grupos Yine, Ashaninka, Yaminahua y Amahuaca, en el área norte. En general, se trata de asentamientos tradicionales de nativos que preservan su identidad cultural, viven en comunidades y gozan del derecho de propiedad debidamente reconocido por las leyes del Perú. Al mismo tiempo, se encuentran agrupados en federaciones indígenas regionales y confederaciones nacionales.

Las poblaciones Nahua y Nanty están formadas por grupos que viven en diferentes niveles de aislamiento dentro de un área reservada otorgada por el gobierno del Perú. La parte este del Bloque 88 (Camisea) se encuentra dentro de esa área reservada. Parte de las poblaciones Nanty y Nahua vienen experimentando un proceso de sedentarización durante los últimos 10 a 15 años. Actualmente la población Nahua cuenta con un asentamiento incipiente (Santa Rosa de Serjali)

mientras que la población Nanty cuenta con dos (Marankeato y Montetoni). Los tres asentamientos están situados fuera de los límites del Bloque 88.

En total, dentro de las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto de explotación (zona del Bajo Urubamba) existen 22 comunidades nativas asentadas y 3 asentamientos en condiciones incipientes pertenecientes a grupos que se encuentran en una etapa de “contacto inicial”.

El consorcio a cargo de la explotación ha establecido los siguientes principios socio-ambientales con el objetivo de desarrollar el proyecto Camisea Respeto hacia las comunidades: “política del buen vecino”.

Como Operador del consorcio a cargo de la explotación, Pluspetrol se ha comprometido a desarrollar sus actividades dentro del marco de las leyes peruanas así como también a seleccionar estándares internacionales (Banco Mundial y EPA) para los programas de monitoreo ambiental (efluentes líquidos, manejo de residuos, reducción de ruidos, etc.).

Con el objetivo de desarrollar actividades conjuntamente con las comunidades nativas en el área, el consorcio a cargo de la explotación ha diseñado un Plan de Relaciones Comunitarias basado en el control y la mitigación de impactos sociales negativos y en la promoción del desarrollo de impactos sociales positivos.

Como parte del Plan de Relaciones Comunitarias se diseñó además un Programa de Acuerdos y Compensaciones orientado a desarrollar un proceso de negociación y posterior acuerdo con cada comunidad directamente involucrada en el proyecto Camisea respecto del uso de la tierra y de los recursos naturales.



## 5. REVISIÓN BIBLIOGRÀFICA

### 5.1 El Paisaje.

El paisaje es la expresión externa “polisensorialmente” perceptible del medio. Se hace paisaje cuando alguien lo percibe. Esta percepción se produce de una vez sobre el conjunto del sistema ambiental, es subjetiva, variable, por tanto, está en función del tipo de receptor y se adquiere a través de todos los órganos de percepción, directos e indirectos, que operan en el observador: vista, oído, olfato y tacto.

Es la experiencia perceptiva quien induce en el individuo los sentimientos determinantes de la clasificación y valoración del paisaje; se refiere, pues, a las relaciones del hombre con su lugar, es la “forma que nos forma y nos informa” de ahí su papel como indicador de la calidad ambiental.

Se ha identificado que la capacidad tecnológica y la presión demográfica se han convertido en una amenaza para numerosos recursos de carácter natural como cultural. Entre ellos se encuentra el paisaje; en su condición de elemento de calidad ambiental como de valor histórico y cultural, que además representa un recurso económico en cuanto a que influye en la localización y desarrollo de determinadas actividades y en el precio del suelo.

Una de las características que acompaña al paisaje es la indefinición semántica que indistintamente se atribuye al término como sinónimo de medio físico, ambiente, espacio percibido. El Consejo de la Convención Europea del Paisaje, en el año 2000 define el paisaje como:

**“El paisaje designa parte del territorio, tal como es percibida por las poblaciones, cuyo carácter resulta de la acción de factores naturales y humanos y de sus interacciones, la gestión de los paisajes comprende las acciones dirigidas, en la percepción del desarrollo sostenible, al mantenimiento del paisaje con el fin de guiar y armonizar las transformaciones inducidas en él por la evolución social, económica, ambiental; la ordenación del paisaje comprende las actuaciones que presentan un carácter prospectivo particularmente acentuado y encaminado a la mejora, la restauración o la creación de paisajes” (Velásquez, 2002).**

La percepción del paisaje, a pesar de las definiciones que se han generado, varía con respecto a la metodología, objetivo, especialidad y sensibilidad de quien lo observe y/o analice. Los geógrafos, geólogos y ecólogos, analizan el paisaje como la escena resultado del sistema ecológico y territorial, donde destaca el carácter funcional.

Los ingenieros, arquitectos y paisajistas atienden al paisaje como una escena visual, donde prima el carácter estructural. Se evalúa el paisaje generalmente sobre divisiones regulares, a partir de puntos de visión en términos de características de color, formas, etc.

Los psicólogos, geógrafos, y sociólogos, han profundizado sobre la apreciación subjetiva del paisaje, desarrollando numerosas técnicas de valoración de la calidad del paisaje.

El paisaje, en cuanto manifestación externa y conspicua del medio, es un indicador del estado de los ecosistemas, de la salud de la vegetación, de las comunidades animales del uso y aprovechamiento del suelo, y, por tanto, del estilo de desarrollo de la sociedad y de la calidad de la gestión de dicho desarrollo.

El hombre crea paisaje, pero al mismo tiempo, éste modela afectivamente y físicamente al hombre; si existe una adaptación del paisaje a las necesidades humanas a través de la historia, también hay una paralela adaptación del hombre al

paisaje. El hombre es configurador del paisaje, pero al mismo tiempo, es parte de él y sujeto receptor.

El paisaje se considera actualmente como recurso, en el sentido socioeconómico del término, porque cumple la doble condición de utilidad y escasez. Utilidad para la población y escasez por que resulta realmente un bien económico.

En cuanto percepción polisensorial y subjetiva del medio el paisaje es ilimitado, pero no ocurre así con los paisajes de calidad, aquellos capaces de inducir sentimientos de agrado en el observador. A estos son aplicables las dos condiciones citadas, determinantes de la consideración de recurso natural.

Que, el paisaje de calidad es útil al hombre y es apreciado por todas las estratos sociales, por tanto no necesita argumentación; si bien es apreciado de forma diferente según el nivel cultural de cada uno:

- a) Positiva por un gran número de componentes de relieve variado, presencia de agua limpia y en movimiento, de vegetación frondosa, de elementos topográficos sobresalientes, de sonidos y olores naturales, existe la posibilidad de observar animales silvestres, etc.
- b) Negativa por la presencia de escombros y basuras, de agua sucia y estancada, de olores pestilentes, de sonidos discordantes (el ruido del tráfico) y las edificaciones, colores y diseños estridentes, etc.

El paisaje de calidad es escaso, por el hecho de la depredación paisajística por actividades de muy diversa naturaleza y de magnitud creciente: localización industrial, urbanización, infraestructuras de todo tipo, agricultura intensiva, minería depósitos de residuos, etc.

Los paisajes industriales (artificiales, antropogénicos) son aquellos en que la actividad humana ha intervenido de tal manera que ha transformado los factores y los componentes, incrementando o minimizando uno u otros, hasta el punto que el paisaje se modifica y pasa a ser un hábitat completamente diferente del que sería si no hubiera existido intervención (Seoáñez, 1998).

Sin embargo, las leyes de la ecología (ecología del paisaje) incluyen esos paisajes, pues no dejan de ser parte del ambiente (Seoánez, 1998).

### **5.1.1 Análisis del impacto sobre el paisaje**

El análisis del impacto sobre el paisaje puede ser estudiado desde dos aspectos distintos: donde su valor corresponde al conjunto de interacciones del resto de los elementos (agua, aire, plantas, rocas, etc.) y su estudio precisa previa investigación.

Donde se engloba una fracción importante de los valores plásticos y emocionales del medio natural, por lo cual es recomendable su estudio a base de cualidades o valores visuales.

Los parámetros a utilizar varían de un área a otra y de acuerdo a los objetivos planteados en cada estudio. Por ello existen distintas técnicas utilizadas para inventariar, identificar y posteriormente evaluar el estado del paisaje.

### **5.1.2 Enfoque histórico antropogénico en el análisis del paisaje**

El paisaje como unidad interrelacionada es a su vez dinámica y sufre variaciones en función al tiempo y espacio. Los cambios drásticos de tipo de paisaje que a menudo notamos se deben frecuentemente a la influencia de actividades humanas, unas veces por aumento de su influencia, otras por cambio en el tipo de acción y por abandono o cese (CIDIAT, 1995).

El estudio del paisaje y su dinamismo tiene diversos enfoques, en función a la profundidad de análisis, a la corriente científica, a la aplicabilidad de los resultados, etc. El enfocar la evaluación desde el punto de vista histórico es particularmente interesante para el objetivo de la presente tesis.

El estudio de la historia antropogénica de la formación de los paisajes actuales es importante porque los resultados de la utilización económica se superponen y se inscriben en la memoria de los sistemas naturales. Ello

determina en gran parte propiedades tan importantes para el hombre como el carácter estable de los procesos antroponaturales o artificiales (paisajes industriales), los problemas ecológicos que surgen en la asimilación y las vías de solución.

La percepción del cambio antropogénico del paisaje guardará relación directa con la calidad de datos con que se cuente. Un paisaje artificial, antroponatural o industrial será observado de manera distinta por un análisis técnico (volumen, tipo de industria, emisiones, estándares, estado de mantenimiento, legislación, etc.) que un análisis que se lleve a cabo por inexpertos que sólo se valdrán de sus sentidos sin análisis o procesamiento (humo, olor, ruido, etc.).

#### **5.1.2.1 Regularidades de la modificación de los paisajes por actividades humanas.**

La actividad humana provoca diversas alteraciones en el funcionamiento, dinámica y tendencia del desarrollo de los paisajes, cambiando la estructura de los mismos. La interacción entre la actividad humana y los paisajes como determinado tipo de sistema material está sometida a las siguientes regularidades (CIDIAT, 1995).

- 1 La subordinación del paisaje a las leyes naturales.
- 2 La introducción en el paisaje por parte del hombre de objetos "técnicos" ó "antropogénicos".
- 3 La formación del paisaje antropogénico, como resultado de la creación de un nuevo sistema.
- 4 La diversa intensidad de modificación de los diferentes componentes naturales.
- 5 El carácter de los cambios de los componentes, básicamente del tipo parcial y reversible.
- 6 La intervención humana permanente como condición para garantizar los cambios.
- 7 Las condiciones para la diversificación de los paisajes, mediante la actividad humana sobre los paisajes.

- 8 Las condiciones socio-histórica, el nivel de desarrollo científico-técnico y de la producción como factor esencial en la determinación del grado y carácter de la actividad humana en el paisaje.

Las características más importantes de estos paisajes son los siguientes:

- a) Los paisajes industriales reflejan la larga historia de la evolución natural y las etapas históricas de la asimilación económica.
- b) El ritmo, la velocidad de los procesos antroponaturales y las transformaciones que los acompañan no son equiparables con las velocidades de los cambios de la naturaleza. Las consecuencias de la actividad antropogénica han surgido rápido, y se refieren a los cambios de alta frecuencia.
- c) El grado de antropización depende de la complejidad de los paisajes. El grado de antropización es más alto, a medida que es menor la complejidad.
- d) La función socioeconómica se subordina a impactos permanentes de la actividad humana.

#### **5.1.2.2 El coeficiente de transformación antropogénica**

Con el objetivo de determinar numéricamente la carga antropogénica a la que está sometido un paisaje dado, el investigador ruso Shishenko (CIDIAT, 1985) propuso la utilización del coeficiente de transformación antropogénica. Este se basa en el índice de transformación antropogénica (Van), propuesto por Lemecher (CIDIAT, 1995) y que se determina de la siguiente manera:

$$\mathbf{Van = r.q}$$

Donde:

- Van : Índice de transformación antropogénica.
- r : Rango de transformación antropogénica.

q : Parte en (%) del tipo dado de utilización de la Naturaleza en la unidad del paisaje.

A cada tipo de utilización de la naturaleza se fija un determinado rango de transformación antropogénica, (r), estos se han determinado por el método de reunión de expertos, se propone:

Territorios naturales protegidos	1
Bosques	2
Pantanos y semipantanos	3
Pastos y prados	4
Jardines	5
Cultivos agrícolas	6
Construcciones agrícolas	7
Construcciones urbanas	8
Embalses y canales	9
Industrias	10

El coeficiente de transformación antropogénica se calcula por la siguiente fórmula:

$$\text{Kan} = (r \cdot p \cdot q) n / 100$$

Donde:

Kan : Coeficiente de transformación antropogénica

r : Rango de transformación del paisaje.

p : Área del rango en %

q : Índice de profundidad de transformación del paisaje.

n : Cantidad de contornos de tipos de utilización en los límites de la unidad paisajística analizada.

El índice de profundidad (q) también es generado por el método de reunión de expertos (CID/AT, 1985) y se propone:

Territorios naturales protegidos	1
Bosques	1,05
Pantanos y semipantanos	1,1
Pastos y prados	1,15
Jardines:	1,2
Cultivos agrícolas	1,25
Construcciones agrícolas	1,3
Construcciones urbanas	1,36
Embalses y canales	1,4
Industrias	1,5

El coeficiente de transformación paisajística (Kan) caracteriza la siguiente regularidad, a medida que es mayor el área del tipo de utilización de la naturaleza y mayor el índice de profundidad.

Es mayor el grado de transformación de la unidad paisajística por la actividad humana. El cálculo del coeficiente de transformación, puede ser un elemento para proponer el grado de combinación racional de las funciones paisajísticas, que debe ser mayor a medida que se acrecienta (Kan).

Es importante considerar los siguientes elementos en la evaluación histórica del cambio en el paisaje:

- Homeostasis
- Accesibilidad
- Vitalidad
- Aislamiento
- Estabilidad
- Solidez
- Elementos básicos y abióticos
- Elementos antrópicos
- Actividades económicas



## **5.2 Climatología**

### **5.2.1 Características generales**

El área de influencia del proyecto Camisea se encuentra ubicado en la parte norte del departamento de Cuzco, el cual alberga áreas que son parte de la Cordillera Occidental. La transición entre selva alta y selva baja le proporciona características importantes al clima, haciéndolo variable y a veces muy puntualizado. Existe un vacío de información meteorológica que no nos permite conocer condiciones climáticas preexistentes, sin embargo los datos climáticos de estaciones cercanas sirven para establecer algunas características de la zona.

Según el estudio de impacto ambiental para el lote 88, Camisea, elaborado por la consultora argentina ERM, el clima del campo San Martín 1, tema de estudio es típicamente tropical amazónico, con temperaturas máximas de 42°C en los meses de sequía y temperaturas mínimas de 20°C en los lluviosos.

Las precipitaciones son excesivas entre los meses de diciembre a marzo, alcanzando los 200 milímetros en el lapso de 2 días (200 litros/m<sup>2</sup>). Durante los meses de sequía, entre abril y octubre, puede darse la ausencia de lluvia por 2 a 3 semanas.

Este es un espacio de formación de abundante neblina en las primeras horas de la mañana y que alrededor del medio día se despeja.

### **5.2.2 Información hidrometeorológica.**

Actualmente en la zona de estudio, no se encuentran instaladas estaciones meteorológicas ni hidrométricas; sin embargo, existe información meteorológica de dos estaciones, paralizadas desde hace muchos años: Sepahua (pluviométrica) y el Sepa (climática ordinaria), registradas por el SENAMHI. Estas estaciones han estado ubicadas en lugares relativamente cercanos a la zona de estudio.

Esta información sólo puede tomarse como referencial, no obstante ser bastante escasa y discontinúa. La estación de Sepahua, que estuvo más cercana al límite norte del área de estudio, sólo tiene información de precipitación. De la estación de el Sepa, más alejada, se tiene datos de precipitación, temperatura, evaporación y nubosidad. Por otro lado, existieron tres estaciones de control de niveles en los ríos Camisea, Urubamba (en el punto de control del campamento Nuevo Mundo) y Sepahua; instalada por Shell Exploradora y Productora del Perú B. V., de las cuales se tienen los hidrogramas de los niveles diarios correspondientes al año 1984. Aunque dos de los puntos de control están fuera del área de estudio, la información gráfica obtenida es importante. En el trabajo de campo se constató que la estación de control del campamento nuevo mundo fue arrasada por la crecida del río en años anteriores.

Así mismo, se tiene información hidrométrica de dos estaciones que están fuera de la zona de estudio pero que se encuentran dentro de la cuenca del Río Urubamba, la que fue utilizada para complementar el análisis de descargas en la zona de estudio. Estas estaciones son de tipo limnimétricas: Lucumachayoc y Písaq. La primera, ubicada en el Río Urubamba, en el km 105 de la vía férrea Cuzco, cercana a la captación de la central hidroeléctrica Machu Picchu, y es operada por la empresa de electricidad del Perú S. A. (ELECTROPERÚ). La estación Písac está ubicada en el Río Vilcanota en la ciudad de Písaq.

**Tabla Nº 2 RELACIÓN DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS - LOTE 88 PROYECTO CAMISEA**

<b>ESTACIONES METEOROLÓGICAS</b>										
Ubicación									Periodo	
			Geografía			Política			De registro	Record de años
Estación	Tipo	Latitud S	Longitud W	Altitud msnm	Distrito	Provincia	Departamento			
1	El Sepa	CO	10° 49'	73° 17'	250	Shepagua	Atalaya	Ucayali	1965/72	8
2	Shepahua	PLU	11° 09'	73° 03'	250	Shepagua	Atalaya	Lima	1963/66	4

**Tabla Nº 3 ESTACIONES HIDROLÓGICAS**

1	Lucumachayo C	LIM	13° 12'	72° 31'	Machu Picchu	Urubamba	Cuzco	1958/93	36
2	Pisac	LIM			Pisac	Urubamba	Cuzco	1965/86	22

CO : Estación climatológica ordinaria.

PLU : Estación pluviométrica

LIM : Estación limnimétrica.

Nota: Todas las estaciones se encuentran fuera del área de estudio.

### **5.2.3 Análisis de los elementos meteorológicos.**

En la tabla N° 2, se presenta un resumen de los datos meteorológicos de las estaciones de Sepahua y el Sepa.

#### **a) Precipitación.**

Esta información, por ser discontinua y de corto registro, ha sido tomada sólo como referencial en el análisis realizado por ONERN en 1987. Sin embargo, estos datos complementados con las observaciones ecológicas de campo, nos dejan inferir que, en el plano aluvial de la zona baja del Río Urubamba desde el Río Quirigueti, hasta el Pongo de Mainique, la precipitación total anual se incrementa desde 2000 a 3000 mm aproximadamente.

De la tabla N° 4, se puede observar que la precipitación total anual en la estación el Sepa alcanza a 2268.5 mm/año y en la estación Sepahua es de 1910.2 mm/año.

En los niveles elevados de colinas aledañas al plano aluvial que no dispone de información meteorológica, las precipitaciones se ven influenciadas por los vientos Este, Noreste y Sur que traen consigo nubes húmedas provenientes de la llanura amazónica y que descargan moderadas lluvias en los sectores del valle. Estas precipitaciones se incrementan notablemente al llegar a las primeras estribaciones de los sectores montañosos que funcionan como una barrera natural en el tránsito de las nubes húmedas.

En la tabla N° 4, se presentan las variaciones de la precipitación a nivel mensual de las estaciones Sepahua y El Sepa, notándose que el estiaje empieza en el mes de mayo y se prolonga hasta el mes de setiembre y que los meses de mayor precipitación son a partir de noviembre hasta marzo.

#### **b) Temperatura.**

Con respecto a la temperatura, los sectores de menor elevación del bajo Urubamba, desde Kirigueti hasta el Pongo de Mainique, presenta un promedio anual de temperatura alrededor de 24.5°C. La variación a nivel

mensual de la temperatura media es leve, presentando el mismo comportamiento los promedios máximos y mínimos. Los factores de orden altitudinal y de vegetación indican que en la medida en que se asciende hacia la parte más alta (hacia las nacientes de los principales afluentes del Río Urubamba), la temperatura disminuye, llegando a bajar a  $-17^{\circ}\text{C}$ , en las zonas altitudinales mayores a 1800 msnm.

### **c) Vientos.**

Los vientos que prevalecen durante el año son generalmente calmados ( $2,0\text{ ms}^{-1}$ ) y predominantemente del sudeste, sur y este. Son de especial interés los vientos del sur que pueden traer frentes fríos a la región. Estos frentes ("surazos") son capaces de hacer caer las temperaturas locales entre  $10$  y  $15^{\circ}\text{C}$ ., los mismos están motivados por el pasaje de ondas de aire frío procedentes del anticiclón del Atlántico sur, que influye notoriamente en la ocurrencia de temperaturas mínimas absolutas diarias.

El pasaje de estos vientos es generalmente lento. Los vientos que acompañan estos frentes pueden ser fuertes, con velocidades máximas de hasta  $14\text{ ms}^{-1}$ ). La escasez de lluvias o la poca intensidad de éstas en los meses de mayor frecuencia de "surazos" es indicativo de la estabilidad atmosférica que en general acompaña a este fenómeno. Estas condiciones son más frecuentes hacia el final del año (ONERN, 1988).

**Tabla Nº 4 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA**

<b>ESTACIÓN EL SEPA</b>																
Elementos meteorológicos		Periodo registro analizado	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul	Ago	Set.	Oct.	Nov.	Dic	Promedio anual	Total anual
Temperatura	°C	1965/72														
Media mensual			25.1	25.6	24.8	24.5	25.8	24.8	26.0	25.7	25.6	25.0	24.8	24.8	25.2	
Mínima mensual			19.4	19.6	19.2	18.3	19.4	18.7	21.2	20.0	19.6	18.4	18.5	18.8	19.3	
Máxima mensual			30.8	30.7	30.6	31.2	31.5	30.6	30.8	31.3	31.5	31.7	31.2	30.8	31.1	
Precipitación total	mm	1969/71														
Media mensual			287.0	341.9	387.4	129.6	63.7	45.1	39.6	50.4	36.5	169.9	286.4	431.0		2268.5
Evaporación total	mm	1969/71														
Media mensual			57.6	53.1	64.6	63.0	70.4	64.0	73.7	76.9	76.1	77.1	65.6	61.6		803.7
Nubosidad	Octavos	1969/71														
Media mensual			5	5	5	4	4	4	5	4	5	4	5	5	4.6	
<b>ESTACIÓN SEPAHUA (PLU)</b>																
Precipitación total	mm	1964/66														
Media mensual			143.3	283.1	213.0	232.9	173.9	38.9	69.6	28.1	89.1	130.1	178.9	329.3		1910.2

#### **5.2.4 Tipos de clima.**

De acuerdo al mapa de regiones naturales, presentada por el INGEMMET (boletín 125); y a la clasificación de Pulgar Vidal J. (1989), el ámbito de estudio presenta dos tipos de clima: clima tropical de Selva Baja, que caracteriza a la región natural de Selva Baja u Omagua y clima tropical de Selva Alta, que caracteriza a la región natural de Selva Alta o Rupa Rupa.

El clima de la selva peruana es tropical, con características de alta temperatura todo el año, alcanzando una máxima absoluta de 42°C. Desde el punto de vista de las precipitaciones se presentan dos estaciones perfectamente definidas: una seca que abarca de mayo a setiembre u octubre, y una lluviosa de diciembre hasta abril; sin embargo, a veces en diciembre e incluso en enero, se presentan escasas precipitaciones.

##### **a) Zona Las Malvinas, planta de gas.**

Por su ubicación geográfica la zona de las Malvinas, lugar donde se proyecta construir la planta de gas, presenta un clima tropical de Selva Baja que caracteriza a la región natural de Selva Baja u Omagua.

Este clima es cálido y húmedo, extendiéndose en la planicie amazónica que comprende el piso altitudinal entre 80 y 500 msnm. En esta zona se presentan temperaturas máximas absolutas siempre mayores a 36°C, las temperaturas medias anuales son superiores a 25°C. Las diferencias de temperatura entre el día y la noche son menos marcadas que en la Selva Alta y el calor persiste durante las 24 horas. La humedad atmosférica es alta a lo largo de todo el año, favorecida por la evaporación de los cursos de agua y zonas pantanosas.

##### **b) Plataforma de los pozos y traza de líneas de conducción.**

La zona donde están ubicados los pozos y el área por donde pasará la línea de conducción presenta un clima tropical de Selva Alta.

Este clima es semicálido y húmedo ubicándose en los niveles altitudinales comprendidos entre los 500 a 1000 msnm. Se caracteriza por presentar temperaturas medias anuales de 22°C a 25°C; máximas absolutas superiores a 33°C, pero inferiores a 36°C, mínimas entre 8°C y 15°C en áreas más cercanas a la cordillera andina. De un modo general las precipitaciones son más abundantes que en la selva baja, pero con la presencia de una estación seca en que la cantidad mensual de lluvia es inferior a 100 mm.

### **5.3 Geomorfología.**

La geomorfología de la zona del proyecto está relacionada estrechamente con la topografía y el paisaje, y con los procesos geodinámicos que modelan el relieve, donde las obras de ingeniería serán parte del entorno geomorfológico, alterando sustancialmente la superficie por la deforestación (erosión hídrica) y la calidad visual del entorno. Anexo: mapa N° 2, geomorfología (EIA, lote 88, ERM).

#### **5.3.1 Unidades geomorfológicas.**

##### **A. Unidades de colinas.**

###### **Colinas estructurales altas.**

Esta unidad geomorfológica se ubica en la parte sudeste del lote, y es originada por el levantamiento orogénico de la cordillera oriental de los andes se encuentra constituida principalmente por las rocas Paleozoicas y Mesozoicas de topografía muy abrupta con taludes muy altos.

###### **Colinas estructurales bajas.**

Esta unidad geomorfológica se ha formado por el levantamiento geológico de una franja alargada que se ubica a lo largo de los ejes adyacentes a los anticlinales denominados Cashiriari y San Martín. En la topografía de esta colina en estudio el mayor factor geomorfológico que influye son los procesos erosivos. Dentro del relieve no solamente son importantes la pendiente y la longitud del talud, sino también la forma del perfil (rectos) y la estructura y la forma geométrica de las laderas (tabulares) típicas de la zona.



En la zona de estudio, la pendiente varía desde 10° hasta 40°. Las pendientes de 10° a 15° son áreas de poca acción geodinámica externa mientras las colinas de pendiente de 15° hasta 35° a 40° se encuentran disectadas por riachuelos en su etapa inicial y actualmente se van profundizando hasta formar acantilados abruptos en los que a su vez, ocurren deslizamientos en los sedimentos arenosos y finos del Paleógeno. Estas colinas se extienden longitudinalmente desde los pozos San Martín y Cashiriari hasta Malvinas, constituyendo una zona vulnerable en lo que respecta al tendido de líneas de conducción. Las mismas atravesarán una serie de quebradas pequeñas con pendientes de alto y de bajo ángulo y de longitudes cortas y largas, con cauces de ríos temporales y perennes los que podrían ser impactados en el proceso de construcción de las líneas de conducción.

## **B. Unidad valles**

Esta unidad morfológica que fue labrada desde los inicios de las formaciones de los ríos Cashiriari, Camisea, Urubamba y afluentes, involucra las terrazas y cauces, que actualmente siguen su proceso erosivo.

### **Ríos e islas.**

Actualmente esta unidad constituida por depósitos fluviales temporales que se forman por clastos de gravas, arenas intercaladas con algo de limos, generalmente son áreas inundadas durante época de crecidas, mayormente en los meses de enero a abril.

Esta unidad se encuentra expuesta a lo largo de los ríos Cashiriari, Camisea, Urubamba y sus afluentes. (Ver Anexo, mapa 2 y 4).

### **Terraza alta.**

Son los depósitos más antiguos del Río Urubamba, Camisea y Cashiriari, y generalmente están limitados por las colinas bajas. Se caracterizan por la presencia de aguas estancadas llamados bajiales y el mayor porcentaje de material esta constituido por gravas y arenas de origen aluvial y fluvial antiguo. Actualmente está cubierto por una capa de suelo delgado de unos 4 a 5 m, de origen residual o material fino de inundación.

De acuerdo a la configuración topográfica esta unidad tiene ondulaciones alargadas y sinuosas indicando cursos de ríos antiguos (paleocauces), de los valles del Urubamba. Cashiriari, Camisea y afluentes.

### **Terraza baja**

Esta terraza generalmente se encuentra formando fajas muy estrechas debido en general a la erosión lateral constante de ríos del área del proyecto. Son áreas proclives a se inundadas, por crecidas de los ríos, con una constitución similar a las terrazas altas.

## **5.3.2 Procesos geodinámicos.**

En el trabajo de campo se ha observado procesos de geodinámica externa, destacándose como de mayor relevancia los factores antrópicos, la erosión en laderas, deslizamientos, la erosión en la ribera del río y los fenómenos de inundación a lo largo Río Urubamba.

### **Deslizamientos.**

En el área del proyecto se ha identificado, en especial a lo largo de la traza de las líneas de conducción y alrededores, deslizamientos de suelos, de tipo remoción en masa; movimientos que se producen al superar la resistencia al corte del material y tienen lugar a lo largo de una o varias superficies o a través de una franja relativamente estrecha. Estas superficies de deslizamiento en esta área no son visibles por la cobertura vegetal pero

pueden ser individualizables a partir de las características evidenciadas por otros deslizamientos recientes observados en el campo durante el relevamiento.

La velocidad con la que se desarrollan estos movimientos es variable, dependiendo de la clase de material involucrado en los mismos. De acuerdo a la topografía y el tipo de pendientes son tabulares y con horizontes arcillosos. Existen dos posibilidades de deslizamiento:

1. Deslizamiento traslacional, que se desplaza sobre areniscas o material duro de la formaciones Yahuarango u otro.
2. Deslizamiento traslacional en suelos, contacto entre material areno gravosos sobre suelos finos como la arcilla

En las colinas disectadas por las quebradas temporales con pendientes que superan los 30°; la forma tabular y saturación de agua de la pendiente, producirán eventualmente deslizamientos. También en los depósitos sueltos producto de la desintegración de los sedimentos arenosos y limoso, constituyéndose en un factor de riesgo para operaciones de revegetación por la poca capa nutriente y cobertura de suelo.

**Tabla Nº 5. Influencia del ángulo del talud sobre la erosión y revegetación**

<b>Angulo de talud</b>	<b>Riesgos</b>
0	Riesgos de erosión ligera, mínima influencia del talud
10	Riegos de erosión moderada, gran éxito de la revegetación
15	Riesgos de erosión moderada, buen éxito de la revegetación
20	Riesgos de erosión moderada, bastante éxito de la revegetación
30	Riesgos de erosión peligrosa, escaso éxito de la revegetación
45°	Riegos de erosión graves, revegetación improbable

Fuente: Departamento de Minerales y Energía, Wester Australia.1996

#### **Factor antrópico.**

Durante la ejecución de las obras, en especial el tendido de líneas de conducción y la apertura de líneas sísmicas, la cobertura vegetal

especialmente en las colinas y alrededores sufrirán un proceso de deforestación en determinados sectores. Los fenómenos geodinámicos externos actuarán produciendo deslizamiento, lavado y erosión de suelos, remoción en masa por sobresaturación de agua en forma paulatina, ocasionando el empobrecimiento de los terrenos impactados.

### **Erosión de ribera fluvial.**

El principal desgaste lateral de derecha a izquierda del río está permanentemente en proceso de erosión sobre las rocas sedimentarias del terciario (Paleógeno), esta acción erosiva es continua cada año, con mayor o menor intensidad del proceso erosivo dependiendo de la crecida del Río Urubamba.

### **Erosión hídrica superficial.**

Es aquella en la que los procesos de disgregación de la roca o suelo, y la denudación y transporte, son producidos por el escurrimiento del agua de lluvia. Este tipo de acción tiende a producir erosión laminar, que consiste en una remoción de delgadas capas de suelo producida por el agua que discurre por terrenos uniformes y de pendiente baja, provocando la pérdida de la porción de suelo con mayor contenido de materia orgánica, lo que conduce a un empobrecimiento en nutrientes al suelo y a un descenso de la capacidad de almacenamiento de agua.

Otro fenómeno de erosión hídrica muy notorio es la formación de surcos donde los hilos de corriente de agua superficial se van concentrando a favor de las líneas de máxima pendiente del terreno generando concentraciones de flujo y aumentos de la velocidad del agua, con el consiguiente incremento de la potencia erosiva, llegando a abrir pequeñas incisiones longitudinales de hasta 30 o 40 cm. de profundidad con sección en "v" denominados surcos. Es importante mencionar que las pendientes en las colinas que superan los 3° de inclinación, tienen riesgos de erosión muy alto con escaso éxito de revegetación (departamento de minerales y energía, Western Australia, 1996).

**Tabla N° 6. Procesos geodinámicos**

Zonas	Erosión superficial	Deslizamientos	Inundaciones	Destrucción del paisaje
<b>Terraza alta</b>	Bajo	NO	NO	SI
<b>Terraza baja</b>	SI	NO	SI	SI
<b>Taludes del río</b>	SI	NO	SI	SI
<b>Isla o barras</b>	SI	SI	SI	SI
<b>Colinas</b>	SI	SI (<30°)	_____	SI

#### **5.4 Geología regional y local**

El estudio de geología ha sido elaborado con el fin de aportar datos fundamentales como el análisis del riesgo geológico (mediante el mapeo geológico), el estudio de geodinámica externa (procesos geológicos en superficie), y fenómenos de geodinámica interna (sismicidad), en el entorno del área en estudio.

El estudio se ha desarrollado fundamentalmente con el objeto de mostrar los probables impactos que se generarían en aspectos de seguridad (estabilidad de taludes, erosión hídrica, inundación) e impacto ambiental durante la construcción y el funcionamiento de la planta de gas, tendido de líneas de conducción, establecimiento de plataformas de perforación (San Martín 1, 2 y 3), y apertura de líneas sísmicas.

El área que comprende el anticlinal San Martín está conformado por pendientes que van desde los 10° hasta 40°. Las pendientes de 10° a 15° son áreas de poca acción geodinámica externa mientras las pendientes entre 15° y 40° se encuentran disectadas por riachuelos en su etapa inicial y se van profundizando hasta formar acantilados abruptos en los que a su vez ocurren deslizamientos de sedimentos arenosos. Anexo: mapa N° 3, pendientes (bloque 88, ERM)

El área de disposición de cortes de perforación corresponde a pacales en una zona de colina de moderada a fuertemente disectada por quebradas con pendiente hasta el 70%.

Las colinas comprendidas en las inmediaciones de la plataforma de perforación San Martín 1; tienen pendientes entre los 40° y 70°. Geográficamente la plataforma de perforación; se ubica sobre la cima de una colina con pendientes laterales de desde 30° hasta los 70°.

Existen quebradas de moderada profundidad entre los (30 y 50 metros) que cortan el terreno; pero, debido a la densa vegetación arbórea no se hacen muy notorias.

En la fotografía N° 1 se observa al área con vegetación (antes de las operaciones) y se puede comprobar el efecto de la vegetación sobre la apreciación del relieve.

El área cercana no muestra naturalmente taludes desnudos; el área se encontró cubierto de vegetación. Anexo: N° 4 mapa geológico (EIA, bloque 88, ERM)

**Fotografía N° 1** Vista del área de la plataforma de perforación San Martín 1; antes de las operaciones



**ERM 2001**

#### **5.4.1 Estudios previos**

La región fue estudiada mediante exploraciones geológicas orientadas a prospecciones de gas y petróleo en forma discontinua y por diferentes empresas y organismos oficiales, durante los últimos 30 años. Algunos de los trabajos principales generados y que han sido motivo de consulta en la preparación del presente capítulo, se listan a continuación.

Compañía Chevron Petroleum Overseas (1996-1997). “Estudios de prospección geológica y geofísica entre el Río Picha hasta el Pongo de Mainique”, para detectar posibles yacimientos de hidrocarburos.

- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (1988). “Levantamiento Geológico de los cuadrángulos del Sepahua, María, Unión, Quirigueti, Camisea, y Río Caspajali”.

- “Estudios geológicos efectuados en el pozo San Martín 1X, Río Alto Manu”, elaborados por Petróleos del Perú.

- “El potencial de recursos naturales de la zona del Río Camisea” efectuado por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) en 1998.

- Las empresa Shell Prospecting and Development (Perú) B.V y Mobil Exploration and Producing Perú, realizaron estudio en el área de Camisea por el período 1981 – 1987, que permitieron descubrir 2 yacimientos de gas no asociados, denominados San Martín y Cashiriari, Así mismo realizaron estudios de factibilidad para la explotación del gas.

#### **5.4.2 Metodología de trabajo**

Se inicio con un trabajo de gabinete el cual consta de la evaluación de los diferentes estudios y documentos posteriormente el reconocimiento de

campo, el análisis de suelos y la elaboración de los planos geológicos y geomorfológicos se ha procedido a elaborar el informe concerniente al marco geológico y geomorfológico general del área de estudio. Del mismo se ha derivado además un listado de posibles impactos y medidas de mitigación asociadas.

Tanto el estudio de campo, como el informe realizado han tenido en cuenta los siguientes objetivos:

- Determinar las propiedades físicas de las rocas y los depósitos cuaternarios, principalmente en las colinas, donde se desarrollará los trabajos de plataformas y los valles por los que atravesarán los ductos hacia la planta de gas de Malvinas. La identificación de propiedades físicas tiende a acotar posibles eventos de desastre por acción de la escorrentía hídrica y las precipitaciones pluviométricas e inundaciones en los diferentes sectores comprendidos por el proyecto.
- Determinar el grado de erosión hídrica de los acantilados ubicados en las orillas del río colindantes con las obras a realizar para la instalación de la Planta de Gas, campos San Martín 1, San Martín 3, Cashiriari 1, Cashiriari 3 y traza de las líneas de conducción. Aportar información para la evaluación de los fenómenos erosivos que pudiesen producirse como consecuencia del oleaje generado por barcazas sobre las orillas.
- Recomendar las medidas de mitigación para cada uno de los impactos identificados en el estudio, durante la ejecución y operación.

#### **5.4.3 Informes y fuentes de trabajo.**

Previo a la realización del trabajo de campo se efectuó una recopilación de información ya generada sobre aspectos geológicos diversos del área de estudio. Algunos de los trabajos principales consultados se listan a continuación:

- Instituto Geológico Minero Metalúrgico, las cartas geológicas de Camisea escala 1:100000 de Sepahua, Cashpajal, Timpia, y Río Picha. (1,998)



- Instituto de Recursos Naturales. Recursos Naturales de la zona del Río Camisea. (ONERN), 1988
- Trabajo de Chevron, 1997
- Informes Internos de Petroperú. (1967 – 1974)
- Estudios de Shell prospecting and Development y Mobil Exploration and Producing Perú. (1981 –1987)
- Imágenes Landsat TM, a escala 1:100 000m bandas 4, 5,7 del año 2000.

#### **5.4.4 Marco estratigráfico**

El esquema estratigráfico general para el área estudiada ha sido desarrollado en forma resumida en los puntos siguientes:

##### **A Era Paleozoica (Pz)**

Corresponde a rocas que afloran en el sector sudeste del lote 88, conformando macizos rocosos que son los más antiguos de la zona. Topográficamente forman parte de la estribación andina de la cordillera oriental de los Andes; morfológicamente es abrupto y de ríos encañonados. Estas unidades en las áreas correspondientes a las plataformas de perforación y a lo largo del área prospección sísmica se encuentran a una profundidad superior a los 1500 m y están representadas por las siguientes formaciones:

##### **• Grupo Tarma**

Es una intercalación de areniscas, lutitas y limolitas donde normalmente el material silicoclástico es de mayor grosor comparado con las capas pelíticas.

##### **• Grupo Copacabana.**

Se trata de calizas micríticas gris a gris oscuro compactadas y fosilíferas (braquiópodos, pelcípodos y briozoarios) con abundantes bioclastos en capas medianas a gruesas, se intercalan lutitas gris oscuras, algo calcáreas, fisible, así como dolomita color gris claro a beige en capas medianas a delgadas.

- **Formación Río Tambo.**

Es una secuencia de lutitas gris oscura no calcárea hacia la base y al tope una intercalación de areniscas cuarzosas, colores blancos a marrón rojiza, grano fino a muy fino bien clasificada y con limolita marrón rojiza pálida, no calcárea, bien dura en capas de medianas a gruesas; hacia el tope irregulares bandas paralelas e intercaladas.

## **B Era Mesozoica.**

El conjunto de formaciones pertenecientes a esta Era afloran principalmente en la parte sudeste del lote. En la zona relevada correspondiente al área de plataformas de emplazamiento de pozos y traza de las líneas de conducción, se encuentra a profundidades superiores a los 1,000 a 1,500 m. Cretácico (Kt)

- **Grupo Oriente.**

Constituido por areniscas cuarzosas blancas con bastante feldespato de grano medio a fino, con intercalaciones de lutitas amarillas y rojas en estratos delgados de 2 a 3 metros.

- **Formación Chonta.**

Constituido por lutitas color gris a oscuro y violáceo, intercalado con calizas grises de 3 a 5 m de espesor.

- **Formación Vivian.**

Constituido por areniscas blancas de grano grueso hasta fino con bastante estratificación cruzada.

## **C Era Cenozoica.**

Serie Paleógeno

- **Formación Yahuarango.**

Esta formación se caracteriza por una alternancia de secuencias pelíticas y areniscosas. Se ha observado capas de lodolitas de color marrón a rojizo oscuro, algo calcáreas, moderadamente duras, que se exponen en capas gruesas, masivas con bandeamientos delgados de color gris verdoso. Asimismo se intercalan en esta secuencia, lodolitas de color rojo ladrillo, en capas medianamente gruesas.

Estas lodolitas a su vez tienen intercalaciones de capas delgadas de limoareniscas de color marrón rojizo que se pierden por acuñamiento. A su mismo se observan delgadísimos horizontes de arenisca gris clara. En forma general esta secuencia presenta una coloración netamente roja. Las areniscas cuarzosas algo arcillosas de color gris claro presentan una ligera tonalidad gris rosáceo, probablemente teñido por el material pelítico. Se observan bioturbaciones y presencia de material carbonoso en forma de fragmentos irregulares.

Esta formación aflora a lo largo del eje de los anticlinales de Cashiriari y San Martín, siendo debilitado estructuralmente por el levantamiento y la formación de pliegues (fotografía 2), lo que se pone de manifiesto con la formación de colinas muy disectadas.

**Fotografía N° 2** Colinas disectadas con alta pendiente



• **Formación Chambira**

Se caracteriza por una intercalación de lodolitas rojas, alternadas con gruesas capas de areniscas pardas claras de grano medio a fino. La intercalación pelítica es principalmente de limo arcillita abigarradas, con horizontes de niveles delgados de areniscas pardas, de grano fino, bien consistentes, los que terminan en algunos casos por acuñamientos. También es frecuente observar niveles o venillas de yeso asociados con lodolitas rojas. El paquete pelítico se sobrepone de manera alternante con areniscas cuarzosas de color gris claro, de grano medio a fino. Estas capas de areniscas se exponen hasta con un grosor de 2 m sobre todo en la parte superior de toda la secuencia antes de su contacto con la formación Ipururo.

• **Formación Ipururo**

En la zona se encuentra representada en el flanco de los anticlinales de Cashiriari y San Martín. Estos pliegues se registran en cortes observados en la margen izquierda y derecha del Río Urubamba con buzamientos desde 20° hasta subverticales y de rumbo aproximado de 70° al NE. El comportamiento a los procesos geodinámicos externos es ligeramente menor que la formación Yahuarango.

**D Serie Neógeno**

• **Formación Ipururo (N-I)**

Esta unidad presenta gran exposición en el área del proyecto, en especial a lo largo del Río Urubamba y sus afluentes como el Río Camisea y el Río Cashiriari. Principalmente está constituida por gruesas capas de arenas de grano medio a grueso intercaladas pobremente con limo areniscas y limo arcillitas de color pardo amarillento.

En esta secuencia silicoclásticas es frecuente ver niveles de paleocanales constituidos por conglomerados y nódulos de areniscas con presencia de óxidos de hierro. En los horizontes de areniscas también se aprecia estratificación sesgada con presencia de paleocanales de conglomerados polimícticos. En estas areniscas alternan lodositas rojizas de suave tonalidad, friables poco compactas, limolitas color pardo amarillento con presencia de nódulos de pirita.

Durante el recorrido de la zona se ha podido observar la presencia de paleocanales y hacia el tope de la formación, capas delgadas de areniscas bien clasificadas con presencia de carbonato, intercaladas con capas delgadas de lodolitas.

Estructuralmente esta formación se ubica en los extremos de los flancos del anticlinal, siendo de menor susceptibilidad a los ataques de erosión hídrica. Sin embargo se halla expuesta al proceso geodinámico externo actual, que al va erosionando en forma sostenida a lo largo del tiempo.

## **E Depósitos Cuaternarios.**

### **• Depósitos fluvio-aluviales (Q -fl-al).**

Fueron generados por inundaciones o antiguos cursos de ríos caudalosos que dejaron lagunas temporales con una suave alimentación y desfogue creando sobre ellos bio. Suelos recientes que estarían reposando sobre sedimentos de la formación Yahuarango, Chambira e Ipururo. Estos depósitos aluviales se ubican a lo largo de los ríos Urubamba, Camisea, Cashiriari y en áreas adyacentes a los ríos caudalosos. Estos depósitos cercanos a la margen del río están relacionados a los procesos dinámicos del Río Urubamba. En el caso de ríos de poca pendiente, estos depósitos tienen un grosor más homogéneo y son extensos, de grano más fino que aquellos que se encuentran ubicados en la naciente del Río Urubamba.

Estos depósitos aluviales en los valles están constituidos por gravas, arenas de composición heterométrica y una parte de limos cubiertos por depósitos residuales.

Estas áreas son anegadizas por tributarios de los ríos adyacentes a los ríos principales. Mayormente son terrazas media y altas por tanto la inundación es poco probable por la crecida del Río Urubamba. Sin embargo las terrazas bajas son proclives a la inundación.

- **Depósitos fluviales (Q -fl).**

La acción de la escorrentía de los ríos Camisea, Cashiriari y Urubamba, hace que los depósitos fluviales estén en constante movimiento. Temporalmente éstos se acumulan en forma de terrazas donde se intercalan arenas y niveles de limo arcilla que forman depósitos de tipo islas o barras. Desde el punto de vista geológico estos materiales son temporales, es decir, cumplen el ciclo de transporte, acumulación y transporte, dependiendo de la crecida de los ríos y la pendiente del mismo.

- **Depósitos residuales (suelos).**

Es la parte más delgada de la superficie del área, constituyendo una capa de color marrón variando a rojo de granulometría fina a medianamente gruesa. Se puede clasificar como un limo, arcilla y hasta arenas finas, formado por la desintegración de los sedimentos y la descomposición de la materia orgánica.

En este tipo de depósitos se observa en perfil del suelo, generalmente de dos capas: una capa muy delgada de 4 a 6 cm de espesor principalmente color gris a negro resultado de la descomposición de la materia orgánica, y la otra parte de color rojizo a pardo oscuro constituido de arcilla limosa y algo de arena fina con material lixiviado que proviene de la capa superior en forma de solución o coloideos.

#### **5.4.5 Vulnerabilidad.**

Tomando como base la información recabada de estudios precedentes y las observaciones efectuadas durante los trabajos de campo, se efectuó una correlación entre las formaciones aflorantes y su grado de vulnerabilidad. La misma se presenta en la tabla siguiente:

**Tabla Nº 7. Formaciones de rocas versus su grado de vulnerabilidad.**

Formaciones	Grado de Vulnerabilidad		
	Baja	Media	Alta
Depósitos residuales			A erosión por la lluvia
Depósitos aluviales			A erosión fluvial
Depósitos fluvio aluviales antiguos	A erosión fluvial	-----	A Inundación a terraza baja
Formación Iporuro	A escorrentía superficial	A escorrentía superficial	
Formación Chambira	-----	A escorrentía superficial	
Formación Yahuarango	-----	Deslizamientos	A escorrentía superficial
Cretáceo	A erosión superficial (dureza alta)	Deslizamientos (alta pendiente y cobertura)	A escorrentía superficial (alta pendiente)
Paleozoico	-----	Deslizamientos (alta pendiente y cobertura)	A escorrentía superficial (alta pendiente)

**Tabla Nº 8 Correlación entre las infraestructuras correspondientes al proyecto y las unidades geológicas identificadas.**

Tipo de roca / Suelo	Estructura y sedimentos	Ubicación de infraestructuras
Cuaternario	Terrazas (gravas arenas y suelos residuales)	Accesos: Plantas de gas.
Familia del Yahuarango	Basamento debilitado	Accesos: Pozos de gas. Líneas sísmicas
Familia Chambira	Basamentos con arenas y limos compactos	Accesos: Pozos de gas. Líneas sísmicas
Familia Ipururo (foto No 8).	Basamentos con arenas y limos ligeramente compactos	Accesos. Pozos de gas. Líneas sísmicas
Cretácico	Duro y compacto	Pozos
Paleozoico	Duro y compacto	Pozos

#### **5.4.6 Control estructural del área del proyecto**

Debido a las características geológicas y regionales, donde se implanta el proyecto, motivo del presente estudio, se observa un gran control estructural, en especial en la zona correspondiente a los anticlinales San Martín y Cashiriari y sector norte del lote. En el caso de la zona de Malvinas, la misma está controlada por el anticlinal de Cashiriari, lo cual se evidencia son por la disposición sub, vertical a vertical de los estratos que afloran en la margen izquierda del Río Urubamba.

Esta estructura, se ha formado como consecuencia del levantamiento parcial, de la corteza terrestre a lo largo del eje actual del anticlinal; la formación suprayacente (formación Chambira e Ipururo fue erosionado), quedando al descubierto la formación Yahuarango.

La formación Yahuarango presenta estructuras falladas tal como lo evidencia su disposición subvertical. Esta deformación estructural mayor es en el eje del anticlinal, zona de mayor debilidad y proclive a la erosión y disección, lo que conduce a la formación de colinas abruptas y disectadas con pendientes superiores a los 30°.

Los estratos de la formación Chambira e Ipururo, también son afectados por el plegamiento, pero por su posición en los flancos del anticlinal, son erosionados en menor grado que la anterior.

#### **5.4.7 Sismicidad.**

El área de estudio está comprendida dentro de una región de moderado riesgo sísmico, con probabilidades de ocurrencia de sismos importantes que podría afectar a los centros poblados e instalaciones proyectadas.



Según los informes del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico la mayor cantidad de epicentros se han localizado hacia el sector oeste del Lote 88. En el área de estudio sólo se han localizado 5 epicentros, con magnitudes medias de 4.5 Mb (magnitud) y con profundidades menores de 80 KM (3 fuentes de subducción superficial y 2 intermedio). Según el mapa de regionalización sismo tectónico (DEZA E. 1997), el área estudiada en un 28% se ubica en la zona 3 (sector oeste), actualmente con mayor actividad sísmica mínima, 48 % en la zona 5, 24% para la zona 7 (sector este). El mayor riesgo representa la zona 3, con posibles ocurrencias de sismos de intensidad iguales o mayores a IV MM. (Mercalli modificado).

Para una visión más amplia se ha identificado las zonas y el riesgo sísmico en la tabla No 9

**Tabla Nº 9. Regionalización sismo tectónico.**

<b>ZONA</b>	<b>CENTROS POBLADOS O LUGARES</b>	<b>RIESGO SÍSMICO</b>
<b>1</b>	Río Camisea Alto, Río Manu Chico, Río Manu	Zona activa en el presente siglo con profundidades mayores que 20 Km.
<b>3</b>	Río Camisea, Segaquiato, Nuevo Mundo, Quiriguete, Malvinas, Camisea, Puerto Huallana, Mayapo, Río Picha, Río Sepa	Extensión de la zona por similitud de características tectónicas y datos históricos (actividad sísmica actual mínima).
<b>5</b>	Sepahua, Miara, Sancua Sensa, La Florida Los Ángeles, Boca Dorado.	Zona de actividad sísmicas actual con profundidades mayores que 60 Km
<b>7</b>	Río Sepahua, Pongo Lagarto, Agua Negra, Unión, Chushupe, Sungaro, Río Las Piedras, Río Sambuyacu	Zona cuya actividad podría originar sismos de baja intensidad

Fuente: Instituto Geológico Minero Metalúrgico, Boletín N° 125, 1998

## **5.5 La perforación petrolera y el sistema de control de sólidos**

### **5.5.1 Actividades de perforación en la industria petrolera**

Las labores de perforación se inician con la construcción del campo, que consiste en el desbroce y obras civiles con maquinaria pesada, llevadas al lugar en operaciones helitransportadas.

Seguidamente a la etapa de construcción de la locación, se inicia el traslado del equipo, el cual se comienza a armar en la plataforma in situ. El traslado

del equipo, implica aproximadamente 250 vuelos de helicóptero. El tiempo que toma el armado del equipo puede variar dependiendo de la envergadura del mismo, el taladro.Nº 228-Parker Drilling de San Martín 1 tardó 30 días aproximadamente.

Para la perforación en si se entornilla una broca o barrena en el extremo inferior de la columna de perforación, que consiste en collares de perforación y piezas de tubería entornillados unos tras otros. Los collares de perforación son tubos de paredes gruesas que dan la concentración de peso y rigidez necesarios inmediatamente encima de la broca al fondo del pozo. La correcta colocación y cantidad de collares usados en combinación con los estabilizadores del pozo, son vitales en la perforación.

La totalidad de la columna de perforación se encuentra suspendida al sistema de poleas del castillo de perforación y el movimiento circular de la columna de perforación es dado por la mesa giratoria situada en el piso de la base de la torre. La presión vertical necesaria para perforar es aplicada bajando la polea que sostiene la columna de perforación, consecuentemente apoyando el peso de la columna de perforación sobre la broca.

A fin de enfriar la broca, limpiar el material perforado, así como, mantener presión sobre las formaciones perforadas, un fluido arcilloso tratado químicamente, conocido como lodo de perforación, es constantemente bombeado a alta presión por dentro de la tubería que conforma la columna de perforación, este lodo circula de regreso a la superficie por el espacio libre entre la tubería y la formación.

Al producirse esta recirculación del lodo, éste trae consigo el material que la broca ha cortado, estas muestras son colectadas y estudiadas por los geólogos para su evaluación, así como, para buscar signos de la presencia de petróleo y gas. Conforme avanza la perforación y la broca se va profundizando, se va añadiendo a la columna tramos sucesivos de 30 pies.

Cambiar una broca cuando ésta se gasta, se maltrata o cuando un nuevo estrato geológico requiere una broca diferente, es conocido como “hacer un viaje” y significa extraer la totalidad de la columna.

Los pozos, según progresa su profundidad, se van perforando con brocas de diámetros menores. Esto se debe a la necesidad de revestirlos con tuberías de acero denominadas tuberías de revestimiento después de haber perforado cada cientos o miles de pies, a fin de aliviar la presión de las paredes del pozo y evitar derrumbes. Un pozo típico de selva en Perú se inicia con broca de 17 pulgadas, se forra con tuberías de revestimiento de 13<sup>3</sup>/<sub>8</sub> pulgadas y se continúa perforando con 12<sup>1</sup>/<sub>4</sub> pulgadas se forra con tuberías de revestimiento de 9<sup>5</sup>/<sub>8</sub> y se termina perforando con 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> y se forra el último tramo con tuberías de revestimiento de 7 pulgadas.

La colocación del tuberías de revestimiento, es una operación compleja, pues el forro debe ir cementado a las paredes del pozo, esto implica bombear gran cantidad de cemento por el centro del tubo hasta el fondo de la tuberías de revestimiento, a fin que este salga al final y por presión comience a subir a la superficie por el área libre que queda entre la pared y el pozo.

El pozo concluido y cementado queda listo para la siguiente etapa de testeo de pozo.

## **5.5.2 Residuos de perforación en San Martín 1.**

La actividad de perforación en San Martín 1, generó residuos sólidos en grandes cantidades (volumen y peso) como son: residuos de embalaje de químicos, cortes de cemento, residuos de hidrocarburos y material contaminado con estos, cortes de perforación entre otros, estos son manejados de acuerdo a los procedimientos aprobados para el Proyecto Camisea y presentadas al Estado Peruano. Estos residuos se generan particularmente por la actividad de perforación.

### **5.5.2.1 Cortes de perforación base agua**

Los cortes de perforación son los restos triturados de las distintas formaciones litológicas que han sido perforadas a lo profundo del pozo. Generalmente, son pequeños (entre el rango de 5µm a 30 µm) y están compuestos por arcilla, areniscas, esquistos,

carbonatos, haluros, etc. Dichos cortes son evacuados en conjunto con el lodo de perforación desde el pozo e ingresan al área de control de sólidos para luego ser removidos hacia su disposición final.

#### **5.5.2.2 Desechos químicos**

Los aditivos químicos utilizados en el sistema de lodos incluyen productos en sacos (bentonita, barita, caústica, etc.), posibles ítems a granel y cilindros. Los otros productos químicos que se encuentren en el lugar pueden incluir cemento, aditivos de cemento, químicos para el tratamiento de aguas industrias (aguas generadas en el pozo).

La manipulación de los químicos se lleva a cabo a través de montacargas desde el área de enganche de helipuerto, hacia el almacén de químicos y posteriormente a los conos de mezclado, en el área de lodos y cemento.

#### **5.5.2.3 Cemento**

La cementación es el proceso de fijación con cemento de la tubería de revestimiento a las paredes del pozo mismo. Este procedimiento genera grandes volúmenes de cemento de desecho; el cual es tratado en el sistema de control de sólidos u dispuestas de acuerdo al procedimiento establecido.

El cemento sobrante de los trabajos de cementación se acopia y se transportan hacia el área de disposición final fuera del campo San Martín 1. Asimismo los residuos de empaques y bolsas de cemento son manejados de acuerdo al procedimiento establecido para la disposición de residuos.

#### **5.5.2.4 Desechos metálicos**

Los metales son desechos comunes de la operación de perforación. Se puede esperar que incluyan brocas gastadas, protectores de tuberías de revestimiento, líneas de perforación, revestimientos de bombas y pistones, filtros. Desechos de soldadura, cilindros de combustible y encintados, etc.

#### **5.5.2.5 Otros residuos**

Incluyen los demás residuos que se generan y que comprenden plásticos, cartones, membranas, etc. Estos ingresan al sistema de residuos de acuerdo una clasificación preestablecida.

### **5.5.3 Actividades de producción en la industria de petróleo y gas.**

Concluidas las etapas de perforación y testeo de los pozos del campo, está lista para el ensamblaje de las estructuras e instalaciones de producción.

Los equipos de producción incluyen, además de los pozos con sus instalaciones propias, separadores de gas, a fin de aislar el petróleo y el gas producido, grandes trenes de compresoras para reinyectar a los pozos gas y condensados, operaciones que se hacen a fin de mantener la presión del reservorio, laboratorios, talleres de mantenimiento para sofisticados equipos electrónicos, una antorcha, almacenes y un campamento.

En la fotografía N° 3, se muestran estructuras y válvulas típicas de producción de pozo.

Cada pozo está unido a la batería de producción por líneas de flujo para llevar lo producido. En general son varios los kilómetros de tubería que se tienden entre los equipos y el pozo.

**FOTOGRAFÍA N° 3:** Estructuras típicas en la fase de producción de pozo.



**Shell 2005**

#### **5.5.4 Lodos de perforación.**

El lodo de perforación es un líquido con propiedades geológicas controlados que se hace circular hacia la parte inferior de la sarta de perforación a través de la broca y hacia la parte superior del anulo de la tubería / agujero hacia la superficie. La función principal del lodo de perforación es llevar los cortes de perforación hacia la superficie, sin embargo también cumple otras funciones.

En la superficie, los cortes se remueven utilizando cribas de lodo, una combinación de trampas de arena, desarenadores, eliminadoras de limo, centrífugas y limpiadores de todo para el reacondicionamiento y reutilización del lodo.

El fluido utilizado para producir lodo de perforación puede ser: agua dulce, agua salada o petróleo. Para el caso de las actividades desarrolladas en San Martín 1, esta corresponde a agua dulce, captada de una quebrada aledaña. Se añaden aditivos al fluido basándose en características medidas para mantener las propiedades deseadas de acuerdo con lo definido en el programa de lodos.

Las sustancias químicas más comunes son la bentonita (una arcilla de la familia esmectita), baritina (una fórmula inerte del sulfato de bario), soda cáustica (NaOH), cloruro de sodio (NaCl), cloruro de calcio (CaCl) y cloruro de potasio (KCl), así como numerosos polímeros orgánicos. Estas sustancias químicas también pueden reaccionar con otras sustancias químicas en las formaciones que están siendo perforadas y formar compuestos adicionales.

El sistema de control de sólidos, remueve eficientemente la mayoría de los sólidos perforados del lodo, mientras el pozo se perfora. El resultado es menor dilución y menor cantidad de sólidos para disponer.

### **5.5.5 Sistema de control de sólidos de perforación**

#### **5.5.5.1 Línea de conducción de lodo y tanque de distribución a cribas.**

El flujo de lodo, desde el castillo de perforación a través de la línea de retorno de lodo, ingresa a un tanque de distribución a cribas por el centro de la parte inferior del mismo y que se encuentra montado detrás de las cribas vibratoras CM2. Esto permite una distribución pareja de flujo en los tres vibradores de cascada, permitiendo la filtración más fina posible.

La línea de flujo está equipada con impulsores de lodo a alta presión que pueden utilizarse para bombear cualquier sólido acumulado. Esto minimiza el taponeo de la línea de flujo y la acumulación de lodo.

#### **5.5.5.2 Vibradores**

Los tres vibradores en cascada comprenden un vibrador de modelo CM2 de movimiento circular montado sobre un segundo vibrador modelo LCM2D de movimiento lineal.

La función de los CM2, es hacer un primer corte del lodo. Separando los sólidos de los líquidos, en el primer lodo del pozo.

Este primer corte permite que el equipo a utilizar en las fases siguientes sea más eficaz.

Los secundarios LCM2D, emplean un área de filtración grande. Movimiento lineal y fuerzas de gravedad más exigentes para efectuar un corte secundario de los sólidos de perforación que salen del pozo, este retiro inteligente de sólidos aumenta la eficacia global del sistema de colección de sólidos.

Luego del tratamiento en los vibradores y trampas de arena, el lodo del pozo ingresa a centrifugas para recuperar barita y finos que son perjudiciales para el lodo de perforación.

Los sólidos retirados del lodo de perforación se denominan cortes de perforación.

#### **5.5.5.3 Trampas de arena.**

En esta se retienen los sólidos de mayor tamaño del lodo. Ayuda a retener sólidos que luego podrían obstruir los hidrociclones y arruinar el tratamiento del lodo en el sistema retirando sólidos entre los 50 y 300  $\mu\text{m}$ .

#### **5.5.5.4 Acondicionador de lodo.**

Esta se encarga de acondicionar el lodo usando dos conos desarenadores y 16 conos de finos, retirando los sólidos que los vibradores no pudieron extraer y sus pantallas vibratoras, evitan la pérdida de agua excesiva y minimiza el impacto ambiental por minimizar efluentes.

#### **5.5.5.5 Centrifugas.**



Son el último paso en el sistema de remoción de sólidos, y en este se remueve sólidos muy finos que disminuyen la calidad del lodo.

Las centrifugas con las que se cuenta son:

Dos centrifugas HS3400 para activar el sistema. Estas operan a alta velocidad y giran aproximadamente a 3250 rpm y generando 2100 gravedades de fuerza.

Una centrifuga SC4 es utilizada normalmente para la deshidratación; sin embargo también es utilizada para recuperar baritina.

#### **5.5.5.6 Deshidratación y reutilización de exceso de lodo.**

El exceso de lodo de perforación es almacenado en tanques para su reutilización. El lodo que no es reutilizable, se somete al proceso de deshidratación, donde se separan los sólidos de los líquidos. La fase sólida es dispuesta con el resto de sólidos de perforación (cortes de perforación) y el agua se guarda para la preparación de nuevo lodo.

El lodo, es separado en dos fases luego de una serie de procesos como son la coagulación, floculación y centrifugación. Ante una eventual descarga de la fase líquida, esta debe ser tratada en la unidad de tratamiento de efluentes industriales (tanques australianos).

#### **5.5.5.7 Sistema de colección, tratamiento y disposición de cortes de perforación.**

Los cortes son colectados por un tornillo transportador. El sistema colecta todos los cortes de perforación de los equipos de control de sólidos y los conduce al área de manejo de cortes de perforación. El área es cubierta para impedir la filtración de agua de lluvia que a su vez aumenta el volumen generado.

La cal viva, se adicionaba conforme sea requerido para secar los cortes de perforación y así facilitar el ensacado de los mismos. Se utiliza un tornillo de 6" para suministrar la cal.

Los cortes de perforación no deben contener materiales tóxicos. Los cortes de perforación ensacados son transportados a la pila de disposición. La estación de ensacado y la pila de disposición se observa en la fotografía N°4.

**Fotografía N° 4 Estación de ensacado y pila de disposición.**



**Qmax–Brant 2003**

## **5.6 Características del *Paspalum virgatum* “paja pichi”.**

*Paspalum virgatum* nombrada comúnmente “paja pichi” entre los habitantes de Camisea, es una planta rizomatosa perenne, de raíces profundas, que alcanza una altura de 60cm o más. Nativa de Centroamérica y Sudamérica, adaptada a las zonas tropicales y subtropicales. Es un pasto muy útil, resistente frente al pastoreo. Es resistente a la sequía, sin embargo en Nigeria septentrional se torna latente en la temporada seca. Se considera generalmente que su requerimiento de fertilización es bajo. Forma con facilidad céspedes densos y puede someterse al pastoreo 3 meses después de su siembra. No existe otro pasto igual, para la conservación del suelo.

El “paja pichi”, se encuentra en la selva baja desde Ucayali (Pucallpa) hasta la cuenca baja del río Urubamba, formando parte del paisaje de sotobosque. Se encuentra en las chacras o desbosques de las comunidades nativas.

Las hojas son muy suaves al tacto, y cuando se fertiliza apropiadamente las hojas toman un color verde azulado a verde oscuro. Se ha observado que se desarrolla en suelos con los niveles de sal de 20 mmhos/cm y superior.

#### **5.6.1 Tipos de suelo.**

El *Paspalum virgatum* se desarrolla bien en una gama amplia de tipos de suelo. Se ha observado buen crecimiento en Hawái en las tierras arenosas, calcáreas con un pH de 8 y las tierras arcillosas, ácidas con un pH de 5. Se ha desarrollado en suelo arcilloso de selva amazónica del bajo Urubamba con pH entre 3 y 5.

#### **5.6.2 Establecimiento.**

El *Paspalum* se propaga por las ramas, el estolón (brote lateral, normalmente delgado, que nace en la base del tallo de algunas plantas y que crece horizontalmente con respecto al nivel del suelo.), césped y semilla. Se siembra en cantidad de 10 a 20 kg. de semilla por hectárea.

#### **5.6.3 Riego.**

El requisito de riego de *Paspalum virgatum* no se ha estudiado completamente. El césped crece en los sitios húmedos y en lugares con deficiencia de agua. Tolerancia a aguas salobres o recicladas.

#### **5.6.4 Fertilidad.**

Cuando el uso de *Paspalum virgatum* es de tipo doméstico (césped de jardín), requiere el cuidado básico de jardinería.

Durante el establecimiento de *Paspalum virgatum* deben aplicarse cantidades pequeñas de fertilizantes para acelerar crecimiento. Durante la 3ra y 4ta semana el crecimiento se debe aplicar en proporción de 250 gr de nitrógeno por 9000 m<sup>2</sup> dos aplicaciones.

Para propiciar el desarrollo de la raíz, debe aplicarse fósforo durante el sembrado, en proporciones similares o mayores que el nitrógeno. El Paspalum necesita del potasio también en mayor proporción durante el sembrado, particularmente cuando hay irrigación con agua salina. Hasta que el césped no proporcione una cobertura buena la proporción N: P: K debe ser uniforme a 1:2:3 en aplicaciones quincenales.

#### **5.6.5 Plagas.**

En general, el Paspalum virgatum tiene pocos problemas con los insectos y requisitos de pesticidas. Está sujeto a los problemas ocasionales de los grillos, piojo del césped, larvas blancas y gusanos; sin embargo, estos no merman al gras. Generalmente no tienen ningún problema con otros insectos o plagas.

#### **5.6.6 Enfermedades.**

El Paspalum tiene relativamente pocos problemas de enfermedad. Organismos que pueden causar los problemas incluyen los fusarium, que puede encontrarse bajo condiciones de alta temperatura, húmedos o cuando el césped está bajo alta tensión de sequedad. Cuando se infecta la planta cambiará el color del verde al castaño rojizo o al castaño oscuro.

#### **5.6.7 Ventajas.**

El Paspalum virgatum produce un gras denso de alta calidad con los requisitos de fertilidad mínimos. Puede exhibir una disminución de su calidad ante condiciones extremas medioambientales pero, no implica que alcance niveles irreversibles.

Algunas de las condiciones que tolera incluyen:

- Los Paspalum virgatum pueden crecer directamente en las playas del océano o cerca de un pantano afectado de sal.
- Tolerancia de sequedad buena, bajo la dirección apropiada.
- Produce un gras de alta densidad y alta calidad con requisito de nitrógeno bajo.
- Tolerancia de una gama amplia de pH del suelo (de 4 a 9)

- No requiere pesticidas. Resistente a plagas.
- Tolerancia al uso intenso de pastoreo.
- Tolera períodos largos sin luminosidad (cielo nublado)
- Tolerancia a inundaciones o períodos de alta humedad.
- Produce un sistema radicular denso en arena o arcilla.

**Fotografía N° 5 Paspalum virgatum “paja pichi”**



Bancallán Verona, 2003

### **5.7 Restauración del paisaje mediante el uso de vegetación.**

La mayor parte de las actividades industriales provocan un impacto sobre el paisaje, impacto que se agudiza cuanto mayor es el contraste entre los establecimientos industriales y el entorno. Se trata por lo general de paisajes que registran un alto grado de artificialización. Sometidos a una sobrecarga espacial y que producen sensación de aglomeración.

El uso de una cubierta vegetal es una técnica adecuada para minimizar este impacto y conseguir la integración de la zona dentro del paisaje circundante. El uso de vegetación permite minimizar la evidencia de las actividades humanas, de forma que disminuye la fragilidad visual que presentan los paisajes industriales degradados y contribuye a evitar la sensación de artificialidad.

El uso de vegetación requiere un análisis previo a las características de la zona de actuación y de su entorno. La localización geográfica, de la que dependen la calidad y las características del paisaje del entorno, la topografía del terreno sobre el que se

asiente la instalación, los caracteres geométricos, los materiales que configuran el paisaje, el estado actual de la cubierta vegetal existente y el resto de los factores ambientales, influyen de forma decisiva en el diseño de la revegetación, en la selección de las especies que han de utilizarse y en el éxito de la restauración.

Los tratamientos que emplean la vegetación como solución básica para la integración paisajística de una zona son muy variados. Destacan entre ellos la instalación de pantallas vegetales y la creación de zonas verdes. Ver anexo: mapa N° 5, unidades de vegetación( EIA, Bloque 88, ERM)

### **5.7.1 Influencia de los factores ambientales sobre la vegetación.**

Las plantas como todos los seres vivos, requieren de una serie de condiciones que aseguren su supervivencia. Estos requerimientos hacen referencia no sólo a las necesidades nutricionales, sino también a las condiciones ambientales en que se desarrollan. Cada especie vegetal tiene intervalos de tolerancia determinados para cada uno de los factores ambientales y es dentro de estos intervalos donde la planta se puede desarrollar. Por tanto, el medio a de cumplir una serie de exigencias en función de la composición de las especies de la cubierta vegetal que permitan el desarrollo en cuanto a iluminación, humedad, temperatura, pH y a otros factores se refiere.

Los factores que afectan directamente al desarrollo de las plantas son muy variados, se pueden agrupar en:

- 1) Luz
- 2) Temperatura
- 3) Régimen de precipitaciones
- 4) Factores edáficos.
- 5) Topográficos

### **5.7.2 Criterio general para la implantación de vegetación.**

La elección de un tratamiento de implantación de la vegetación para la corrección del paisaje debe ir acompañada de una serie de consideraciones. En primer lugar es necesario estudiar los objetivos de este tratamiento;

además de buscar la amortiguación de los efectos estéticos es posible mejorar la calidad ecológica del medio gracias a la función protectora de la vegetación. La instalación de vegetación minimiza el contraste visual de las instalaciones, filtra la contaminación atmosférica y el ruido, estabiliza el suelo, protege contra la erosión hídrica, y sirve como refugio de la fauna.

La planificación del tratamiento debe de enfocarse hacia la máxima obtención de los efectos deseados.

### **5.7.3 Criterio de selección de la especie vegetal.**

En primer lugar debemos tener en cuenta que la restauración llegue a un buen fin, esto depende, en gran medida, de la especie elegida para realizarla. Para ello tendremos que considerar un conjunto de factores abióticos y bióticos que influirán en la supervivencia de la especie elegida, en función de estos factores aplicaremos una serie de criterios de selección que podemos reunir en tres grupos: unos de carácter general, en los que tendremos aspectos macro climáticos de la zona a restaurar y los usos futuros de la misma; otros a un nivel más local, que tendrán en cuenta factores relativos a aspectos que puedan alterar la salud de la especie elegida para la restauración y por último, un tercer grupo que tenga en cuenta las exigencias fisiológicas relativas a la especie elegida.

## **5.8 Experiencias del uso de Paspalum virgatum “paja pichi” en restauración.**

### **5.8.1 Caso Camisea.**

La restauración de áreas erosionadas por precipitación pluvial es un elemento importante en el manejo ambiental del Proyecto Camisea. Cientos de hectáreas han sido desnudadas con la finalidad de instalar estructuras para la producción y conducción del gas, desde los pozos hacia la planta de fraccionamiento de Malvinas.

Dadas las características ambientales del área que presenta 4 a 5 meses extremadamente lluviosos y 5 a 6 meses de sequía, con temperaturas superiores a los 38 grados Celsius, era necesario reconocer en la biota silvestre una planta con capacidad de adaptación, rápido crecimiento y resistencia a plagas, para revegetar todas las áreas degradadas.



En las actividades de reforestación de áreas abandonadas o liberadas por el proyecto se ha considerado la siembra de un pasto con características particulares, este es el Paspalum virgatum denominado localmente “paja pichi”.

El uso de esta especie en la restauración de áreas degradadas en los sub proyectos de Camisea ha sido validado ampliamente por los resultados favorables que se han obtenido. El problema frecuente en las líneas de conducción de gas se resume en la pérdida de suelo, formando cárcavas profundas, amenazando las estructuras de las tuberías.

La “paja pichi” es utilizada en la estabilización de suelo en las líneas de conducción. Se ha observado que el pasto resiste las condiciones adversas de temperatura y humedad durante todo el año y desarrolla rizomas fuertes y de tamaño adecuado para evitar que el suelo sea arrastrado por lluvia. Los buenos resultados de la “paja pichi” se muestran en las fotografías N° 6 y 7.

En la restauración de las líneas de conducción, se ha trabajado aproximadamente 180 mil m<sup>2</sup> con un número aproximado de un millón de plántones y se proyecta la siembra de 50 mil m<sup>2</sup> con un número aproximado de trescientos mil plántones más. Todo esto considerando los resultados favorables de los plántones de Paspalum virgatum.

La siembra de la “paja pichi” en las líneas de conducción, no ha requerido tecnología compleja, sino se ha llevado a cabo con una cuadrilla de trabajadores en número de 18. La siembra se ha realizado con semillas y plántones, dependiendo de la pendiente del terreno.

**Fotografía N° 6: Paspalum virgatum recién sembrados en la línea de conducción – Proyecto Camisea Perú.**





## Bancallán Verona 2003

**Fotografía N° 7:** Paspalum virgatum saludable en la línea de conducción – Proyecto Camisea.



**Bancallán Verona, 2003**

### 5.8.2 Caso La Florida, EE.UU

El Paspalum virgatum se ha utilizado, además, en proyectos de estabilidad de laderas y suelos inundables en el estado de La Florida en Estados Unidos. La universidad de La Florida ha desarrollado un proyecto de estudio de este pasto como alternativa para uso recreativo (campos de golf). Estos suelos tenían como característica ser arenosos y con pH alcalino. Los resultados han sido alentadores, el pasto es una buena alternativa para restaurar suelos degradados (La Florida University 2003).

## 5.9 Descripción del área de disposición final de cortes de perforación en San Martín 1.

### 5.9.1 Ubicación geográfica del área de disposición de cortes de perforación.

La plataforma de perforación San Martín 1 se ubica geográficamente en la provincia de La Convención, en el departamento del Cuzco, San Martín 1 se localiza dentro de los límites del lote petrolero N° 88, a una distancia de 10 Km. del río Camisea y a 20 Km del Río Urubamba, aproximadamente. La plataforma de perforación se ubica a una altitud de 480 msnm en las coordenadas 742324 mE y 8698257 mN.

Dentro de la plataforma de perforación, la pila de disposición, se ubica al Suroeste de la plataforma de perforación. Esta ocupa un área aproximada de 1200 m<sup>2</sup>

En la figura N° 1 se observa la ubicación del yacimiento de Camisea; en la fotografía N° 8 se muestra la ubicación de la pila de cortes de perforación y en el anexo, mapa N° 6 se ubica al campo San Martín 1, dentro del lote 88.

**Fotografía N° 8** Ubicación de la pila de disposición de cortes de perforación. Esta se muestra en el área



**Bancallán Verona 2003**

### 5.9.2 Flora de San Martín 1

El área corresponde a bosque tropical húmedo, con presencia de especies arbóreas de alto crecimiento vertical, como se observa en la fotografía N° 1.

Se observa un sotobosque muy enmarañado por herbáceas y arbustivas con un buen número de especies del género Heliconia con flores de colores muy llamativas y numerosas especies de palmas predominando Iriartea deltoidea (camona o huacrapona) y Socratea sp

En el área de apilamiento se observó principalmente vegetación de ladera – arbustos densos – con pacales.

La especie arbórea mayoritaria es Amacisa tiene característicamente entre 8 y 10 metros de altura. Esta especie también se distribuye sobre el área de apilamiento pero en baja densidad. Anexo: mapa No 7, sensibilidad de flora (EIA, lote 88, ERM).

### 5.9.3 Suelo de San Martín 1.

De naturaleza franco arcillo arenosa, pertenece al subgrupo Tepic Dystrudepts (ERM 2001) y agrupa suelos caracterizados por presentar desarrollo genético incipiente, de perfil tipo ABC, con epipedon ócrico y horizonte cámbrico, profundos; de textura media a moderadamente fina y de color pardo rojizo a rojo amarillento. Se ha desarrollado sobre material de arcillitas. El drenaje natural es bueno y la permeabilidad es moderadamente lenta.

Son suelos de reacción fuertemente ácida, con una saturación de bases menor de 50% su capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de 30 a 40 cmol (+) Kg. de suelo. La saturación de aluminio externa mientras las pendientes entre 15° y 40° se encuentran disectadas por riachuelos en su etapa inicial y se van profundizando hasta formar acantilados abruptos en los que a su vez ocurren deslizamientos de sedimentos arenosos.

El área de disposición de cortes de perforación corresponde a pacales en una zona de colina de moderada a fuertemente disectada por quebradas con pendiente hasta el 70%. Anexo: mapa N° 8, tipo de suelo (EIA, lote 88, ERM).

Las colinas comprendidas en las inmediaciones de la locación tienen pendientes entre los 40° y 70°. Geográficamente el campo San Martín 1, se ubica sobre la cima de una colina con pendientes laterales de 30° a 70°.

Existen quebradas de moderada profundidad entre los (30 y 50 metros) que cortan el terreno, pero, debido a la densa vegetación arbórea no se hacen muy notorias.

El área cercana no muestra naturalmente taludes desnudos; el área se encontró cubierto de vegetación. Anexo: mapa N° 9, sensibilidad del suelo (EIA, lote 88, ERM).

#### **5.9.4 Ecología.**

De acuerdo al estudio de la ONERN (1987) y mapa ecológico del Perú, donde se ha empleado el sistema de clasificación de zonas de vida en el mundo de L.R. Holdridge, en el ámbito de estudio se ha identificado tres unidades bioclimáticas de primer orden llamadas zonas de vida y una zona transicional o ecotono. Anexo: mapa No 10, tipo de bosques (EIA, lote 88, Camisea, ERM).

Las zonas de vida son las siguientes:

- Bosque muy húmedo - Pre Montano Tropical (bmh - PT )
- Bosque pluvial - Pre Montano Tropical (bp - PTT).
- Bosque pluvial Montano Bajo Tropical (bp-MBT)

La zona transicional o ecotono, corresponde al bosque muy húmedo, Pre Montano Tropical, transicional (bmh-PT). A continuación se describen brevemente sus características:

#### **5.9.4.1 Bosque muy húmedo-Premontano tropical transicional bmh-PT**

Representa un ecosistema de caracteres medioambientales intermedios entre el bosque húmedo-tropical y el bosque muy húmedo-tropical. Ocupa sectores de planicies aluviales y sectores colinosos, desde la desembocadura del Río Camisea, en el Río Urubamba, hasta las inmediaciones del Pongo de Mainique, donde se inician las primeras estribaciones de la cordillera de Vilcabamba y del Macizo de Tocate.

Es un ecosistema húmedo con tendencia a muy húmedo y por sus condiciones bioclimáticas se estima una precipitación promedio total anual de 3,400 mm, variando entre 2,800 a 4,000 mm. Como ecosistema propio de los trópicos húmedos, el régimen de distribución anual de la lluvia es variable a través del año, habiendo una estación relativamente poco lluviosa y otra marcadamente húmeda.

La época menos lluviosa corresponde a los meses de junio a setiembre y el período lluvioso se inicia en octubre y termina en mayo.

El volumen de las lluvias en estos períodos es muy irregular. La biotemperatura promedio anual alcanza un valor de 24.0 °C, que oscila entre 23.5 °C y 24.5 °C, observándose poca variación durante el año. El valor de la relación de evapotranspiración potencial estimada se encuentra entre 0.60 y 0.40, con tendencia a ocupar valores menores.

El relieve se presenta accidentado en su mayor proporción, está constituido por un conjunto de colinas altas y bajas sobre rocas del terciario, además de cerros bajos correspondientes a las estribaciones del sector montañoso.

En las márgenes de los Ríos Urubamba, Camisea y Cashiriari, fisiográficamente este ecosistema está conformado por áreas de

terrazas aluviales subcrecientes de relieve suave y homogéneo con pendientes de 2% en promedio; sobresaliendo dos terrazas que se ubican entre las cotas de 390 a 400 y 400 a 410, siendo la primera la más amplia en toda su longitud alcanzando en promedio unos 500 m de ancho y la segunda en la parte norte alcanza hasta unos 800 m de ancho y la orientación Sur.

Los suelos se caracterizan por ser genéticamente no desarrollados, moderadamente profundos a profundos, de textura media a moderadamente fina, con drenaje bueno.

En el plano aluvional se observa la presencia de pocas playas con deposiciones limosas, la mayoría de ellas constituidas por cantos rodados.

#### **5.9.4.2 Bosque muy húmedo – Pre montano tropical (bmh - pt).**

Es una zona de vida prácticamente inalterada donde no se observa asentamientos humanos migrantes. Sin embargo, existen algunos grupos nativos muy dispersos posiblemente debido a factores climáticos, edáficos y topográficos limitantes.

Las condiciones bioclimáticas estiman un promedio de precipitación pluvial total anual de 3,500 mm, con variaciones entre 3000 y 4000 mm., aproximadamente. La biotemperatura promedio anual se estima en 21°C.

La relación de evapotranspiración se ubica alrededor de 0.35 que indica un carácter per-húmedo.

El relieve d este ecosistema está constituido por un conjunto de colinas altas y bajas sobre rocas del Cuaternario, Terciario y Jurásico; y por las primeras estribaciones de la montaña baja fuertemente disectadas. Los suelos son muy poco profundos y de alta escorrentía superficial.

#### **5.9.4.3 Bosque pluvial – Pre montano tropical (bp - pt ).**

Es una zona de vida semicálida y muy húmeda que se distribuye sobre las montañas bajas del Jurásico. Las condiciones bioclimáticas de este ecosistema describen un medio de alta humedad, caracterizado por un apreciable grado de nubosidad con una precipitación promedio total anual estimada entre 4500 y 5000 mm.

La biotemperatura promedio anual se estima alrededor de 18°C. Se presume que las temperaturas sufren poca variación mensual y diaria debido a que la radiación e irradiación de calor se ven obstaculizadas por la casi continua y elevada nubosidad y la saturación atmosférica.

La relación de evapotranspiración potencial tiene un valor estimado menor de 0.25, calificándolo como ecosistema de carácter súper-húmedo.

La configuración fisiográfica es montañosa, extremadamente abrupta, con laderas que superan largamente el gradiente de 75%. Son por lo tanto altamente susceptibles a la erosión hídrica, deslizamientos o derrumbes, máxime si se tiene en cuenta la elevada precipitación pluvial.

#### **5.9.4.4 Bosque pluvial - montano bajo tropical (bp-MBT).**

Es un ecosistema altamente húmedo, que se distribuye en los sectores más elevados del Macizo de Tocate.

Se estima que las precipitaciones pluviales son muy similares a la zona anterior, alcanzando un promedio total anual entre 4000 y 5000 mm. En cambio, por encontrarse en un piso altitudinal más elevado, las temperaturas son más frías. Se estima una biotemperatura promedio anual que alcanza valores menores a 17°C. Se presume que las temperaturas sufren poca variación

mensual y diaria debido a que la radiación e irradiación de calor se ve obstaculizada por la casi continua y elevada nubosidad y saturación atmosférica. El valor de la relación de evapotranspiración potencial estimada es de 0.20, lo que permite calificar al ecosistema como súper-húmedo.

Las características fisiográficas, litológicas y edáficas son similares a la formación ecológica anterior, sólo que a niveles altitudinales cada vez más elevados.

En la tabla N° 10, se presenta los elementos bioclimáticos de las zonas de vida identificadas en el ámbito de estudio.



**Tabla Nº 10 CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS DE LAS ZONAS DE VIDA LOTE 88 – PROYECTO GAS DE CAMISEA.**

Zonas de vida	Simbología	Precipitación Pp. Mm / año		Temperatura media anual °C	Relación de evapo- transpiración Etp /pp. Mm / año	Evapo- transpiración potencial Etp /pp. Mm / año	Características de humedad del ecosistema
		Rango	Media				
1. Bosque muy húmedo – Pre montano tropical transicional	(bmh - PT)	2800 – 4000	3400	24	0.6 – 0.4	1360	Húmedo con tendencia a muy húmedo
2. Bosque muy húmedo – Pre bontano tropical	(bmh - PT)	3000 – 4000	3500	21	0.35	1225	Per-húmedo
3. Bosque pluvial – Montano bajo tropical.	(bp – PT)	4500 – 5000	4750	18	0.25	1187.5	Super-húmedo
4. Bosque pluvial – Montano bajo tropical	(bp - MBT)	4000 - 5000	4500	17	0.20	900	Super-humedo

Fuente : ONERN 1987 (1)

### **5.9.5 Paisaje de San Martín 1**

Dados los condicionantes geomorfológicos, de flora, suelo y clima se aprecia en general un paisaje boscoso, denso, típico de la Amazonía tropical. Esta conformado principalmente por colinas de fuerte pendiente, con presencia de abundantes quebradas.

El color predominante en condiciones naturales es el verde en todos sus tonos, debido a la vegetación abundante y a las escasas áreas desnudas.

Las condiciones de obra y posterior producción sometieron al paisaje inmediato, a un gran cambio y lo tornaron industrial, mientras que el paisaje del entorno no ha sufrido variación alguna.

La fauna es poco visible a simple vista, a excepción de las aves; hay que internarse en lo enmarañado del bosque para observar a mamíferos mayores y reptiles.

El área de disposición final, sin ser fondo de valle, se ubica en una ladera con desnivel con respecto a la plataforma de perforación de 10 metros.

## **5.10 Análisis de cortes de perforación**

### **5.10.1 Generación de cortes de perforación y su apilamiento.**

Como se ha descrito los cortes de perforación, son producto de las operaciones de perforación de los pozos de desarrollo de San Martín.

1. En la tabla N° 11 se muestra, en resumen, el acumulado de los cortes de perforación generados, expresado en sacos

**Tabla N° 11:** Resumen de generación de cortes de perforación en San Martín 1.

<b>POZO</b>	<b>MES</b>	<b>GENERADO (en sacos)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
SM1001	Julio 2002		
SM1001	Agosto 2002		
SM1001	Setiembre 2002		
SM1001	Octubre 2002	140 000	Este es un valor aproximado representa el promedio de los pozos posteriores. Concluyó el 23 de octubre del 2002.
SM1004	Noviembre 2002	61 875	
SM1004	Diciembre 2002	82 015	
SM1004	Enero 2003	104 224	
SM1004	Febrero 2003	111 224	Concluyó el 7 de febrero del 2003
SM1004	Febrero 2003	35 840	
SM1002	Marzo 2003	121 655	
SM1002	Abril 2003	144 355	Concluyó el 26 de abril del 2003
SM1002	Abril 2003	3 500	
SM1003	Mayo 2003	108 600	
SM1003	Junio 2003	153 222	
SM1003	Julio 2003	164 462	Concluyó el 01 de julio del 2003
Completaciones, mantenimiento y rehabilitación de pozos		30 000	
<b>TOTAL</b>		<b>590 055</b>	

#### **5.10.2 Pila de disposición de cortes de perforación**

La pila de disposición final es el lugar donde se acumuló los cortes de perforación ensacados en yute biodegradable. Esta pila fue creciendo en dimensiones progresivamente, conforme se avanzó los trabajos de perforación de los pozos SM1001, SM1004, SM1002, SM1003 (en orden cronológico de perforación).

La pila se ubica al Suroeste de la plataforma de perforación, dentro del área total del campo San Martín 1. Se han acumulado en total 590,055 sacos. Las dimensiones de la pila son aproximadamente 90m de largo, 13m de ancho y 9m de altura, con un volumen seco aproximado de 9853 m<sup>3</sup>. El peso aproximado de la pila es 8850 TM (15 Kg. por saco seco). La fotografía N° 8 muestra el estado final de la acumulación de los cortes de perforación.

El transporte de los cortes de perforación, se llevó a cabo por medio de un cargador frontal CASE 315, desde el área de ensacado en la Plataforma hasta la pila. El acomodo de los costales lo llevó a cabo una cuadrilla de 12 obreros. El trabajo de apilamiento se llevó a cabo durante las 24 horas del día en tres turnos, el tiempo por pozo en promedio fue de 2.0 a 2.5 meses.

### **5.10.3 Análisis de contaminantes en los cortes de perforación.**

Durante la perforación de los pozos en San Martín 1 (SM1001, SM1004, SM1002, SM1003) se llevó a cabo la toma de muestras de los cortes de perforación a la salida de las cribas. Las muestras corresponden a 500 metros perforados por pozo.

El análisis de los cortes de perforación se llevó a cabo considerando los siguientes parámetros: pH a 20°C, arsénico (mg/Kg); plata (mg/Kg); bario (mg/Kg.); boro (mg/Kg.), cadmio (mg/Kg.); cromo (mg/Kg.), mercurio (mg/Kg.), plomo (mg/Kg.); zinc (mg/Kg.); hierro (mg/Kg.); manganeso (mg/Kg.), potasio (mg/Kg.), sodio (mg/Kg.), aceites y grasas (mg/Kg.), sulfatos (mg SO<sub>4</sub><sup>-</sup>/Kg); cloruros (mg Cl-Kg.); nitrógeno amoniacal (mg N-NH<sub>3</sub>/Kg.); nitratos (mg N-NO<sub>3</sub>/Kg); nitritos (mg N-NO<sub>2</sub>/Kg.).

**Fotografía N° 9** Vista frontal de la pila de disposición final de cortes de perforación en San Martín 1, Lt. 88.



**BANCALLAN VERONA 2003**

## **6. MATERIALES Y METODOLOGÍA.**

### **6.1 Materiales**

Para el desarrollo de la Tesis se ha requerido los siguientes materiales:

- Data histórica de resultados de laboratorio de muestras de cortes de perforación.
- Data de la medición de altura de plantas de Paspalum virgatum, en plantaciones piloto.
- Computadora personal
- Retroexcavadora 330 con operario.
- Personal obrero para siembra
- Plantas de Paspalum virgatum
- Materiales varios

### **6.2 Metodología de restauración del área de disposición final de cortes de perforación.**

La restauración del área de disposición final de cortes de perforación implica el desarrollo de 3 actividades secuenciales. La primera, el análisis de los resultados de pruebas de ensayo a las muestras de cortes de perforación y la evaluación del Paspalum virgatum. La segunda, implica el movimiento de material para conformación de taludes adecuados y la tercera, corresponde a la cubierta vegetal con “paja pichi” y a la construcción de estructuras de control de erosión.

La metodología de restauración del área de disposición de los cortes de perforación que se ha seguido en esta Tesis ha resultado como respuesta a los problemas paisajísticos generados por el apilamiento en sacos de yute biodegradable de los cortes de perforación. Esta metodología guarda tres características principales: es

de bajo costo, es ambientalmente responsable y de resultados en un corto plazo; características todas valiosas en el desarrollo de un proyecto de la envergadura de Camisea.

El uso de Paspalum virgatum responde al principio de restauración con especies vegetales nativas y que presenten dos características importantes: la primera, que sea una especie resistente a condiciones ambientales adversas y la segunda, que sea una especie vegetal que no presente crecimiento mayor al 1,6 metros para que no represente un riesgo a las estructuras de producción de los pozos gasíferos.

La aplicación de esta metodología para la restauración ambiental en otro campo de perforación gasífera o petrolera dependerá de las características del corte de perforación y del resultado del análisis químico que sobre estos se lleve a cabo. Asimismo, la especie deberá ser, dado el caso, nativa para no causar impactos secundarios por introducción de especies.

#### **6.2.1 Análisis de cortes de perforación y evaluación del crecimiento de Paspalum virgatum.**

Durante el transcurso de la perforación de los cuatro pozos de desarrollo se tomaron muestras de corte cada 500 metros de profundidad, las muestras fueron tomadas por la empresa contratista especializada y analizada en laboratorio.

Los resultados de los cortes de perforación fueron comparados con el estándar para sólidos de perforación a disponer del estado de Louisiana en Estados Unidos. Este estándar es de uso generalizado en la actividad de perforación petrolera, debido a que en Latinoamérica no se ha desarrollado una investigación al respecto y que genere estándares locales.

La ausencia o baja concentración de elementos contaminantes es lo conveniente para la consecución de las etapas posteriores; en el caso contrario se debe remediar los valores altos antes de proseguir o rechazar la alternativa de cobertura vegetal con Paspalum virgatum.

Para la evaluación del crecimiento de Paspalum virgatum en los cortes de perforación, se implementó dos unidades piloto de sembrado. La primera llevada a cabo durante la temporada lluviosa y la segunda en temporada seca. El objetivo de esta evaluación es verificar y cuantificar el crecimiento del pasto ante estas dos condiciones climáticas predominantes en la selva amazónica.

Las unidades piloto fueron fosas de 70 cm, de largo 70 cm, de ancho y 50 cm, de profundidad, en las que se colocó los sacos y luego se sembró 27 plantas de “paja pichi”.

Las mediciones de altura de la planta, en ambas unidades piloto, fueron llevadas a cabo al momento del sembrado y tres meses después

### **6.2.2 Conformación de taludes**

La pila de disposición de cortes de perforación presenta pendientes de 90° grados, lo que imposibilita la restauración por cobertura vegetal. Es necesario el movimiento de material de corte y la conformación de taludes que den estabilidad al material y al pasto a sembrar.

Se ha considerado para la conformación de la pendiente de la pila, que el material a remover y conformar sea en 100% material de la pila misma, es decir, no se extrae tierra de áreas cercanas para conformar las pendientes. Optar por esta metodología implica la disminución en el impacto ambiental sobre el paisaje, la vegetación y las operaciones en el campo.

El talud se conforma en 1:1,5, es decir, por cada metro vertical se conformará 1,5 metros horizontales. Esta pendiente es estable y se reforzará con las estructuras de control de erosión que se construirá.

Se ha considerado modificar la pendiente vertical por la de 1:1,5, porque esta dará mayor estabilidad a la pila ante derrumbes. La determinación de



esta pendiente obedece a la disponibilidad de material de remoción; menor pendiente implicaría la remoción de mayor material para conformarlo y este, es escaso y mayor pendiente no le dará la estabilidad necesaria para prevenir derrumbes.

Para la conformación de este talud se utiliza una retroexcavadora 330 con una cuchara de 1,2 a 1,5m<sup>3</sup> de capacidad.

Se calcula el volumen a remover y la superficie que sea confirmado para la siguiente actividad de siembra. Este cálculo se lleva a cabo mediante la determinación de perfiles transversales en cada accidente significativo en la pila de cortes.

### **6.2.3 Revegetación y control de erosión.**

La revegetación se lleva a cabo inmediatamente después de la conformación de los taludes. Se agrega una capa delgada de suelo fértil de 10 a 15 cm. de espesor, para favorecer el prendimiento del pasto.

El trabajo de siembra se lleva a cabo manualmente por una cuadrilla de obreros. Se siembra los plantones en triángulos equiláteros de 30 a 50 cm. de arista.

Concluida la siembra se iniciará la construcción de trincheras de sacrificio usando material nativo. Se usa para ese fin troncos de “paca” o “caña” que es muy resistente. Las trincheras recorren longitudinalmente la totalidad de los taludes y se ubicarán entre 2 y 3 metros de distancia entre cada una. Las trincheras tienen una altura de 30 a 40cm y están ancladas unos 20 cm, en el talud.

Concluida las dos actividades principales de la restauración con cobertura vegetal se programará visitas de mantenimiento y poda del pasto cada 3 o 4 meses dependiendo del requerimiento.

El costo de restauración incluye el alquiler de la maquinaria en obra, el costo de mano de obra por día en obra y se ha considerado que la maquinaria, hombres y pasto se encuentran en el campo sin necesidad de transporte.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Resultados de pruebas de ensayo realizadas con los cortes de perforación.

Los cortes fueron analizados cada 500 metros de perforación. Se presenta los resultados de los análisis realizados por laboratorio (Corporación de laboratorios Corplab SAC)

**Tabla N° 12:** Resultados de análisis de cortes de perforación pozo SM 1001

PARAMETRO	Unidades	Pozo SM-1001				
		500 m	1000 m	1500 m	2000 m	2500 m
pH a 20°C	---	8,6	8,2	9,5	9,4	9,2
Aceites y grasas	mg / kg	10	28	29	72	27,2
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /kg	20780	18040	36100	8460	26280
Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> /kg	400	760	520	280	600
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH <sub>3</sub> /kg	104,4	269,8	277,34	243,2	228,42
Nitratos	mg N-NH <sub>3</sub> /kg	62,4	29,66	126	316,2	76,6
Nitritos	mg N-NH <sub>2</sub> /kg	30,4	74,08	48,32	95,4	99,24
Arsénico	mg/kg	0,24	0,2	0,2	3,5	0,24
Bario	mg/kg	23,96	59,6	7	5,46	102,5
Boro	mg/kg	23,36	80,72	9,8	2,76	71,32
Cadmio	mg/kg	0,14	0,18	0,42	1,68	0,22
Cromo	mg/kg	0,02	0,02	0,86	5,04	9,8
Hierro	mg/kg	139,68	247,74	105,12	151,1	1428,68
Manganeso	mg/kg	79,8	28,22	66,5	42,16	68,28
Mercurio	mg/kg	0,032	0,354	0,366	0,052	0,522
Plomo	mg/kg	1,2	0,72	1,32	2,5	42,24
Potasio	mg/kg	29880	31040	15870	19250	10560
Sodio	mg/kg	27560	36020	3815	7185,8	4220
Zinc	mg/kg	1,22	1,02	1,26	1,28	15,74
Plata	mg/kg	0,22	0,02	0,1	0,26	0,32

**Tabla N° 13:** Resultados de análisis de cortes de perforación pozo SM 1004

PARAMETRO	Unidades	Pozo SM-1004					
		500 m	1000 m	1500 m	2000 m	2500 m	3000 m
pH a 20°C	---	9,2	9,3	9,3	9,2	8,9	10,3
Aceites y grasas	mg / kg	50	88	52	26	92	32
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /kg	17720	24180	28560	18800	14560	10900
Cloruros	mg Cl/kg	1880	880	800	600	500	1100
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH <sub>3</sub> /kg	51,36	226,34	330,22	206,9	225,04	75,26
Nitratos	mg N-NH <sub>3</sub> /kg	49	112,4	53,88	155,24	166,72	102,2
Nitritos	mg N-NH <sub>2</sub> /kg	14,96	47,6	62,92	76,32	70,3	53,08
Arsénico	mg/kg	0,4	0,42	0,26	1,52	2,76	61,24
Bario	mg/kg	8,5	9,34	21	5,34	33,1	32,1
Boro	mg/kg	4,38	6,36	26,42	28,34	27,26	58,48
Cadmio	mg/kg	0,08	0,14	0,16	0,42	0,74	0,24
Cromo	mg/kg	0,12	1,14	0,82	0,36	0,5	0,2
Hierro	mg/kg	210,1	950	147	102,4	122,2	222,5
Manganeso	mg/kg	87	74,74	75,24	80,5	63,72	9,48
Mercurio	mg/kg	0,004	0,004	0,03	0,044	0,104	0,004
Plomo	mg/kg	0,44	0,94	1,36	3,14	4,14	3
Potasio	mg/kg	10720	8900	5750	11480	9800	3478,8
Sodio	mg/kg	17660	7760	21740	6800	6700	3937,6
Zinc	mg/kg	0,4	1,88	1,56	0,34	0,9	2,26
Plata	mg/kg	0,1	0,18	0,36	1,14	0,96	2,34

**Tabla N° 14:** Resultados de análisis de cortes de perforación pozo SM 1002.

PARAMETRO	Unidades	Pozo SM-1002					
		500 m	1000 m	1500 m	2000 m	2500 m	3000 m
pH a 20°C	---	9,1	9,3	9,4	6,4	9,7	9,3
Aceites y grasas	mg / kg	10	15	72	12	23,2	22
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /kg	12394	6784	16220	9680	16940	22060
Cloruros	mg Cl/kg	440	240	240	480	160	560
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH <sub>3</sub> /kg	28,82	23,3	102,6	272,36	68,08	34,28
Nitratos	mg N-NH <sub>3</sub> /kg	42	8,8	77,1	219,6	134,06	15,72
Nitritos	mg N-NH <sub>2</sub> /kg	1,1	0,52	24,12	34,72	3,7	1,16
Arsénico	mg/kg	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2
Bario	mg/kg	21,46	18,1	18,1	71,5	21,1	22,38
Boro	mg/kg	1,3	2,26	4,36	22,72	3,98	2,32
Cadmio	mg/kg	0,14	0,04	0,06	0,06	0,12	0,08
Cromo	mg/kg	0,2	0,2	0,2	0,32	0,6	0,2
Hierro	mg/kg	26,6	73,3	72,42	75,1	71,3	60,6
Manganeso	mg/kg	69,74	60,74	68,24	20,68	12,28	18,9
Mercurio	mg/kg	0,004	0,004	0,048	0,022	0,004	0,004
Plomo	mg/kg	1,44	1,1	1,38	2,94	3,08	7,42
Potasio	mg/kg	9000	9100	7150	1130	7020	14740
Sodio	mg/kg	2525	4060	5220	8830	4580	7750
Zinc	mg/kg	0,48	0,42	0,56	0,84	1,76	4,62
Plata	mg/kg	0,2	0,22	0,12	4,44	0,14	0,28

**Tabla N° 15:** Resultados de análisis de cortes de perforación del pozo SM1003.

PARAMETRO	Unidades	Pozo SM-1003						
		500 m	1000 m	1500 m	2000 m	2500 m	3000 m	3500 m
pH a 20°C	---			9,2	8,7	10,4	9	9
Aceites y grasas	mg / kg			12	8	64	36	18
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /kg			1032	22380	11920	25800	16480
Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> /kg			120	140	160	240	500
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH <sub>3</sub> /kg			109,04	46,32	137,06	105,2	46,22
Nitratos	mg N-NH <sub>3</sub> /kg			35,06	63,9	82,32	129,6	148,3
Nitritos	mg N-NH <sub>2</sub> /kg	No se colectaron muestras de corte de perforación		76,12	21,66	38,4	54,64	7,06
Arsénico	mg/kg		0,24	0,28	0,23	0,2	0,2	
Bario	mg/kg		62,4	34,74	41,26	127	12,26	
Boro	mg/kg		38,08	4,08	34,1	34,4	2,9	
Cadmio	mg/kg		0,26	0,3	0,3	0,28	0,32	
Cromo	mg/kg		0,06	0,2	0,44	0,2	0,8	
Hierro	mg/kg		255	26,64	27,84	69,24	28,4	
Manganeso	mg/kg		74,24	214,24	10,86	69,24	12,62	
Mercurio	mg/kg		0,004	0,004	0,004	0,03	0,004	
Plomo	mg/kg		3,6	5,54	6,2	3,2	2,96	
Potasio	mg/kg		8565	13275	4160	10400	1138,6	
Sodio	mg/kg		3025	6375	4470	4120	679	
Zinc	mg/kg		1,1	0,7	1,12	1,12	7	
Plata	mg/kg		0,1	1,02	0,02	0,38	0,26	

## 7.2 Estándar aplicable a calidad de cortes de perforación a disponer.

La legislación peruana no contempla estándares ambientales de calidad de los cortes de perforación, por lo que se aplica el estándar internacional de los Estados Unidos, el cual es utilizado por la mayoría de empresas petroleras con lodo de perforación de las características de San Martín 1. En la tabla N° 16, se muestra los valores límite del estado de Louisiana (USA).

**Tabla N° 16:** Estándar de calidad de Louisiana (USA) – Sólidos de perforación a disponer.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor máximo permitido</b>
PH		6.0-9.0
Conductividad Eléctrica	mmhos/cm.	<4.0
Radio de Absorción de Sodio (SAR)		<12.0
Porcentaje de intercambio de Sodio (ESP)	%	<15.0
Aceites y Grasas	%	<1.0
Arsénico	mg/Kg.	10.0
Bario	mg/Kg.	20 000.0
Cadmio	mg/Kg.	10.0
Cromo	mg/Kg.	500.0
Plomo	mg/Kg.	500.0
Mercurio	mg/Kg	10.0
Selenio	mg/Kg.	10.0
Plata	mg/Kg.	200.0
Zinc	mg/Kg	500.0

Department of Natural Resources – Louisiana (USA)

Los resultados graficados de los elementos contaminantes muestran que a excepción del pH, ningún otro excede el valor del límite máximo permisible (LMP).

La concentración de arsénico (fig. N°6) muestra un valor pico de 62 mg/Kg. anómalo al comportamiento promedio de concentración que resulta menor a 2 mg/Kg. El valor límite de Louisiana (USA) para este elemento es de 10 mg/Kg.

El comportamiento histórico del bario (fig. N° 7) muestra valores por debajo del límite referencial de 20000 mg/Kg. Así mismo, todas las concentraciones de elementos se ubican muy por debajo del estándar referencial para disposición de cortes de perforación.

Se observó que históricamente la concentración de los elementos se incrementa abruptamente en las muestras correspondientes a los 2500 metros de profundidad

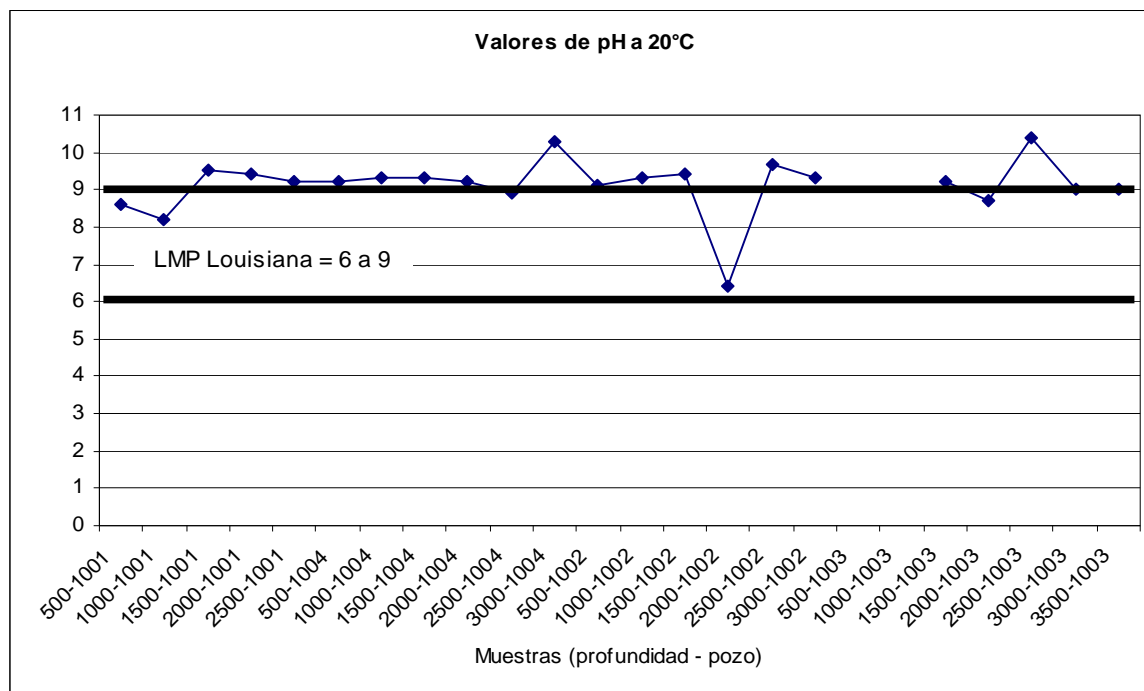
en el pozo SM1001; pero aún no sobrepasa el límite de Louisiana. Esto se debe principalmente a maniobras de control de las características físico químicas del lodo.

En conclusión, y como se observa en las figuras siguientes, los elementos analizados no representan peligro al desarrollo de la restauración de la pila de disposición; por no sobrepasar los límites máximos permisibles de la referencia.

El valor de pH puede variar, con tendencia a la disminución, debido a la presencia de precipitaciones. Debido, principalmente, al arrastre de iones con el flujo descendente del agua proveniente de lluvias abundantes en los meses de verano.

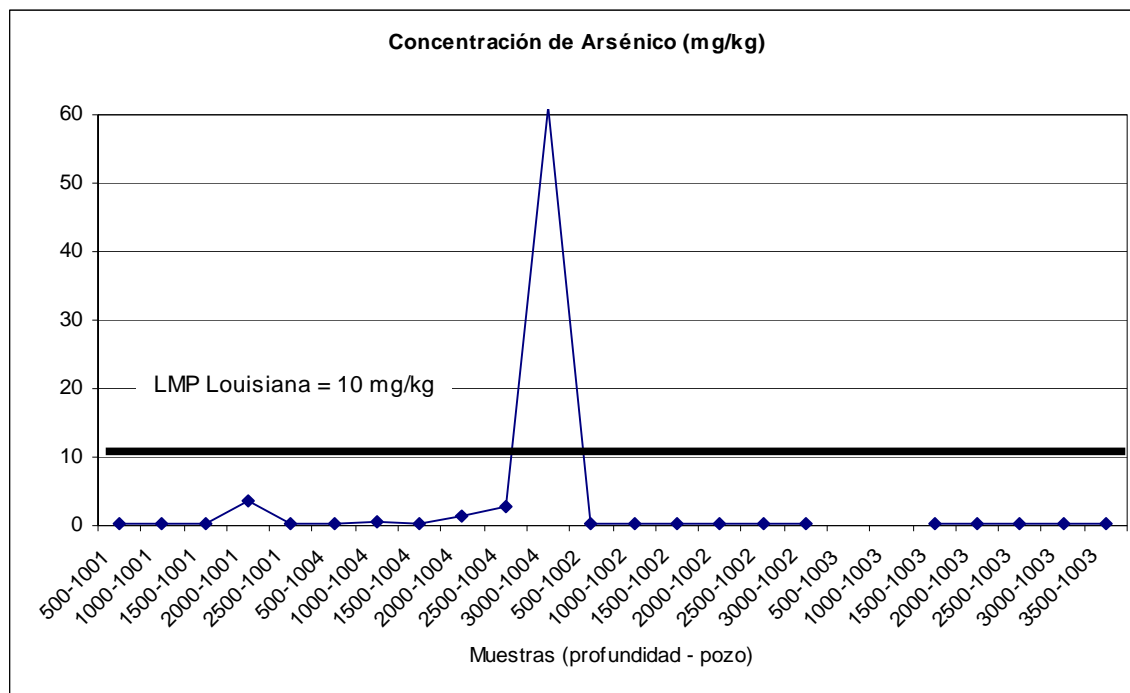
Los nueve (9) gráficos siguientes muestran la evolución de contaminantes por muestras tomadas por metros de profundidad de perforación por pozo (metros perforados – pozo).

**Figura N°5:** Evolución de valores de pH y la comparación con el LMP de Louisiana.



Dadas las características de la especie vegetal a utilizar en la restauración de la pila de disposición de cortes de perforación, los valores de pH registrados no representan un impedimento para el crecimiento y vitalidad de Paspalum virgatum

**Figura N°6:** Evolución histórica de concentración de arsénico en los cortes de perforación.

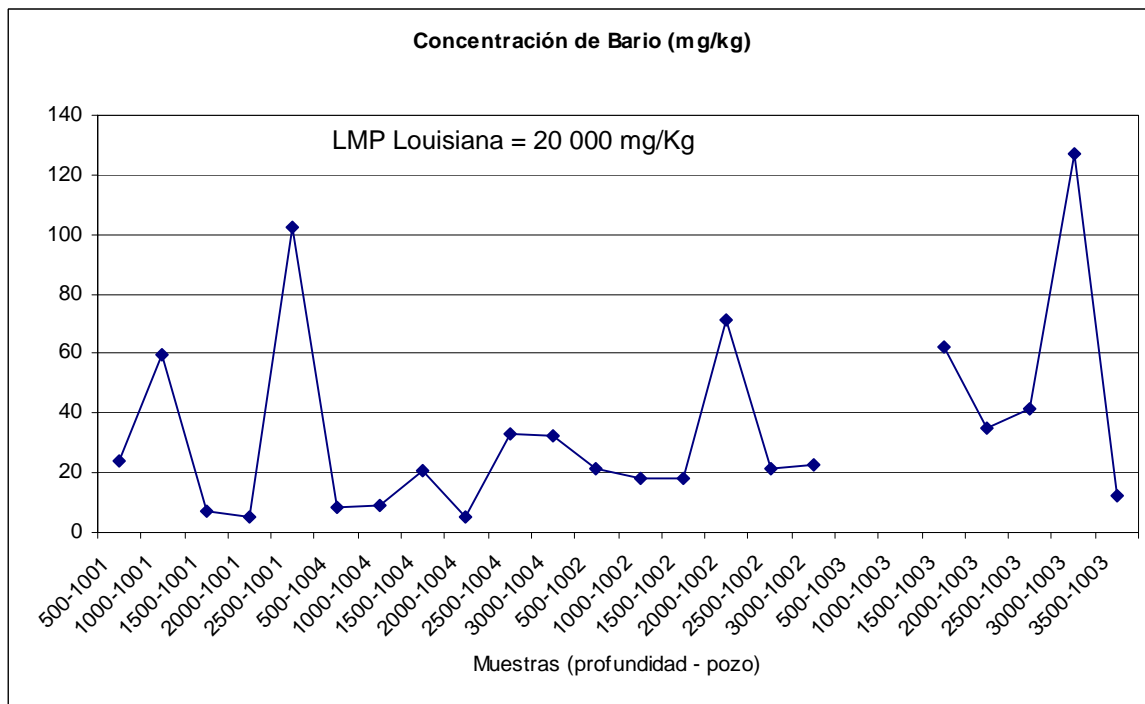


El arsénico, permaneció en concentraciones muy por debajo del límite referencial. Se observa un pico aislado de 62 mg/Kg. al final de la perforación del pozo 1004; se debería a las características de la formación litológica.

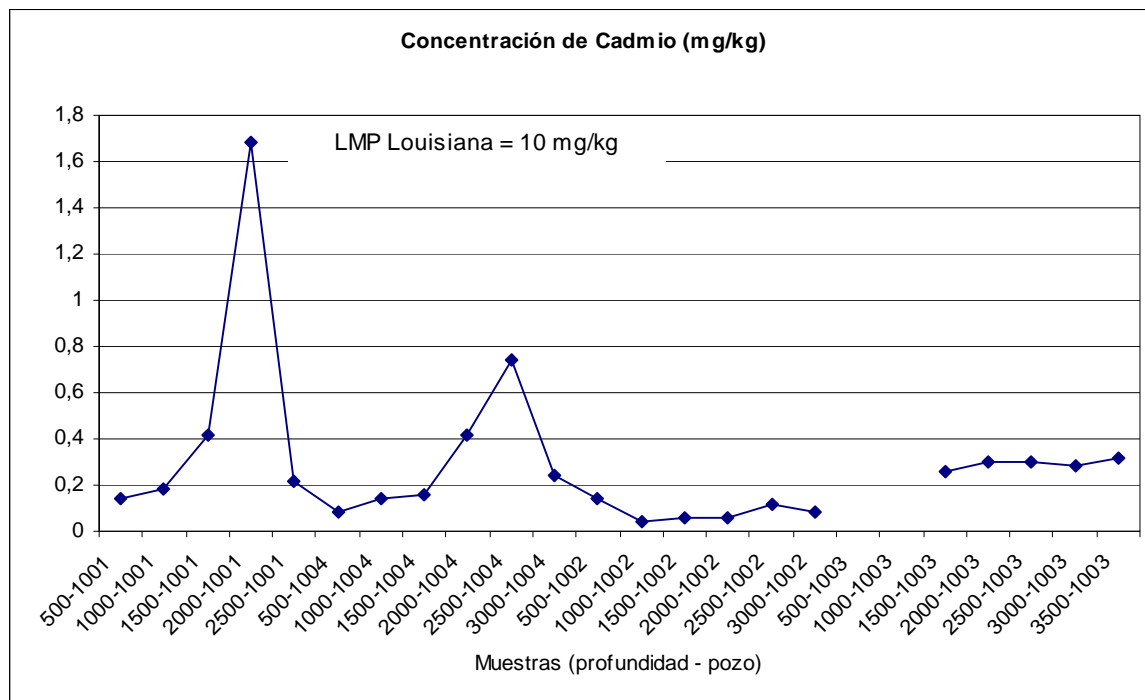
El pico observado corresponde a una muestra puntual y podría corresponder a una maniobra en el pozo en particular, como puede ser la pesca de herramientas, con el apoyo de lodo con características particulares. Otro posible acontecimiento es el derrumbe de una parte del pozo y que ameritó un lodo con características particulares para estabilizar las paredes.

En la fig. N° 7 se observa que las concentraciones de bario a lo largo del período de perforación de los cuatro pozos en San Martín 1, no se ha sobrepasado el límite máximo permisible de Lousiana (USA) que es de 20000 mg/Kg.

**Figura N°7:** Evolución histórica de concentración de bario en los cortes de perforación.



**Figura N°8:** Evolución histórica concentración de cadmio en los cortes de perforación.





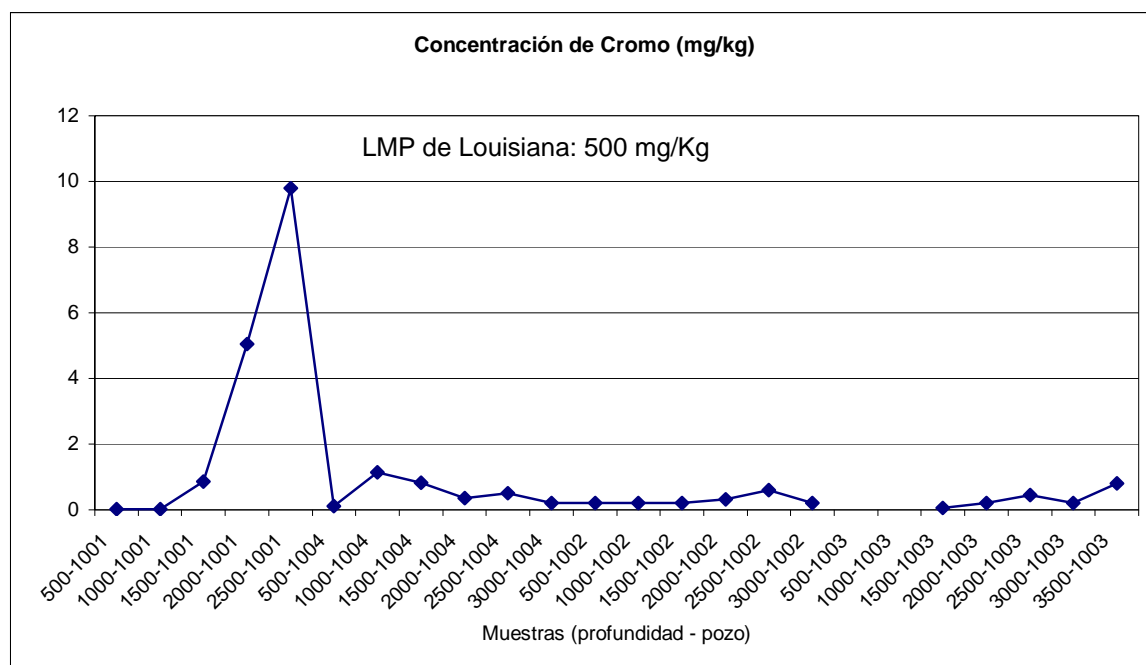
Las concentraciones de cadmio observadas (fig. N° 8) no han sobrepasado los 2 mg/Kg. y por lo tanto asegura el cumplimiento del límite permisible referencial de USA.

El cadmio no es fácilmente excretado por las plantas, y se puede acumular en sus raíces principalmente. El efecto más común en los vegetales es la clorosis y marchitez; por esta razón es importante notar los valores bajos de cadmio.

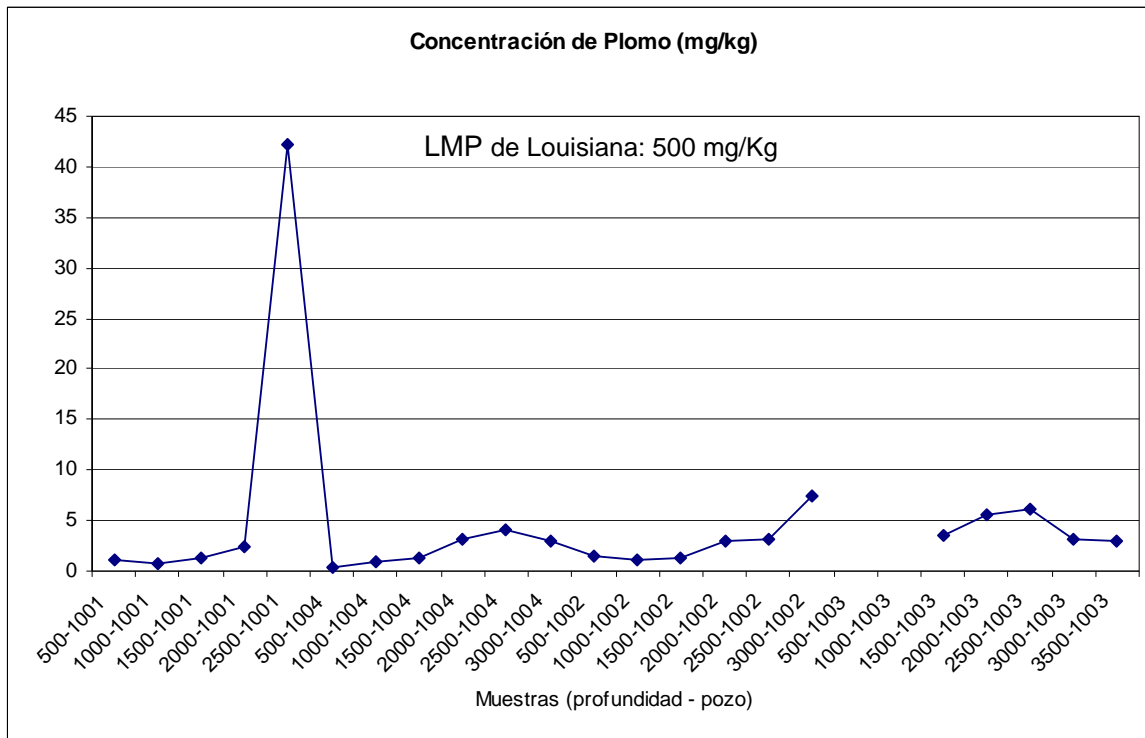
En la fig. N° 9, se observa que las concentraciones de cromo no exceden los 500 mg/Kg. del límite de Louisiana.

El plomo, muestra valores muy por debajo del límite que es de 500 mg/Kg. (ver figura N° 10). El valor máximo registrado es de 42 mg/kg. La fuente de plomo en los cortes de perforación son los aditivos y los explosivos que se utilizan en la perforación.

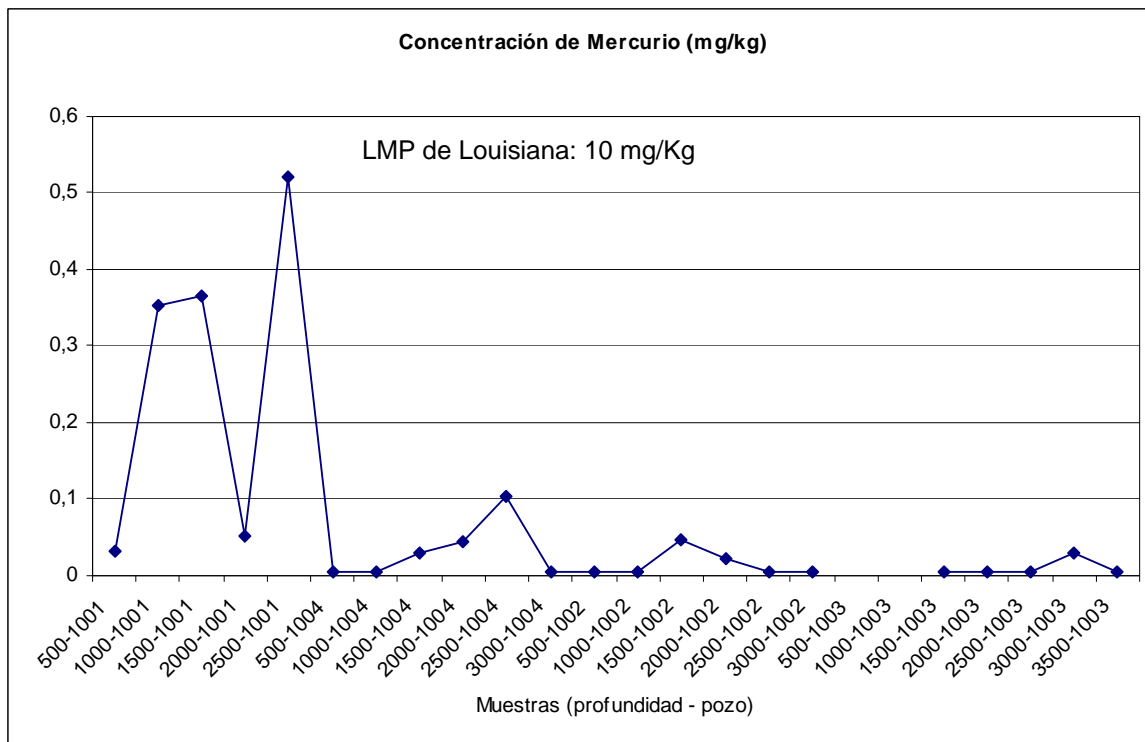
**Fig. N° 9:** Evolución histórica de concentración de cromo en los cortes de perforación.



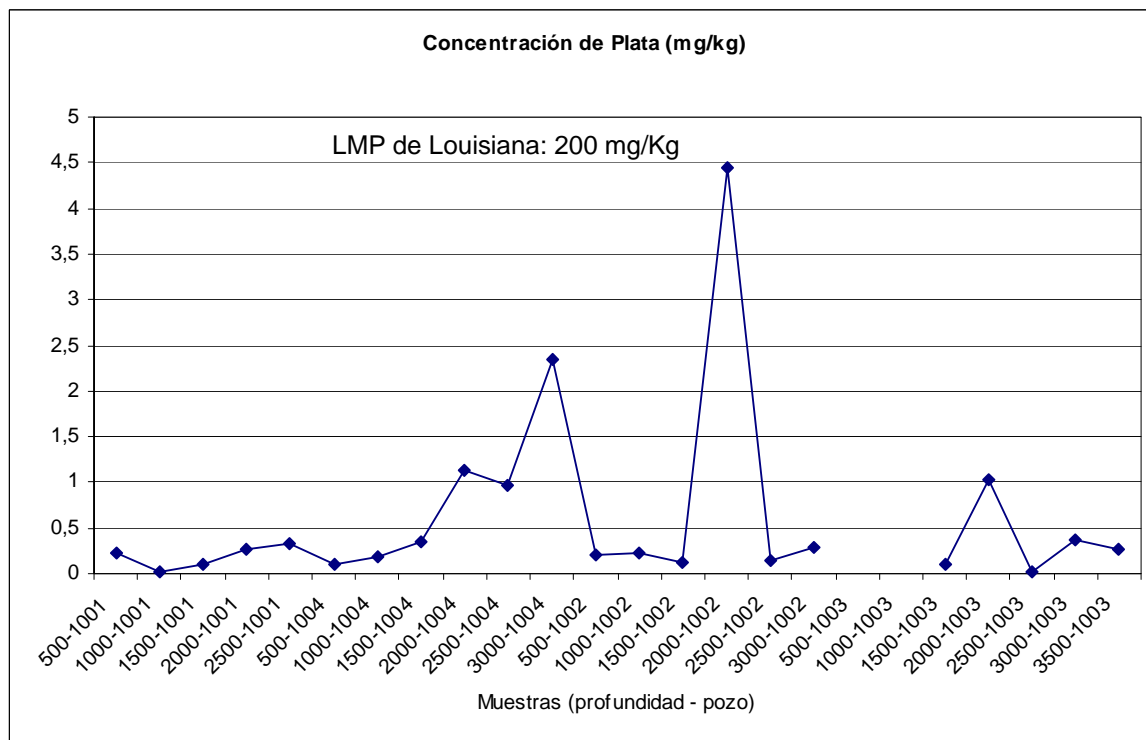
**Fig. N° 10:** Evolución histórica de concentración de plomo en los cortes de perforación.



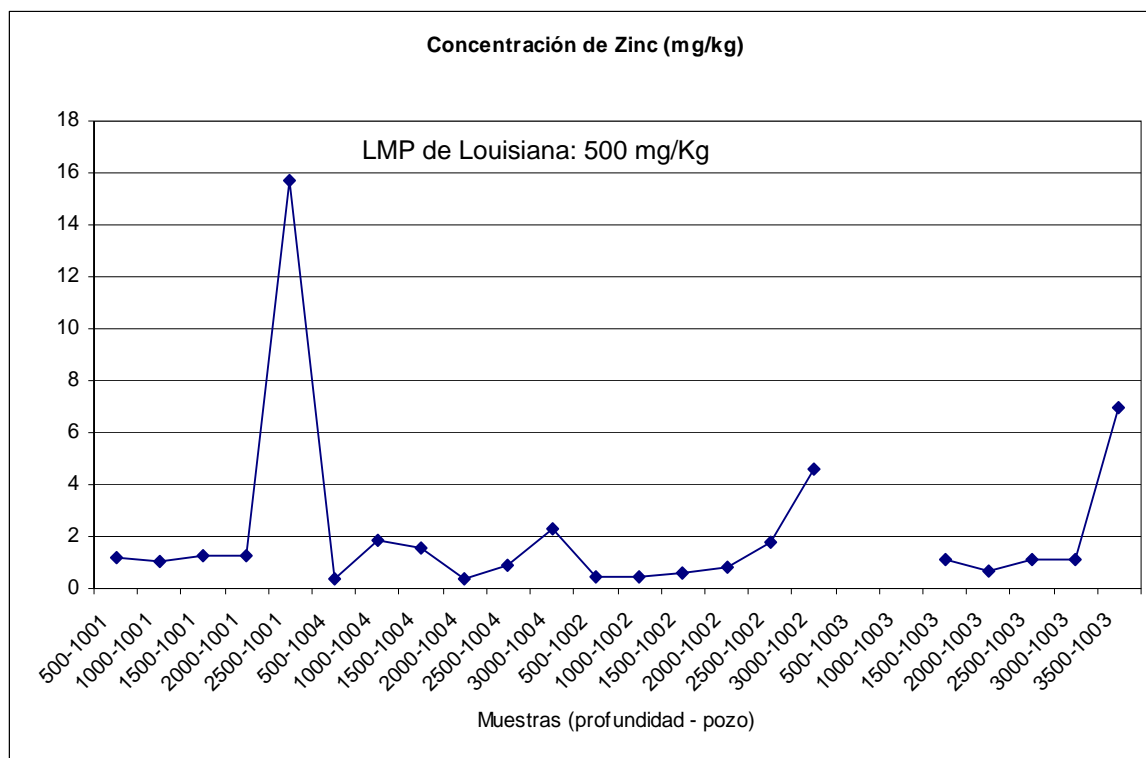
**Fig. N°11:** Evolución histórica de concentración de mercurio en los cortes de perforación.



**Fig. N° 12:** Evolución histórica de concentración de plata en los cortes de perforación.



**Fig. N° 13:** Evolución histórica de concentración de zinc en los cortes de perforación.



Las concentraciones de plata en los cortes (fig. N° 12), tienen como característica las observaciones de las mayores concentraciones en las muestras del pozo SM1002. La concentración máxima registrada es de 4.5 mg/Kg. y el límite máximo permisible es de 200 mg/Kg. por lo que se concluye que este elemento no representa peligro alguno.

Los valores de zinc (ver fig. N° 13) se ubican en un rango mucho menor al estándar referencial. El máximo valor observado es de 16 mg/Kg. y el límite de Louisiana es de 500 mg/Kg.

Se necesita que los elementos analizados no sobrepasen los límites y más aún se ubican muy por debajo de los valores del LMP Louisiana USA.

La característica fundamental del lodo base agua es que produce residuos como baja concentración de contaminantes. Situación diferente si el lodo fuese base sintética (solución química) o base diesel (hidrocarburo).

### **7.3 Resultados de las pruebas de Paspalum virgatum “paja pichi”.**

Se llevó a cabo la siembra de dos unidades piloto de monitoreo del crecimiento del Paspalum virgatum “paja pichi” sobre los cortes de perforación. Se tomó medidas de altura de plantas y de raíces antes de la siembra y después de un lapso de crecimiento.

#### **7.3.1 Primera unidad piloto**

##### **7.3.1.1 Primera lectura de datos:**

Fecha: 04-05-03 (temporada aún lluviosa-invierno).

Hora: 09.00

**Descripción:** Se sembró 27 plantones de “paja pichi” dispuestas en celdas cuyas dimensiones fueron: 70 cm. de largo x 70 cm. de ancho x 50 cm. de profundidad.

Se introdujo en cada celda, cortes de perforación, diluidos o antiguos (lavados), tal y como se encontraban, contenidos estos en los sacos de yute, a medida que se depositaba. La separación entre plántulas es de 20 cm. La fotografía N° 10 muestra el momento en que se lleva a cabo la siembra del pasto en las celdas.

Se midió la longitud de raíz y la altura del pasto antes de sembrar en las celdas.

#### **7.3.1.2 Segunda lectura de datos:**

Fecha: 29.07.03 (estación de sequía-verano).

Hora: 10.00

**Descripción:** Se tomó la medida de la altura de las plantas de “paja pichi”. La muestra fue de 12 individuos. Los resultados se muestran en la tabla N° 17.

**Tabla N° 17:** Medición de altura de Paspalum virgatum, primera y segunda lectura. Primera unidad piloto. Intervalo de tres meses.

Id.	Primera lectura		Segunda lectura
	Altura de planta cm.	Raíz principal cm.	Altura de planta cm.
1	35	20	
2	40	19	122
3	41	16	
4	39	20	145
5	33	17	
6	37	15	135
7	35	19	
8	44	21	145
9	41	21	
10	38	20	
11	37	19	100
12	33	15	
13	42	16	140
14	39	22	
15	31	17	110
16	36	16	
17	41	15	136
18	40	19	
19	40	22	
20	43	18	130
21	37	11	
22	42	18	136
23	40	13	
24	38	18	125
25	41	17	
26	44	16	140
27	39	16	

En la primera unidad piloto se midió el crecimiento de las plantas en el lapso de cinco meses, aproximadamente y se registró un crecimiento promedio de 227.7% con altura promedio de 130.3 cm, la altura máxima registrada en la segunda lectura fue de 145.0 cm, la altura promedio registrada sobrepasa la altura promedio que registra la bibliografía, que es de 80-100 cm.

La presencia de elementos nutricionales como el nitrógeno y potasio en los cortes de perforación favoreció el crecimiento de las plantas.

### **7.3.2 Segunda unidad piloto**

#### **7.3.2.1 Primera lectura de datos**

Fecha: 28-06-03, temporada de sequía (verano).

Hora: 17:12

**Descripción.** Se sembró 27 plántulas de “paja pichi”, dispuestas en celdas cuyas dimensiones son: 70 cm. de largo x 60 cm. de ancho x 40 cm. de profundidad.

Se introdujo en cada celda, cortes de perforación, diluidos o antiguos (lavados), tal y como se encontraban, contenidos estos en los sacos de yute, a medida que se depositaba. La separación entre plántulas es de 20cm.

#### **7.3.2.2 Segunda lectura de datos**

Fecha: 29-07-03, temporada de sequía (verano).

Hora: 10.00 horas

**Descripción:** Se extrajo individuos aleatoriamente para medir sus raíces.

**Tabla N° 18:** Medición de altura de *Paspalum virgatum*, primera y segunda lectura. Segunda unidad piloto. Período de un mes.

Id.	Primera lectura		Segunda lectura		
	Raíz principal (cm)	Raíces secundarias	Altura de planta	Raíz principal	Raíces secundarias
1	25	20-16	100		
2	24	20-17	100	27	16
3	27	25-21-16	80		
4	20	17-14	84		
5	26	23-19	60		
6	20	18-15	70		
7	18	15-13	93		
8	20	18-16	88	20	19
9	18	15-13	93		
10	20	18-17	84		
11	17	14-11	85	20	15
12	25	22	89		
13	22	20-17	95		
14	22	19-15	87		
15	19	17-12	78	24	18
16	16	15-12	140		
17	20	15-11	120	26	12
18	20	18-17	96		
19	16	14-11	94		
20	24	23-21	60		
21	20	18-17	58		
22	20	19-14	115		
23	18	17-15	80		
24	22	19-12	83		
25	20	19-14	87	20	16
26	16	11-09	100		
27	16	15-12	90		

En la segunda unidad piloto se midió el crecimiento de las raíces principales durante la temporada de sequía en el lapso de tres meses. Las raíces observaron un crecimiento promedio de 13.4% la longitud promedio de las raíces es de 22.8 cm y la máxima registrada es de 27 cm.



En ambos casos se observó vitalidad en los plantones de *Paspalum virgatum* “paja pichi”. Ver fotografía N° 10, nótese el tamaño y densidad con la que crecieron las plantas.

**Fotografía N° 10:** Vistas de las plantaciones de *Paspalum virgatum* “paja pichi” al inicio.



**Fotografía N° 11:** Vista del Paspalum virgatum luego del un lapso de crecimiento.



#### **7.4 Restauración del área de disposición de cortes de perforación.**

La restauración del área de disposición final de cortes de perforación se sustenta en los resultados de las pruebas de ensayo realizadas a los cortes cada 500 metros perforados que indican que no representan ningún riesgo ambiental para el uso del Paspalum virgatum “paja pichi” en la restauración de suelos degradados y estabilidad de taludes (control de erosión).

La concentración analizada de elementos contaminantes en los cortes de perforación, es mínima y no sobrepasa el límite referencial de Louisiana, EE.UU. El pH se ubica ligeramente por encima del rango establecido (6-9); pero, como se



mencionó las precipitaciones típicas de la región, facilitarán el descenso de estos valores.

Los resultados de las pruebas con Paspalum virgatum sobre cortes de perforación, han sido más que alentadoras. El Paspalum virgatum se ha desarrollado sin inconvenientes (ver fotografía N° 10), muestra a las plantas vigorosas, sin marchitez ni afección por insectos y presenta, además, alturas cercanas al metro y medio.

#### **7.4.1 Etapas de la restauración.**

##### **7.4.1.1 Conformación de taludes**

La pila de disposición de cortes de perforación muestra una forma irregular, como se observa en la fig. N° 14 que, a su vez, muestra las dimensiones de la pila de disposición de cortes.

Previo al movimiento de material, se calculó los volúmenes por medio del trazado de 10 perfiles transversales, tal como se muestra en la fig. N° 15.

La fig. N° 16, muestra las áreas calculadas, por cada perfil transversal trazado (antes del movimiento de tierra).

**Figura N° 14:** Dimensiones de la pila de cortes de perforación.

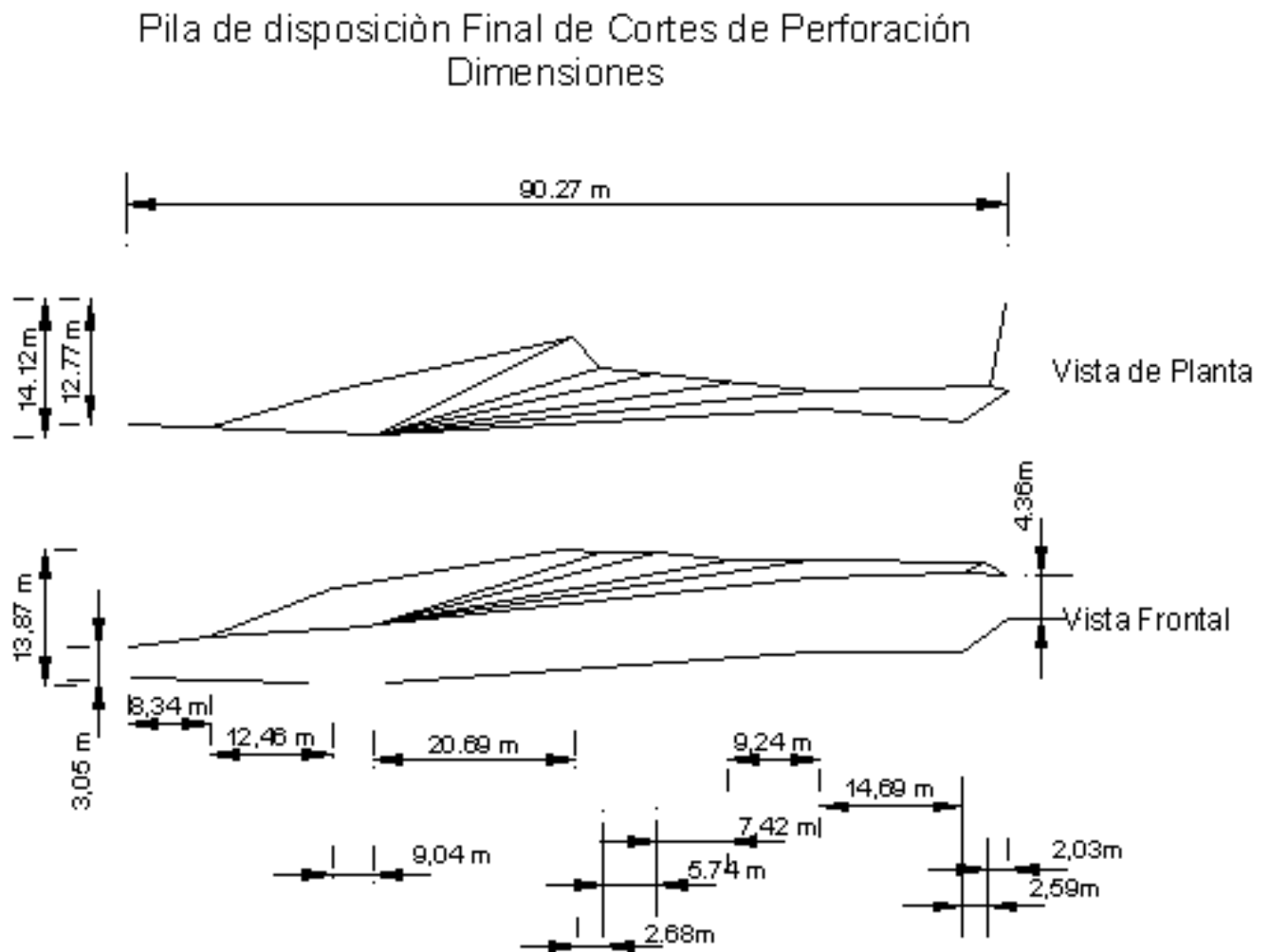
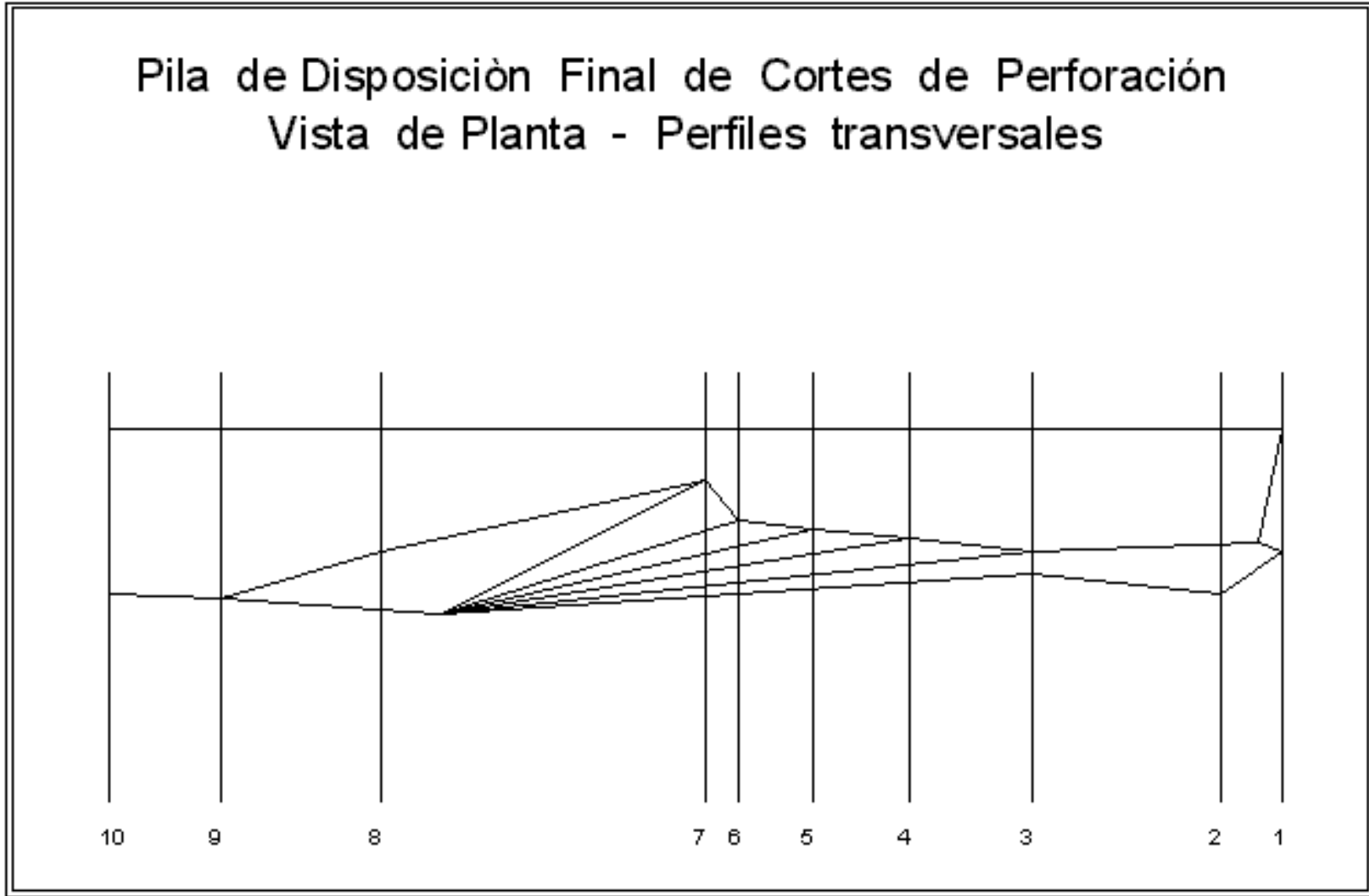
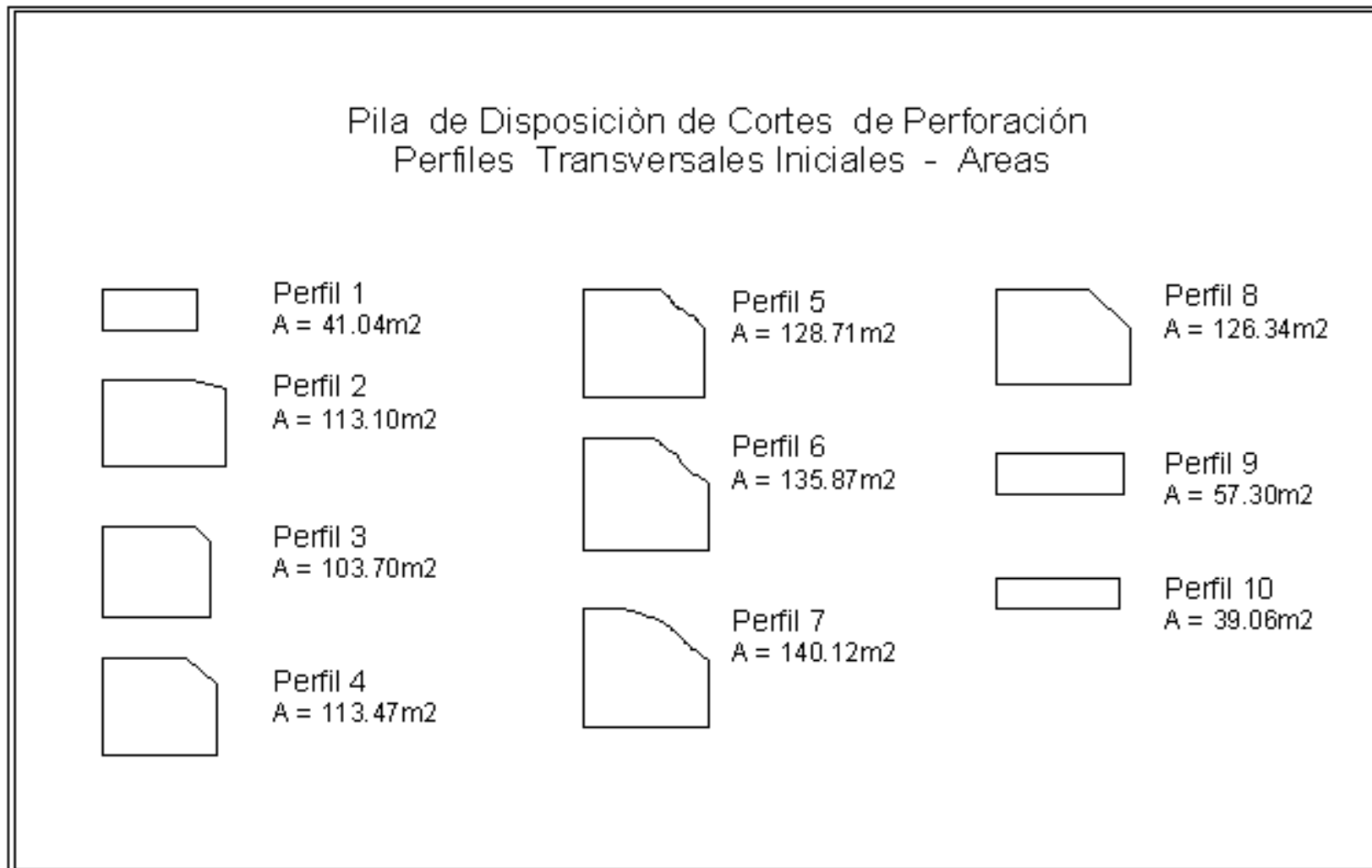


Figura No 15 Cortes transversales de la pila de cortes de perforación



**Figura N° 16:** Áreas calculadas de los perfiles transversales.



La figura N° 17, muestra los perfiles modificados: Asimismo, se muestra las dimensiones de estos perfiles y las áreas respectivas. Los volúmenes, excedentes superiores son removidos para conformar los taludes 1:1,5.

**Figura N° 17:** Vista de los perfiles transversales modificados.

### Pila de Disposición de Cortes de Perforación Perfiles Transversales modificados - Areas

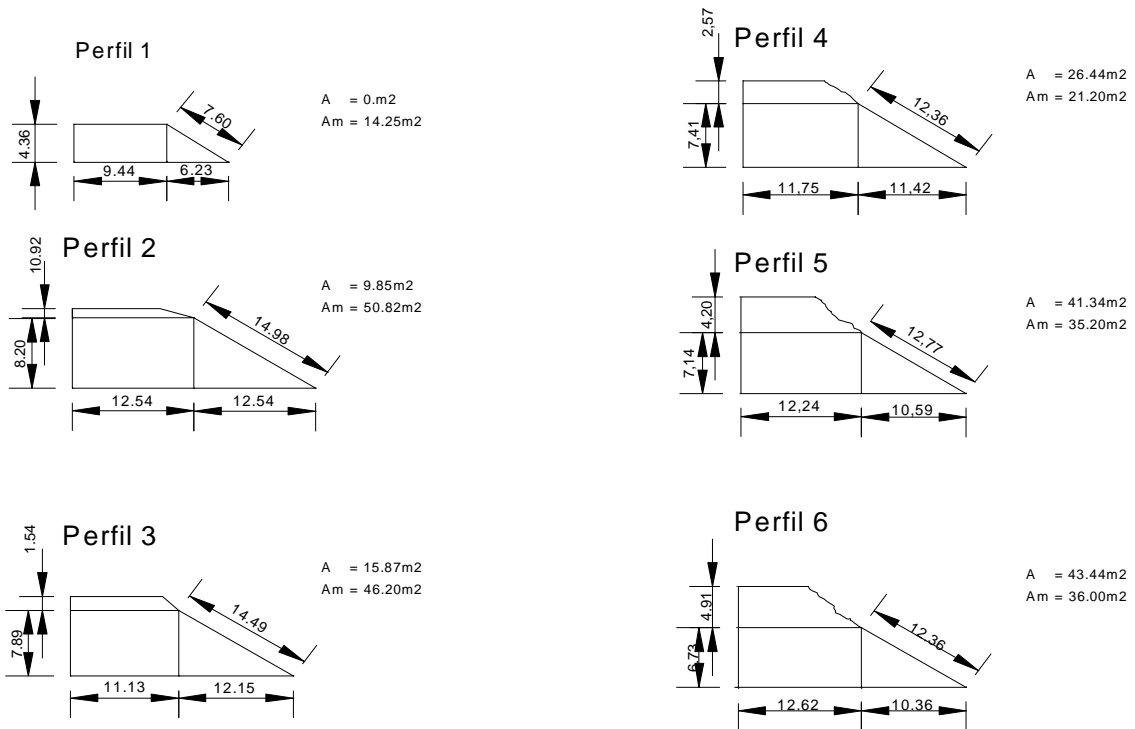
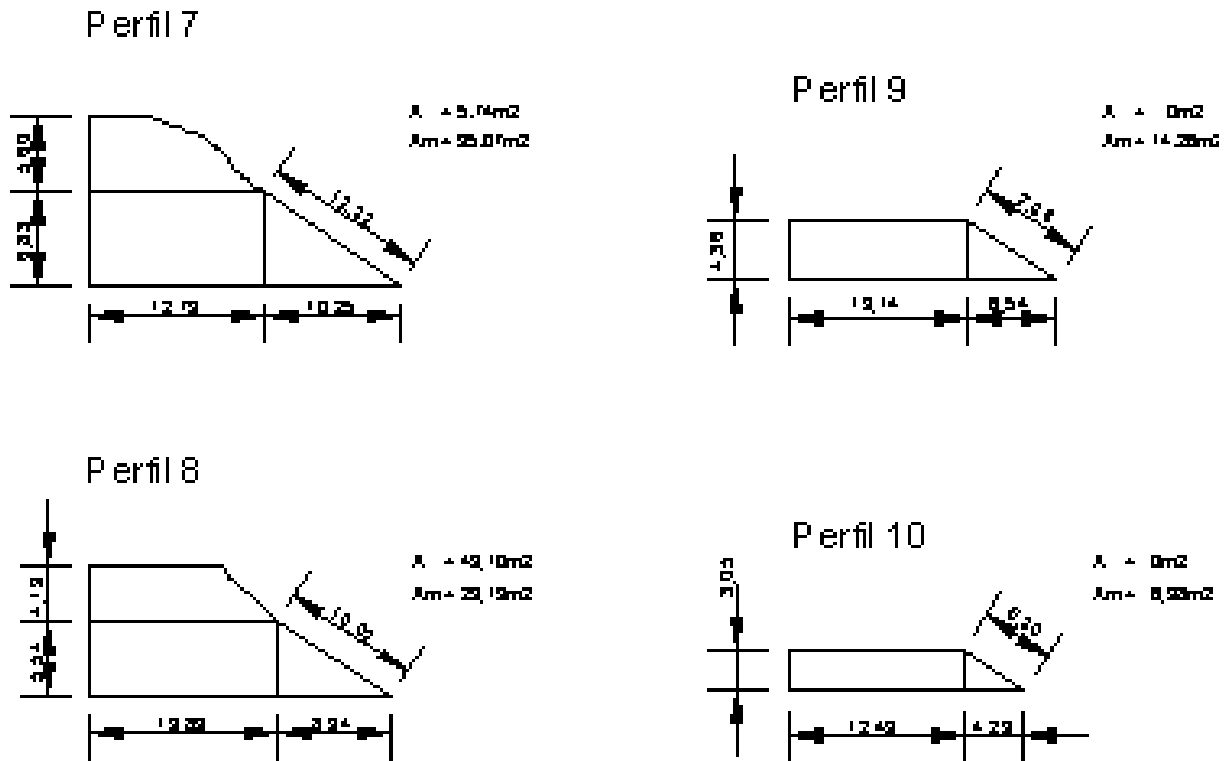


Figura N° 17: Vista de los perfiles transversales modificados (cont..)

### Pila de Disposición de Cortes de Perforación Perfiles Transversales Modificados – Áreas



La tabla N° 19, muestra el cálculo de los volúmenes parciales y total removido.

El volumen total de la pila de disposición de cortes, calculado a partir de las secciones transversales es de  $9853.63 \text{ m}^3$ . El volumen de corte removido fue  $2627.55 \text{ m}^3$  desde la parte superior de la pila hacia el talud y el requerimiento de material para formar los taludes fue de  $2938.85 \text{ m}^3$ . La deficiencia de material se colectó del área aledaña suelo fértil



Concluida la remoción de cortes y conformación de taludes se procedió a compactar levemente con la ayuda de la maquinaria (retroexcavadora para afianzar el material removido).

**Tabla N° 19:** Resumen de áreas, distancias y cálculo de volúmenes a remover.

Perfil	Área (m <sup>2</sup> )	Distancia entre perfiles (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Área removida (m <sup>2</sup> )	Volumen removido (m <sup>3</sup> )	Área modificada (m <sup>2</sup> )	Volumen modificado (m <sup>3</sup> )
1	41.14			0		14.46	
2	113.1	4.72	364.01	9.85	23.25	50.82	154.06
3	103.7	14.68	1591.31	15.87	188.78	46.63	715.28
4	128.7	9.24	1003.33	26.44	195.47	41.2	405.77
5	135.9	7.42	898.49	41.34	251.46	38.23	294.67
2136	140.1	5.74	759.34	48.44	257.67	36.04	213.15
7	126.3	2.68	369.83	52.74	135.58	35.07	95.29
8	57.3	24.93	3321.42	49.1	1269.44	23.19	726.21
9	39.06	12.46	1144.08	0	305.89	14.26	233.31
10		8.34	401.82	0	0	9.98	101.08
<b>TOTAL</b>			<b>9853.63</b>		<b>2627.55</b>		<b>2938.85</b>

#### 7.4.1.2 Revegetación y control de erosión.

Constituido el talud con pendiente 1: 1,5 se adicionó una capa de suelo vegetal entre 10 y 15 cm, de espesor, con un volumen total de 327.09 m<sup>3</sup> en la totalidad de la pila.

El área total de revegetación es de 2180.6 m<sup>3</sup>, que incluye el área de talud y superficie superior. En la tabla N° 19, se muestra el detalle del cálculo de superficie y volúmenes revegetados.

La siembra del Paspalum se llevó a cabo manualmente por una cuadrilla de cuatro personas. Los plantones fueron sembrados distribuidos en triángulos de 50cm de arista, en la totalidad de la pila.

Considerando que un costal de plántones rinde aproximadamente 30 m<sup>2</sup>, se usó 73 costales y se completó el sembrado en 12 horas a razón de 180 m<sup>2</sup> por hora.

Concluida la siembra, se procedió a formar una berma de coronación en la superficie superior de la pila, con el objetivo de impedir el escurrimiento del exceso de lluvia hacia los taludes.

**Tabla N° 20.** Cálculo de áreas y volúmenes revegetados

Perfiles	Distancia entre perfiles (m)	Ancho (m)	Área superficial superior (m <sup>2</sup> )	Área superficial talud (m <sup>2</sup> )	Área total a plantar (m <sup>2</sup> )	Volumen del suelo vegetal (m <sup>3</sup> )
1		9.44			---	----
2	4.72	12.54	51.87	53.57	105.44	15.82
3	14.68	11.13	173.74	213.23	386.96	58.04
4	9.24	11.75	105.71	127.37	233.08	34.96
5	7.42	12.24	89.00	97.31	186.32	27.95
6	5.74	12.62	71.35	72.81	144.16	21.62
7	2.68	12.79	34.05	33.26	67.31	10.10
8	24.93	13.89	332.57	278.47	611.03	91.66
9	12.46	13.14	168.40	111.39	279.79	41.97
10	8.34	13.43	110.80	55.71	166.51	24.98
TOTAL			1137.48	1043.13	2180.60	327.09

En los taludes se constituirá una trinchera de materiales silvestres (“paca” o “caña”) a media altura con la finalidad de evitar el efecto erosivo del agua de escurrimiento. La trinchera desvía el agua hacia los flancos laterales.

Con la culminación de todas las etapas, se concluye la restauración y sólo se programarán visitas periódicas de seguimiento del crecimiento de las plantas o por podas programadas.

#### 7.4.2 Estimación del porcentaje de restauración del paisaje de San Martín 1.

La actividad de perforación gasífera modificó la estructura del paisaje en el área involucrada incorporando áreas desnudas, estructuras industriales y acumulación de desperdicios (cortes de perforación).

En este sentido, el objetivo de la restauración del área de disposición se enmarca en reparar el impacto sobre el paisaje cercano de San Martín 1.

Con el cálculo de los coeficientes de transformación antropogénica (SIDITA, 1995) anterior al inicio de operaciones, concluida la perforación y acumulamiento de cortes de perforación y luego de la restauración se puede cuantificar el valor de la restauración. Para esto se utilizó la formula:

$$Kan = \frac{(r.p.q.)n}{100}$$

Donde:

Kan : coeficiente de transformación antropogénica

r : rango de transformación del paisaje

p : área de rango en %

q : Índice de profundidad de transformación del paisaje.

n : Cantidad de contornos de tipos de utilización en los límites de la unidad paisajística analizada.

Los valores de los coeficientes de transformación calculados se muestran en la tabla N° 21

**Tabla N° 21** Cálculo del coeficiente de transformación antropogénica (Kan)

Caso	R	p	Q	n	Kan
Antes de operaciones	2 (Bosque)	1	1,05 (Bosque)	1 (Bosques)	0.021
Durante operaciones	10 (industrial)	1	1,5 (industrial)	2 (Industria y bosque)	0.300
Después de restauración	4(Pasto)	1	1,15 (Pasto)	2 (Industria y bosque)	0.092

El coeficiente de profundidad de transformación está ligado a cuán profunda puede ser nuestra utilización de la unidad estudiada. Por esta razón se ha considerado las mismas unidades que en el caso de utilización de la naturaleza, solo que en esta ocasión se considera valores distintos. Antes de las operaciones tiene un valor de 1.05, durante las operaciones 1,5 y

después de la restauración 1,15. El valor de la cantidad de contornos de tipos de utilización en los límites del área (n) para el caso primero (sin actividad) es 1, ya que todos los contornos corresponden a unidades de bosque.

Durante las operaciones, la unidad estuvo limitada por unidades industriales y de bosque: asimismo, después de la restauración también estuvo delimitada por una parte industrial y otra de bosque.

Los valores (Kan) obtenidos nos refleja el grado de transformación paisajística que se observa en los tres casos.

Con el desarrollo de la restauración se ha alcanzado una restauración del paisaje de la plataforma de perforación San Martín 1, de 74,6% en lo que involucra el área de disposición de cortes de perforación. Se ha restaurado un paisaje industrial que mimetiza las estructuras de producción gasífera.

El paisaje restaurado ha recuperado la tonalidad verdosa que naturalmente tenía. Debido a consideraciones técnicas no se ha recompuesto su textura densa de bosque, sin embargo, se le brinda nuevamente vegetación nativa homogénea.

La ladera no se encontrará expuesta a la erosión pluvial, contaminando cursos de agua y poniendo en riesgo las estructuras de producción gasífera.

El relieve del lugar se ha recuperado porque se le ha proporcionado al área una mayor estabilidad y conservando los desniveles naturales.

El paisaje restaurado armonizará la comunión entre las estructuras industriales metálicas y la vegetación boscosa densa de la selva.

#### **7.4.3 Estimación de costos de restauración.**

El costo total calculado asciende a US\$. 3 869,80 por la totalidad de la restauración. Es importante recalcar que los costos de restauración consideran costos de maquinarias establecidas en la plataforma de perforación con anterioridad; de lo contrario el costo se incrementaría por el movimiento de maquinaria y personal por vía aérea.

Los costos de mantenimiento son aproximadamente US\$. 100.00 cada tres meses e incluyen la mano de obra y servicios de 1 obrero en el lapso de 1 día de trabajo de poda. El costo unitario correspondiente a la remediación es

de US\$ 1.77 por m<sup>2</sup>. El costo de mantenimiento programado asciende a US\$.500. Incluye una cuadrilla de 3 trabajadores, alojamiento, equipo de protección personal movilización aérea y comida de los mismos por 1 día.

Para llevar a cabo la restauración de la pila de cortes de perforación de la plataforma San Martín 1, se consignó los siguientes gastos que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla N° 22:** Estimación de costos de restauración

Ítem	Unitario	Total (US\$)
<b>Maquinaria:</b>		
<b>Retroexcavadora 300</b>		
Valor por hora	50 dólares	
Volumen a remover	2954.64 m <sup>3</sup>	
Rendimiento	70 m <sup>3</sup> /hora	
Total de horas trabajo	42	
Sub total		2110.5
<b>Pasto: Paspalum virgatum</b>		
Rendimiento costal	30 m <sup>2</sup> /costal	
Área a remediar	2180.60 m <sup>2</sup>	
Costo del saco	3.5 dólares	
Sub -Total		254.4

<b>Persona: Sembrador</b>		
Costo por hora	10 dólares/hora	
m <sup>2</sup> / hora	180	
Área total	2180.60 m <sup>2</sup>	
N° de personal	4	
Subtotal		484.9
<b>AFP</b>		<b>350.0</b>
<b>Alimento y vivienda</b>	<b>25/día/persona</b>	<b>425.0</b>
<b>Otros</b>		<b>200.0</b>
<b>Total US\$</b>		<b>3869.8</b>

### 7.5 Estado actual del área de disposición final de los cortes de perforación.

Respecto a la estabilidad física, los trabajos de re conformación de taludes que se establecieron en un inicio se han mantenido fijos en razón al notable crecimiento del Paspalum virgatum, adicionalmente se estableció un programa de mantenimiento de las estructuras de control de erosión lo que evito infiltraciones y deslizamientos.

**Fotografía N° 12:** Pila estabilizadas con banquetas conformadas con sacos de recortes



No existen evidencias de campo sobre la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa en ninguna de sus variantes (reptación del suelo, soliflucción), ni de factores que propician este tipo de eventos no se ha registrado labores de pastoreo o retiro de la cobertura vegetal, con el transcurrir del tiempo pequeños arbustos y árboles han invadido parte de la pila, contribuyendo a la fijación del suelo, los sacos de cortes de perforación han dado lugar a la formación de un gran macizo de arcilla, que predominantemente formaban los cortes de perforación.

Finalmente se pudo evidenciar la permanencia de las pendientes, el talud de conformación (1:1.5), ausencia de derrumbes y cárcavas, se continua con las labores de mantenimiento en cuadrillas, lo que ha permitido mantener la cobertura vegetal y las especificaciones de conformación de la estructura.

**Fotografía N° 13:** Desarrollo del Paspalum Virgatum en la pila de disposición de cortes de perforación.



Para evitar la amenaza del fenómeno de remoción en masa se tuvo en cuenta:

- 1) Evitar la poda del Paspalum virgatum, (realizar el mantenimiento considerando la permanencia de la estructura principal de la planta).
- 2) Evitar la formación de empozamientos de agua, en su defecto drenar los existente.
- 3) Evitar laboreos de pastoreo o sobre pastoreo, en caso producirse evitar el área de los taludes.
- 4) Evitar establecer caminería a través de los taludes de la pila

Finalmente se pudo evidenciar la permanencia de las pendientes, el talud de conformación (1:1.5), ausencia de derrumbes y cárcavas, se continua con las labores de mantenimiento en cuadrillas, lo que ha permitido mantener la cobertura vegetal y las especificaciones de conformación de la estructura.

Referente al estado de la planta esta ha producido a través del tiempo un gras denso de alta calidad, sin necesidad de formular elementos de fertilidad, las



incesantes lluvias que registra la zona sirvieron como medio de propagación de la especie, no se evidenciaron problemas de enfermedad, u organismos que retarden su crecimiento, respecto al color y las estructuras de la planta estas se mantuvieron firmes en la mayoría de las plantas.

**Fotografía N° 14:** Vista panorámica del crecimiento del Paspulum.



En conclusión la especie del Paspalum virgatum fue la adecuada para realizar la restauración del área de disposición final de los cortes de perforación generados por los pozos de San Martín 1, esto propiciado por los factores bióticos y abióticos de la zona, el clima que tuvieron una influencia directa en la supervivencia de la planta, adicionalmente contribuyo los altos niveles de tolerancia a los factores ambientales que muestra el Paspalum virgatum resistente a niveles fluctuantes en cuanto a iluminación, humedad, temperatura, pH, factores edáficos y topográficos.



## 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 Conclusiones

- Se remedió el área de disposición final de cortes de perforación con especie vegetal nativa, de manera satisfactoria con la metodología de cobertura vegetal.
- Se ha alcanzado una restauración del paisaje del área de la plataforma de perforación San Martín 1. Se ha restaurado un paisaje industrial a un paisaje industrial con presencia de pastura nativa, que mimetiza las estructuras de producción gasífera y armoniza la comunidad industria-naturaleza.
- Se concluye, de la comparación de los resultados de los análisis químicos sobre los cortes de perforación con los estándares de calidad de cortes a disponer del estado de Louisiana de EE.UU que, ha excepción del parámetro pH, no se ha sobrepasado el límite establecido, por lo demás, se encuentran muy por debajo de estos límites.
- Dadas las características del Paspalum virgatum los valores de pH registrado no representa un peligro para la viabilidad de la metodología de restauración.
- En las dos unidades piloto implementadas, el crecimiento del Paspalum virgatum, tanto en altura como de raíz ha dado resultados satisfactorios. No se ha observado indicios de enfermedades ni afección por plagas.

- El crecimiento del Paspalum virgatum ha sido óptimo tanto en temporada de lluvia como en sequías, lo demuestra su amplio rango de adaptabilidad a condiciones ambientales adversas.
- El costo de la restauración es bajo, lo que favorece la aplicabilidad de la metodología. Además, que se hace uso de los equipos y personal presente

## **8.2 Recomendaciones**

- Se recomienda que la aplicabilidad de esta metodología, en otras regiones, se sustente en un análisis químico del sustrato a remediar. Asimismo, se lleve a cabo con especies vegetales nativas.
- Se recomienda que, la siembra del pasto se lleve a cabo al inicio de la temporada de lluvia, para favorecer el crecimiento del mismo. Esta recomendación no es limitativa.
- Se recomienda desarrollar estudios sobre el Paspalum virgatum con la finalidad de conocer en detalle la fisiología y ecología de la especie.
- Se recomienda la programación de mantenimiento de la pila restaurada; así como el desarrollo en detalle de los costos de mantenimiento.

## 9 Glosario.

**1 ABANDONO.-** Trabajos efectuados para dejar fuera de servicio total o parcialmente y en condiciones seguras, y de ser el caso, en concordancia con la normativa ambiental, una Instalación

**2 ACCESO.-** En el caso del transporte de hidrocarburos por ductos, son las Vías carrozables utilizadas para acceder al derecho de vía y a las estaciones de hidrocarburos.

**3 AMBIENTE.-** Entorno en el que opera una organización, que incluye aire, agua, suelo, recursos naturales, flora, fauna, seres humanos y su interrelación.

**4 ANÁLISIS DE RIESGO.-** Es el estudio para evaluar los peligros potenciales y sus posibles consecuencias en una instalación existente o en un proyecto, con el objeto de establecer medidas de prevención y protección.

**5 BENTONITA.-** Arcilla natural, de gran poder de absorción, componente mayoritario de los lodos de perforación.

**6 BIODIVERSIDAD.-** Es la variedad y también la variabilidad entre los organismos vivientes, los sistemas ecológicos complejos en los cuales se encuentran y las formas en que estos interactúan entre si y con la geosfera.

**7 BIOTA.-** Flora y fauna.

**8 CAPACIDAD DE AGUA.-** Término usado en el almacenamiento, generalmente en recipientes para GLP, cuando la capacidad del recipiente está en función de las dimensiones interiores del mismo y no de la capacidad del líquido con el que se llena.

**9 CEMENTACIÓN.-** En la exploración y explotación, es la técnica por la cual se prepara, bombea y ubica una mezcla de cemento y aditivos dentro del pozo, con fines de fijar la tubería, crear un aislamiento, o reparar o abandonar zonas o el pozo.

**10 CONTAMINANTE.-** Material, sustancia o energía que al incorporarse o actuar sobre el ambiente, degradan su calidad original a niveles no propios para la salud y el bienestar humano, poniendo en peligro los ecosistemas naturales.

**11 DESARROLLO DE POZO.-** En la explotación de hidrocarburos o gas, es la ejecución de cualesquiera o de todas las actividades necesarias para la producción de hidrocarburos tales como: perforación, profundización, reacondicionamiento y completación de pozos, así como el diseño, construcción e instalación de equipos, tuberías, tanques de almacenamiento, incluyendo la utilización de sistemas de recuperación primaria y mejorada.

**12 DESARROLLO SOSTENIBLE.-** Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

**13 DIQUE.-** Estructura que rodea los tanques de almacenamiento de hidrocarburos. Se diseña de tal manera que su capacidad de retención de fluido en el evento de un derrame masivo, sea 1.1 veces la capacidad del tanque más grande.

**14 ECOSISTEMA.-** Unidad básica funcional y estructural de la naturaleza; incluye tanto a los organismos como al medio ambiente no viviente, cada uno interactuando con el otro y ambos necesarios para el mantenimiento de la vida en la tierra.

**15 EMISIÓN.-** Es el desprendimiento de vapores inflamables que con cierta continuidad ocurre en la operación de plantas e Instalaciones y se puede producir por fallas en los sellos de bombas, empaques de válvulas, etc.

**16 ESCORRENTIA.-** Agua de precipitación supera la capacidad de infiltración del mismo.

**17 ESTRATO.-** Capa de roca sedimentaria que corresponde a un ciclo de depositación.

**18 ESTUDIO SISMICO.-** Técnica para determinar la configuración de las capas geológicas en el subsuelo, por medio de ondas sísmicas producidas artificialmente.

**19 EXPLORACIÓN.-** El planeamiento, ejecución y evaluación de estudios geológicos, geofísicos, geoquímicos y otros; así como la perforación de pozos exploratorios y actividades conexas necesarias para el descubrimiento de hidrocarburos; incluyendo la perforación de pozos confirmatorios para la evaluación de los reservorios descubiertos.

**20 EXPLOTACIÓN.-** Desarrollo y producción.

**21 FALLA.-** Fractura de la corteza terrestre o de parte de ella, con desplazamiento.

**21 FORMACIÓN VEGETAL.-** Comunidad vegetal caracterizada por un particular biotipo que se da en hábitats semejantes.

**22 GAS LICUADO.-** Aquel gas que sometido a presión se encuentra en estado líquido a la temperatura de 21° C (70° F).

**23 GAS LICUADO DE PETROLEO, (GLP).-** Hidrocarburo que, a condición normal de presión y temperatura, se encuentra en estado gaseoso, pero a temperatura normal y moderadamente alta presión es licuable. Usualmente está compuesto de propano, butano, polipropileno y butileno o mezcla de los mismos. En determinados porcentajes forman una mezcla explosiva. Se le almacena en estado líquido, en recipientes a presión.

**24 GAS NATURAL.-** Mezcla de hidrocarburos en estado gaseoso, puede presentarse en su estado natural como gas natural asociado y gas natural no asociado. Puede ser húmedo si tiene condensado, o ser seco si no lo contiene.

**25 GAS NATURAL LICUEFACTADO (GNL).**- Es el gas natural convertido al estado líquido por procesos criogénicos u otros que sólo le cambian su naturaleza física, siendo considerado para todos sus efectos como gas natural.

**26 GEOFÍSICA.**- Estudio de la estructura del globo terráqueo en su conjunto y de los movimientos que lo afectan.

**27 GESTIÓN AMBIENTAL.**- El control apropiado del medio ambiente físico, para propiciar su utilización con el mínimo abuso, de modo de mantener las comunidades biológicas, para el beneficio continuado del hombre.

**28 IMPACTO AMBIENTAL.**- Cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o benéfico, como resultado en forma total o parcial, de las actividades, productos o servicios de una organización.

**29 INDICADOR AMBIENTAL.**- Expresión utilizada para proveer información acerca del desempeño ambiental o la condición del entorno (ISO/WD 14031.4)

**30 INFILTRACIÓN.**- Penetración del agua en el suelo a través de grietas y poros, sometida a fuerzas de gravedad y capilaridad.

**31 LINEA DE CONDUCCIÓN.**- Tubería utilizada para la conducción de hidrocarburos entre diferentes instalaciones de procesamiento, almacenamiento, bombeo, o puertos de exportación.

**32 LINEA DE FLUJO.**- Tubería utilizada para conducir uno o más fluidos entre diferentes instalaciones o pozos dentro de campos petroleros y de gas.

**33 MONITOREO.**- Recolección, con un propósito predeterminado, de mediciones u observaciones sistemáticas y comparables, en una serie espacio -temporal, de cualquier variable o atributo ambiental que proporcione una visión sinóptica o una muestra representativa del medio ambiente.

**34 MULTI-DISCIPLINARIO.**- Relativo a varias disciplinas. Que precisa de varias disciplinas para su estudio.

**35 NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE.**- Grado de concentración de un elemento o sustancia potencialmente perjudicial para la salud y supervivencia humana, así como de la flora y fauna.

**36 PAISAJE.**- Porción de espacio de la superficie terrestre aprehendida visualmente. En sentido más preciso, parte de la superficie terrestre que en su imagen externa y en la acción conjunta de los fenómenos que lo constituyen presenta caracteres homogéneos y una cierta unidad espacial básica

**37 PERMEABILIDAD.**- Es la facilidad con que el agua y el aire se mueven dentro del suelo.

**38 PMA.**- Plan de manejo ambiental. Es el conjunto de acciones de ingeniería, planeación, etc. tendientes a mitigar los efectos negativos y magnificar los efectos positivos que ocasiona un proyecto en sus diferentes etapas de desarrollo sobre el medio ambiente.

**39 POZO.-** Cavidad en la corteza terrestre como resultado de la perforación efectuada para descubrir o producir hidrocarburos, gas, inyectar agua o gas u otros objetivos.

**40 PSIA.-** Libras por pulgada cuadrada absoluta, siendo el punto de referencia cero (0) libras de presión absoluta o vacío total (0,0 psig = 14,7psia).

**41 RESERVAS PROBADAS.-** Cantidades de hidrocarburos o gas estimadas a una fecha determinada, cuya existencia está demostrada con una certeza razonable por información geológica y de ingeniería, y que pueden ser recuperadas bajo las condiciones económicas, métodos de operación y regulaciones gubernamentales vigentes.

**42 RESERVORIO.-** Estrato o estratos en el subsuelo, que estén produciendo o que se haya probado que sean capaces de producir hidrocarburos o gas que tienen un sistema común de presión en toda su extensión, y que pueden formar parte de un yacimiento.

**43 RIESGO AMBIENTAL.-** Situación que puede poner en peligro la integridad de los ecosistemas durante la ejecución de una obra o el ejercicio de una actividad.

**44 RUIDO.-** Es la denominación dada a un conjunto de sonidos armónicamente indeseables, discordantes y confusos. Por regla general, 85 decibeles (db) puede considerarse como el nivel crítico para el daño al oído.

**45 SISTEMA.-** Grupo de componentes que se interrelacionan de tal forma que los cambios en un componente pueden afectar a alguno o a todos de los demás.

**46 SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL.-** La parte del sistema de gestión total, el cual incluye la estructura organizacional, planificación de las actividades, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implementar, lograr, revisar y mantener la política ambiental.

**47 SUELO.-** Es la capa superficial más externa de la superficie terrestre, constituida por sustancias minerales y orgánicas. Es una importante base para la alimentación de las especies animales de la tierra, y por lo tanto un trascendente recurso natural para el desarrollo.

**48 USO DEL SUELO.-** Ocupación del suelo por cualquier actividad, productiva o no.

**49 YACIMIENTO.-** Área de superficie bajo el cual existe uno o más reservorios que estén produciendo o que se haya probado que son capaces de producir hidrocarburos.

## 10. BIBLIOGRAFIA

Bouckhout, Leo; Vera, Humberto. Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA). Guía para la disposición de desechos de perforación en la actividad de Perforación en la actividad petrolera. Ministerio de Energía y Minas – Perú. 1997. 97 pp.

Bouckhout, Leo; Vera, Humberto. Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA). Guía Ambiental para proyectos de Exploración y Producción Petrolera. Ministerio de Energía y Minas-Perú 1997. 120pp

Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT). Técnicas de inventario de recursos naturales renovables. Maestría en Gestión de Recursos Naturales Renovables y Medio Ambiente. Mérida, Venezuela, 1995. 75 pp.

Clewell, Andre; Rieger, John; Munro, John. Guidelines for Developing and Managing Ecological restoration Projects Society for Ecological Restoration Internacional (SER). Arizona. EE.UU 2000. 75pp.

Enkerlin, Ernesto; Cano, Jerónimo; Garza, R; Vogel E. Ciencia, Ambiental y Desarrollo Sostenible Thomsom Editores, México D.F. México 1997.550 pp.

Environmental Protection Agency USA (EPA) Environmental Assessment of final effluent limitations guidelines and standards of Synthetic based Drilling fluids and other Non aqueous drilling fluids in the oil and gas extraction point source category Washington-USA 2000.

Environmental Protection Agency. USA (EPA) Overview of final SBF effluent limitation guidelines. Golf Coast environmental affairs group. Los Angeles – USA 2001.

ERMA Argentina. Estudio de Impacto Ambiental del Lote 88, Camisea y Área de Influencia Tomos I, II y III Pluspetrol Perú Corporation Perú 2001. 345pp.

Espinoza Guillermo. Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental, Banco Interamericano de Desarrollo. Santiago de Chile. Chile.2001. 250 pp.

Gentry Alwyn H. A field guide to the families and genera of Woody Plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú) with supplementary notes on herbaceous taxa. The University of Chicago Press in association with Conservation International. Chicago. USA 1996.

Gómez Orea, Domingo. Evaluación del Impacto Ambiental. Editorial Agrícola Española. Madrid, España. 1999.320 pp.

Lloyd E. Deuel, Jr. Ph D. Soil Remediation for the Petroleum Extraction Industry PennWell Books. Oklahoma, USA. 1994.312pp.

Ministerio del Ambiente de Ecuador. Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y criterios de Remediación para suelos contaminados – versión Preliminar. Ecuador 2002.

Occidental Petroleum Corporation of Perú. Oro Negro del Perú. La búsqueda de Petróleo en la Amazonía Peruana. Los Angeles, EE.UU 1980.35 pp.

Pluspetrol Perú Corporation. Informe Mensual de Cumplimiento Ambiental Medio Ambiente, Salud, Seguridad Industrial y Comunidades Nativas. Dirección de Asuntos Ambientales (DGAA) – MEM. Perú. 2002.55pp.

Pluspetrol Perú Corporation Informe Mensual de Cumplimiento Ambiental-Medio Ambiente, Salud, Seguridad Industrial y Comunidades Nativas. Dirección de Asuntos Ambientales (DGAA)-MEM; Perú 2003.45pp.

Amas Ecuador-Brand Perú. Sistema de Control de Sólidos, San Martín 1-Lote 88, Proyecto Camisea. Perú. 2001.28 pp.

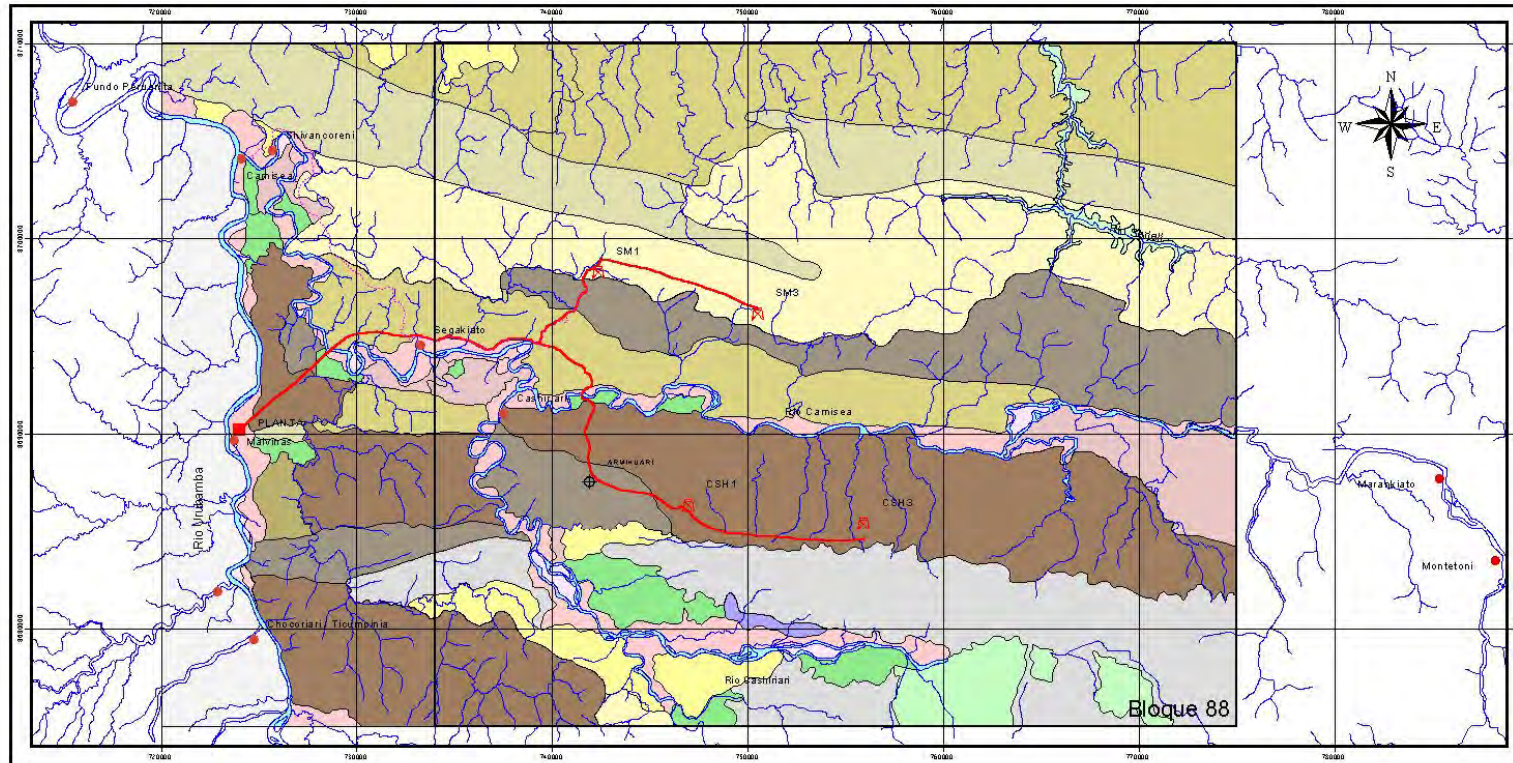
Qmax Ecuador-Brand Perú. Programa de Manejo de Residuos, San Martín 1-Lote 88, Proyecto Camisea. Perú 2002.31pp.

Seoànez Calvo, Mariano. Ingeniería Medioambiental aplicada a la reconversión industrial y a la Restauración de paisajes industriales degradados. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-España. 1998.415 pp.



# 10 ANEXO.

## Mapa No 1 Fisiográfico



### REFERENCIAS

- Perú
  - Croquis de ubicación de área de Estudio de Impacto Ambiental
  - Plataforma Arhuacuri
  - Lote
  - Planta Pluspetrol
  - Picada o sendero
  - Comunidad
  - Pozo
  - Línea de conducción hidrográfica
- 
- Unidades Fisiográficas
  - Colinas altas fuertemente disectadas
  - Colinas altas ligeramente disectadas
  - Colinas altas moderadamente disectadas
  - Colinas bajas fuertemente disectadas
  - Colinas bajas moderadamente disectadas
  - Colinas bajas ligeramente disectadas
  - Colinas estructurales fuertemente disectadas
  - Cuevas
  - Lomadas
  - Laderas de montañas moderadamente inclinadas (pielonate)
  - Montañas bajas
  - Terraza alta
  - Terraza media
  - Valle intercolina
  - Terraza baja
  - Rio
  - NN

## Mapa Fisiográfico



Proyección UTM Zona 18S  
Sistema de Referencia WGS84

### UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica

#### Tesis Master:

Restauración del Área de Disposición Final de los Cortes de Perforación de los Pozos San Martín 1001,1002,1003, 1004, Lote 88 Proyecto Camisea

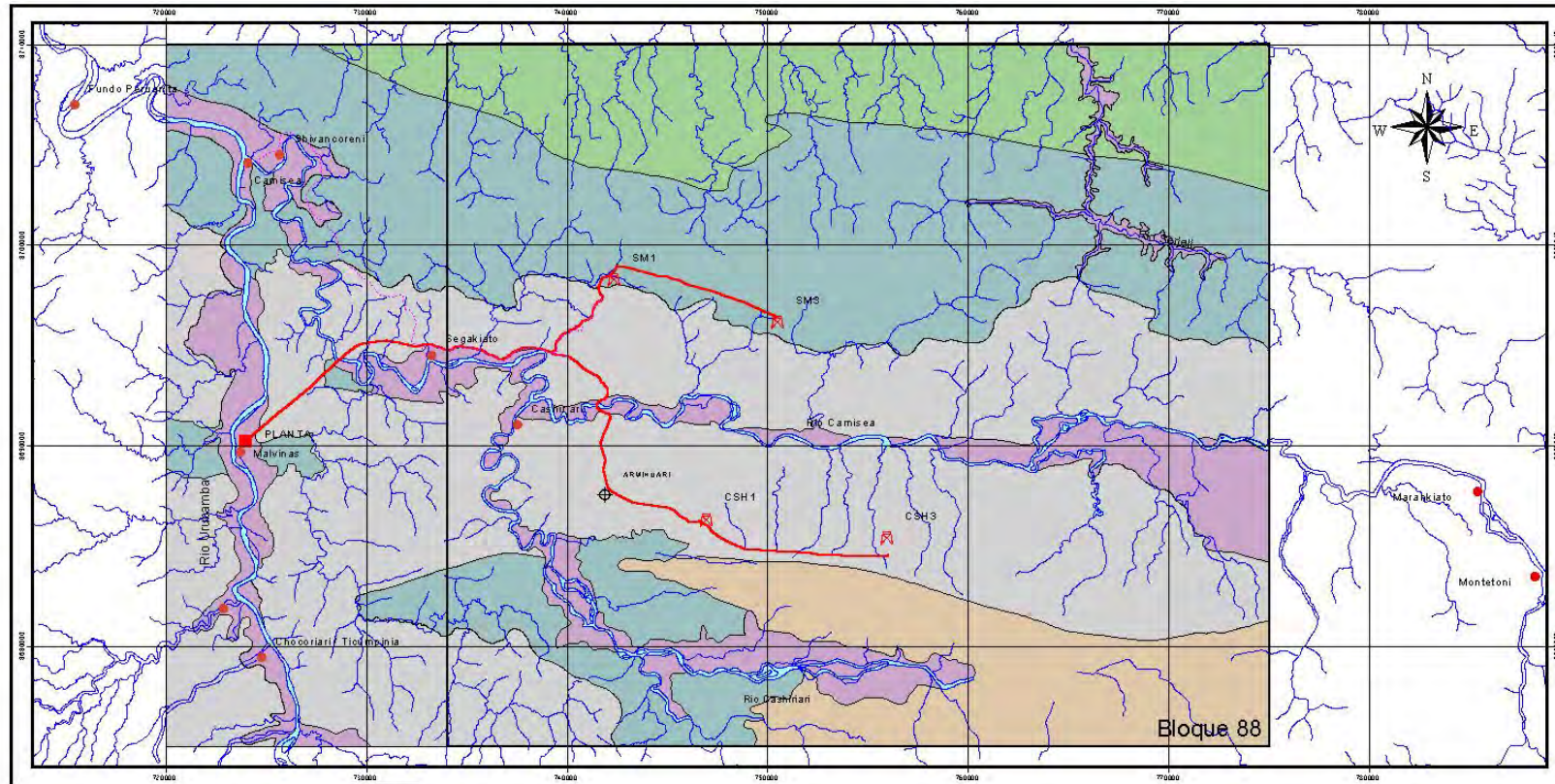
#### Fuente:

EIA Lote 88 – Proyecto Camisea – ERM

Fecha Elaboración: Agosto 2001



## Mapa No 2 Geomorfología



Perú  
Croquis de ubicación de área de  
Estudio de Impacto Ambiental



### REFERENCIAS:

- Plataforma Armihuari
- Lote
- Planta Pluspetrol
- Picada o sendero
- Comunidad
- Pozo
- Línea de conducción
- Hidrografía
- Unidades Geomorfológicas
  - Colinas
  - Laderas estructurales bajas
  - Laderas estructurales altas
  - Llanura
  - Valles
  - Rio

## Mapa Geomorfológico



Proyección UTM Zona 18S  
Sistema de Referencia WGS84

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica**

### Tesis Master:

Restauración del Área de Disposición Final de los Cortes de Perforación de los Pozos San Martín 1001,1002,1003, 1004, Lote 88 Proyecto Camisea

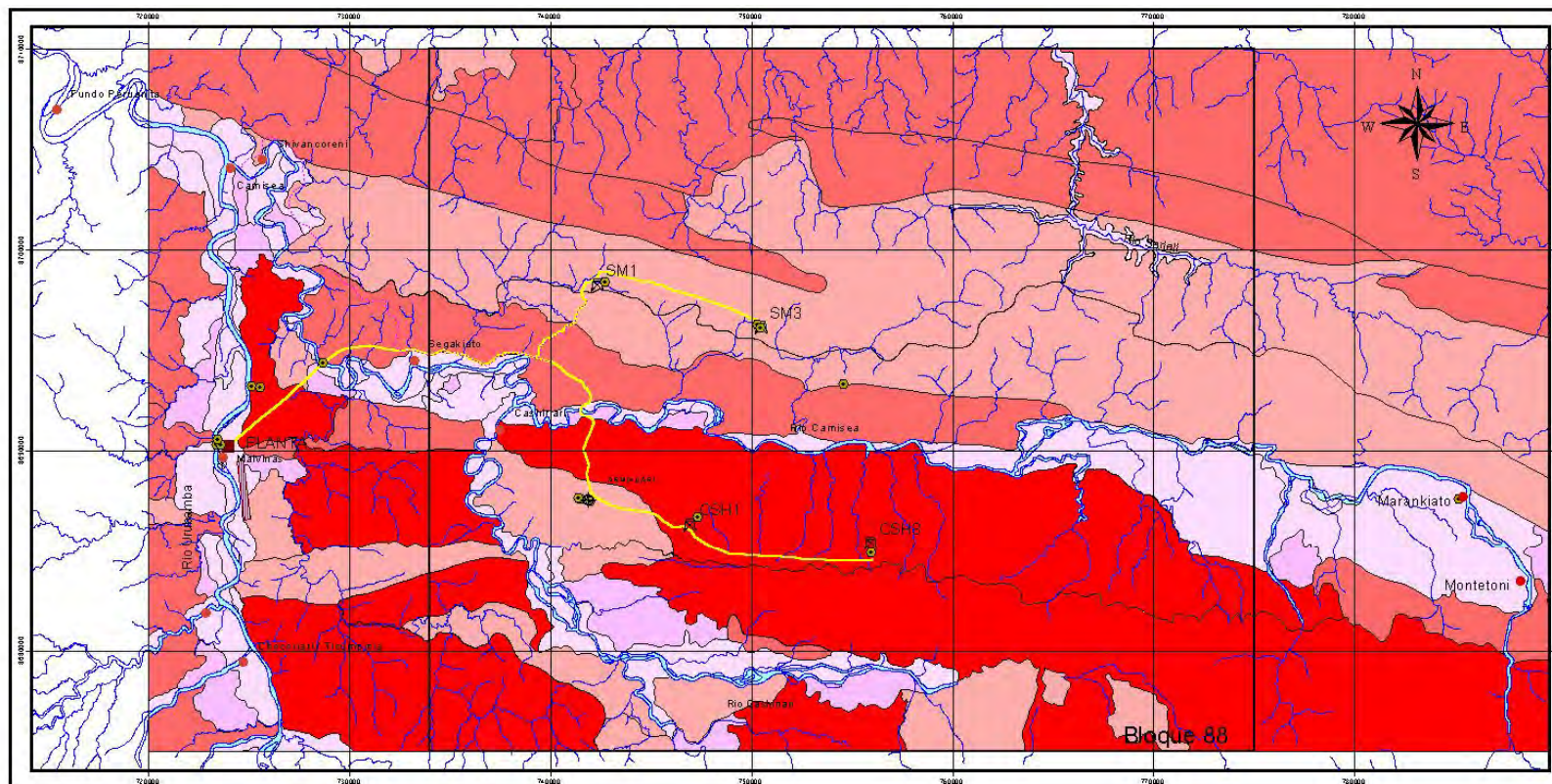
### Fuente:

EIA Lote 88 – Proyecto Camisea – ERM

Fecha Elaboración: Agosto 2001



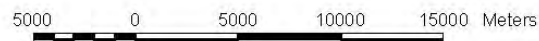
**Mapa No 3 Pendientes**



**REFERENCIAS:**

- ⊕ Plataforma Armihuari
- Comunidad
- ▭ Lote
- ⋯ Pista de sendero
- Pto. muestreo de suelo
- ⊙ Pozo
- ⊠ Planta Pluspetrol
- Línea de conducción
- ▨ Pista de aterrizaje
- ⚡ Hidrografía
- Mapa de pendientes
  - 0 - 15 %
  - 15 - 25 %
  - 25 - 50 %
  - 50 - 70 %
  - Mayor de 70 %
  - Rio

**Mapa de Pendientes**



Proyección UTM Zona 18S  
Sistema de Referencia WGS84

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica**

**Tesis Master:**

Restauración del Área de Disposición Final de los Cortes de Perforación de los Pozos San Martín 1001,1002,1003, 1004, Lote 88 Proyecto Camisea

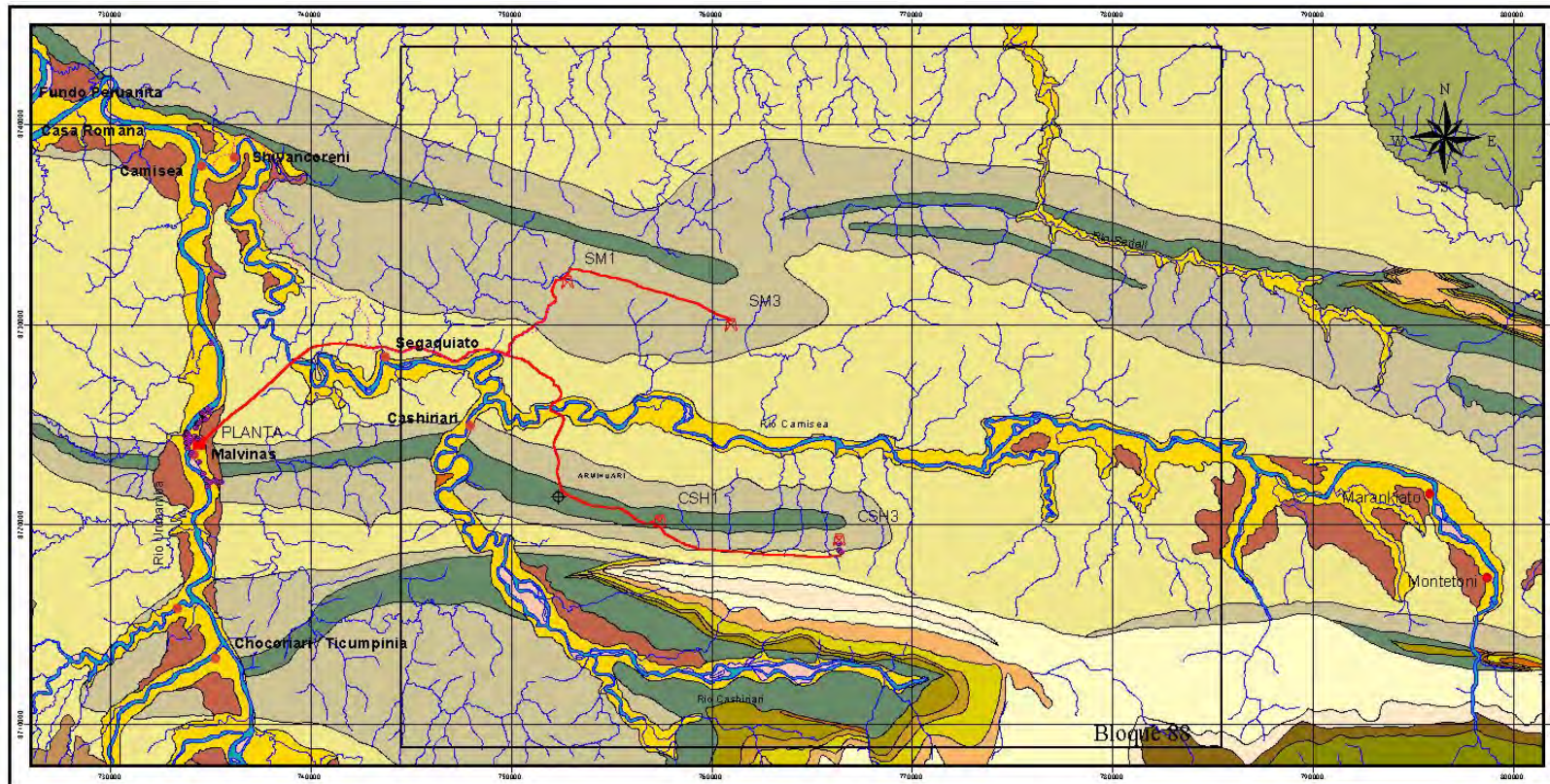
**Fuente:**

EIA Lote 88 – Proyecto Camisea – ERM

**Fecha Elaboración:** Agosto 2001



Mapa N° 4 Geología



REFERENCIAS:

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Municipio Amahuari</li> <li>□ Lote</li> <li>○ Rosa o camino</li> <li>● Puntos geológicos</li> <li>● Comederos</li> <li>⊗ Pozo</li> <li>⚡ Línea de conducción eléctrica</li> <li>■ Zona Prosercol</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Unidad geológica</li> <li>DEPOSITO ALUVIAL</li> <li>DEPOSITO ALUVIO FLUVIAL</li> <li>DEPOSITOS FLUVIALES</li> <li>DISCORDANCIA ANGULAR FORMACION RIO TAMBO</li> <li>FORMACION CHAMBIRA</li> <li>FORMACION CHONTA</li> <li>FORMACION FURIBO</li> <li>FORMACION MADRE DE DIOS</li> <li>FORMACION NIPICHA</li> <li>FORMACION SCAYALI</li> <li>FORMACION VAINA</li> <li>FORMACION YANAPARANGU</li> <li>GRUPO AMBO</li> <li>GRUPO ORENTALES</li> <li>GRUPO COPACABANA</li> <li>GRUPO COPACABANA - TARMA</li> <li>GRUPO ORIENTE</li> <li>GRUPO TARMA</li> <li>SIWA</li> <li>RIO</li> <li>SIN DATA</li> </ul> |
|--|---|

Mapa Geológico

5000 0 5000 10000 15000 Meters

Proyección UTM Zona 18S  
Sistema de Referencia WGS84

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica

Tesis Master:

Restauración del Área de Disposición Final de los Cortes de Perforación de los Pozos San Martín 1001,1002,1003, 1004, Lote 88 Proyecto Camisea

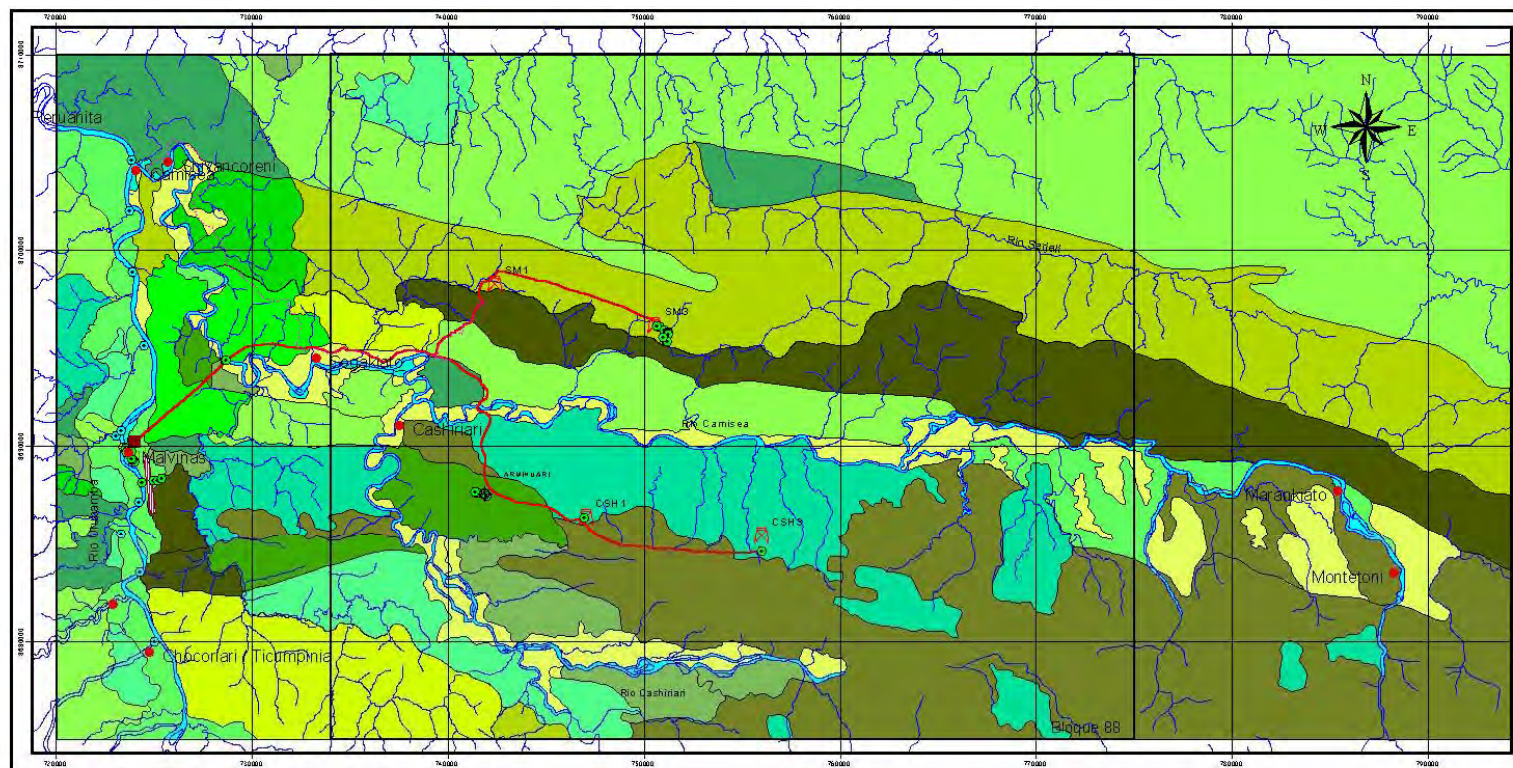
Fuente:

EIA Lote 88 – Proyecto Camisea – ERM

Fecha Elaboración: Agosto 2001



**Mapa No 5 Unidades de vegetación**



**Perú**  
Croquis de ubicación de área de  
Estudio de Impacto Ambiental



**REFERENCIAS:**

- Mapaforma definitiva
- Riaca o sendero
- URM
- Comunidades
- No. Inventario Biología
- No. Inventario Herpetología
- Mano Huastol
- Área de conservación
- Riaca de abastecimiento
- Accesos planta P.M. Intergrafaplano
- Riaca

- Unidad de vegetación
- Áreas de cambio y/o pastizales
- Bosques con pastizales en colinas bajas ligeramente disectadas
- Bosques con pastizales en colinas altas fuertemente disectadas
- Bosques con pastizales en colinas altas moderadamente disectadas
- Bosques con pastizales en colinas bajas fuertemente disectadas
- Bosques con pastizales en colinas bajas moderadamente disectadas
- Bosques con pastizales en montañas
- Bosques con pastizales en terrazas (30% pacayo)
- Bosques con pastizales en terrazas (80% pacayo)
- Bosques de colinas altas fuertemente disectadas
- Bosques de colinas altas moderadamente disectadas
- Bosques de colinas bajas fuertemente disectadas
- Bosques de colinas bajas ligeramente disectadas
- Bosques de colinas bajas moderadamente disectadas
- Bosques de montaña

**Mapa de Unidades de Vegetación**



Proyección UTM Zona 18S  
Sistema de Referencia WGS84

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica**

**Tesis Master:**

Restauración del Área de Disposición Final de los Cortes de Perforación de los Pozos San Martín 1001, 1002, 1003, 1004, Lote 88 Proyecto Camisea

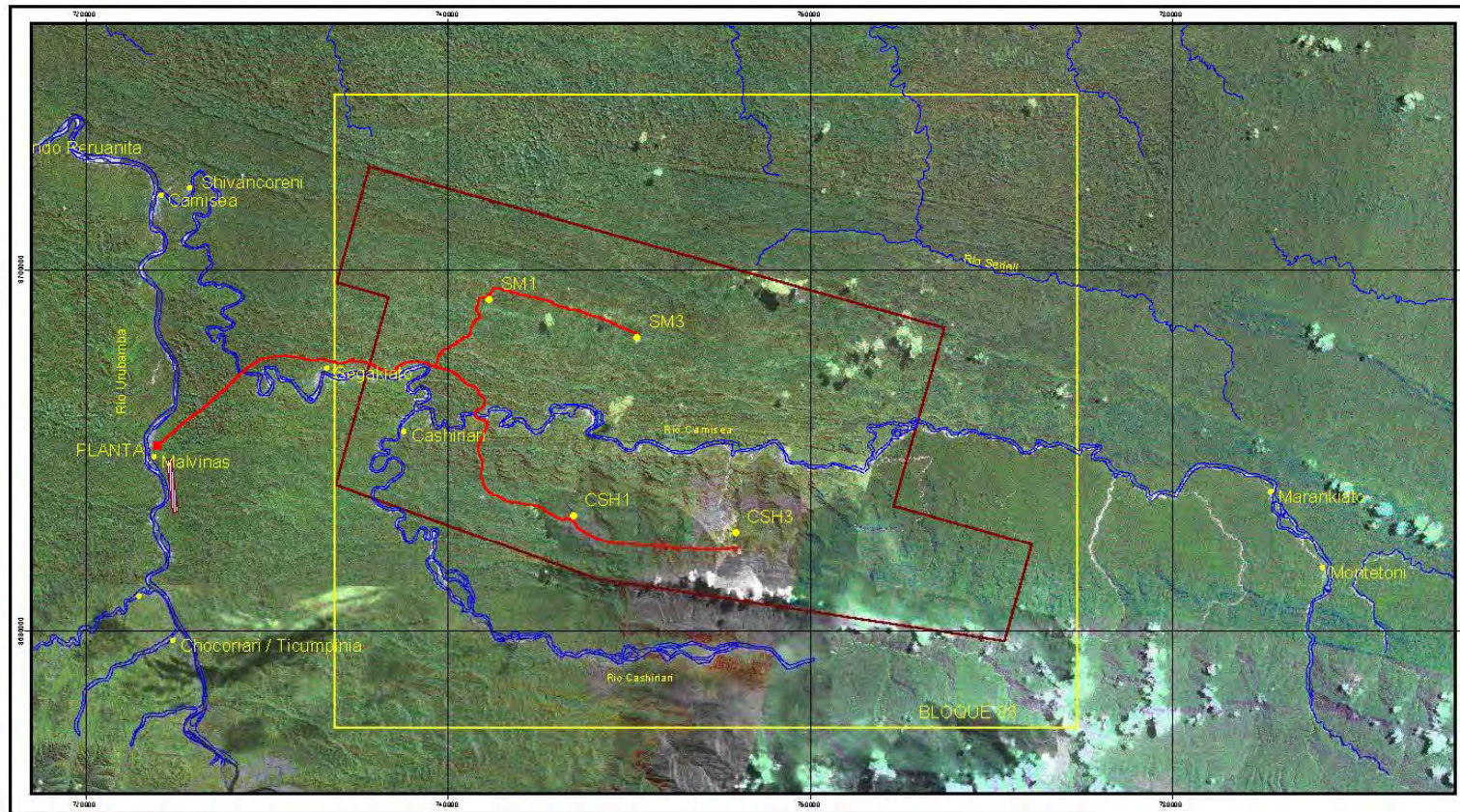
**Fuente:**

EIA Lote 88 – Proyecto Camisea – ERM

**Fecha Elaboración:** Agosto 2001



Mapa No 6 Ubicación Lote 88 - Camisea



Perú  
Croquis de ubicación de área de Estudio de Impacto Ambiental



**REFERENCIAS:**

- Planta Pluspetrol
- Pozo
- Comunidad
- ▲ Línea de conducción
- Pista de aterrizaje
- Red hidrográfica
- ~ RIO
- Bloques
- Lote 88
- Área de 5/8 mica

**Mapa de Ubicación del Area de Estudio**

5000 0 5000 10000 15000 20000 Meters

Proyección UTM Zona 18S  
Sistema de Referencia WGS84

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica**

**Tesis Master:**

Restauración del Área de Disposición Final de los Cortes de Perforación de los Pozos San Martín 1001,1002,1003, 1004, Lote 88 Proyecto Camisea

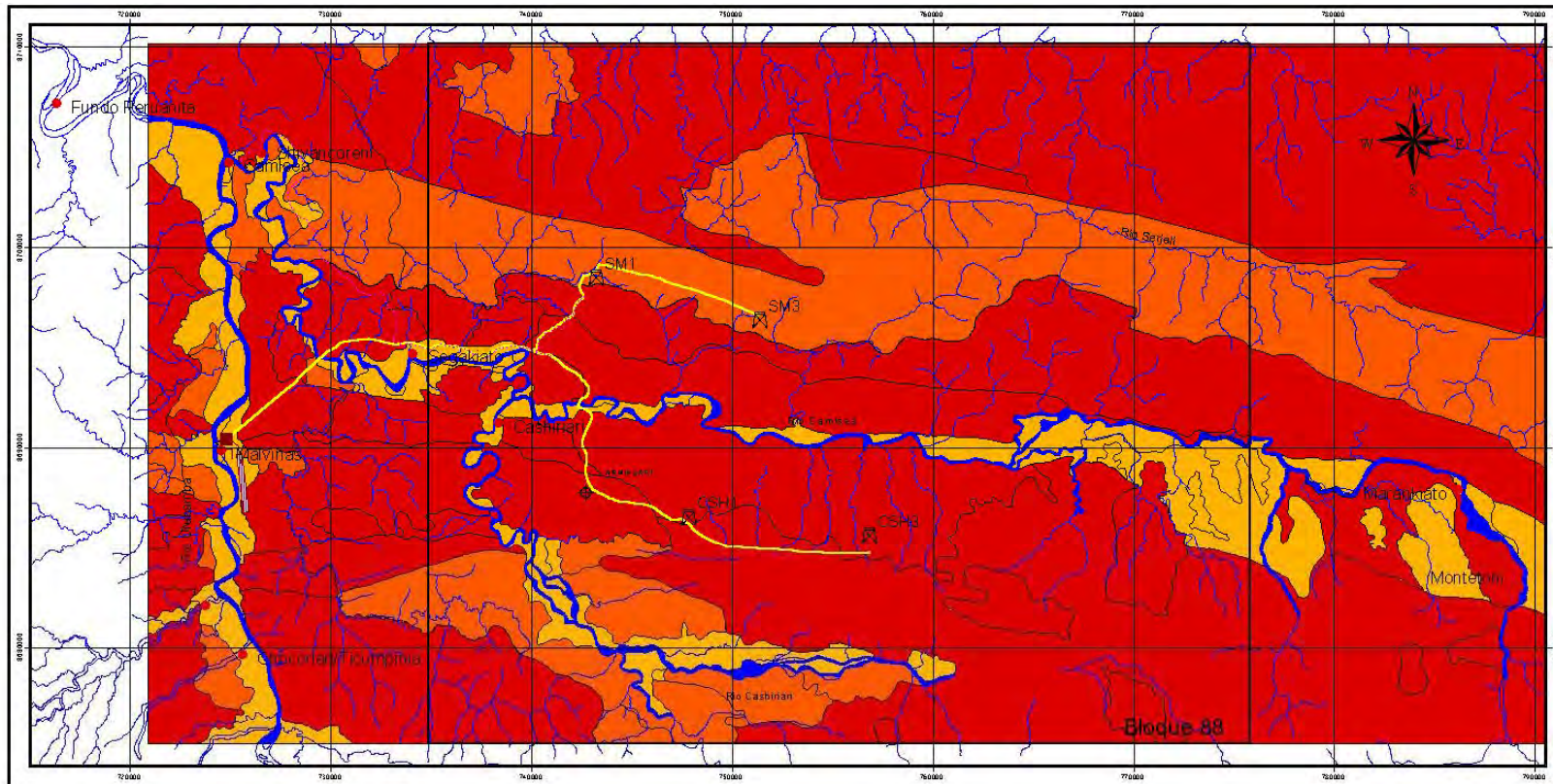
**Fuente:**

EIA Lote 88 – Proyecto Camisea – ERM

**Fecha Elaboración:** Agosto 2001



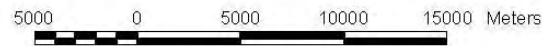
Mapa No 7 Sensibilidad de Flora.



**REFERENCIAS:**

- Lote
- Piedra o sendero
- Comunidades
- Plataforma Armbuani
- Pozo
- Pto. muestreo Forestal-Vegetación
- Planta Pluspetrol
- Línea de conducción
- Accesos planta PLP
- Pista de aterrizaje
- Hidrografía
- Sensibilidad de la flora**
- Baja
- Media
- Alta
- Río

**Mapa de Sensibilidad de Flora**



Proyección UTM Zona 18S  
Sistema de Referencia WGS84

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica**

**Tesis Master:**

Restauración del Área de Disposición Final de los Cortes de Perforación de los Pozos San Martín 1001,1002,1003, 1004, Lote 88 Proyecto Camisea

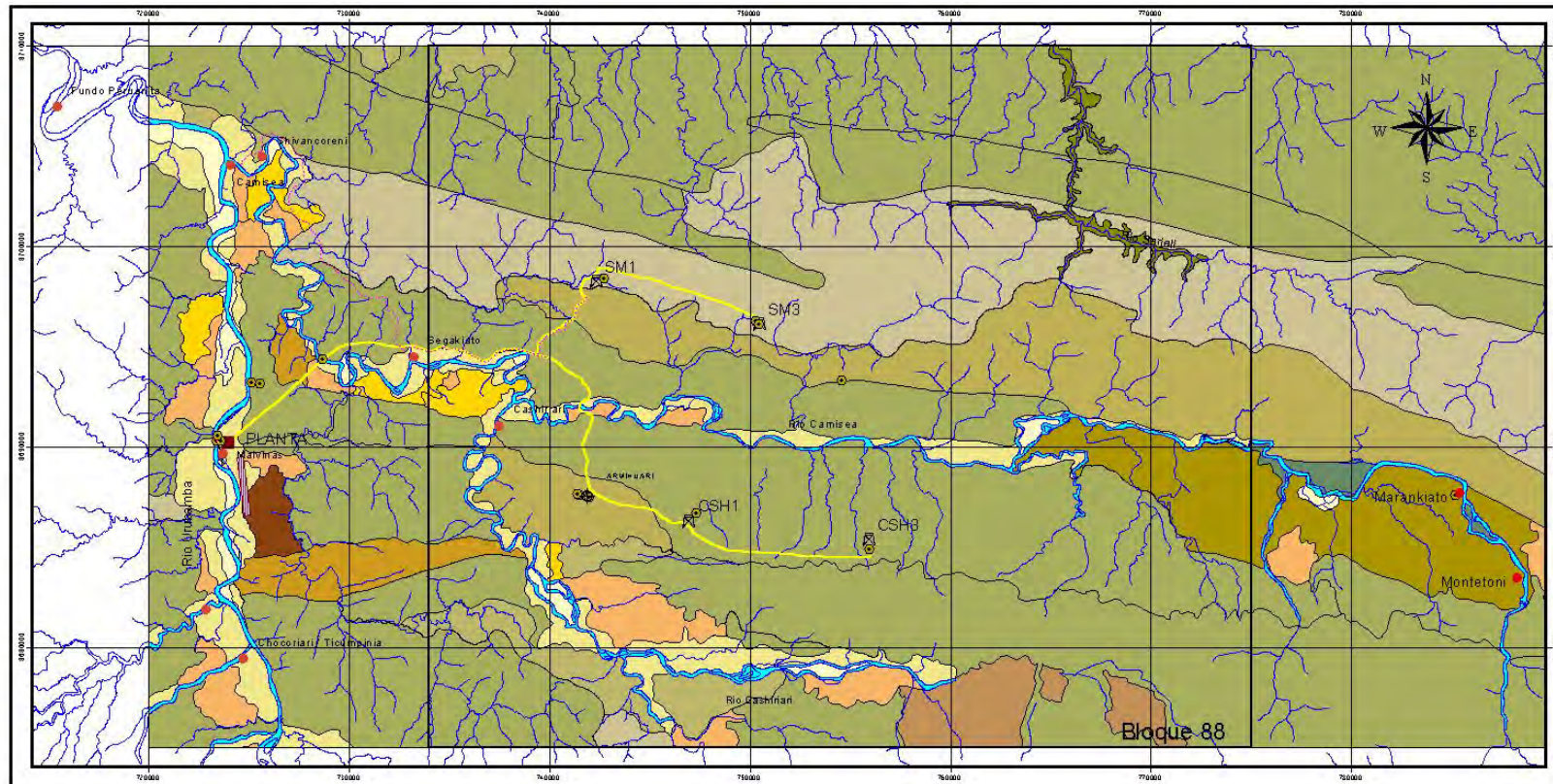
**Fuente:**

EIA Lote 88 – Proyecto Camisea – ERM

**Fecha Elaboración:** Agosto 2001



Mapa No 8 Tipo de Suelo.



REFERENCIAS:

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li> Plataforma Armihuari</li> <li> Comunidad</li> <li> Lote</li> <li> Picada o sendero</li> <li> Rio: muestra de suelo</li> <li> Pozo</li> <li> Planta Pisspetrol</li> <li> Línea de conducción</li> <li> Pista de alertizaje</li> <li> Hidrografía</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> Tipo de suelo<br/>Asncaya</li> <li> Cheni</li> <li> Cheni-Chilchikya</li> <li> Cheni-Maingo</li> <li> Cortariari-Maingo</li> <li> Huacaya</li> <li> Maingo-Areas Miscelaneas</li> <li> Maingo-Cheni</li> <li> Maingo-Chilchikya</li> <li> Marankiato</li> <li> Montetomi</li> <li> San Martin</li> <li> Sensa</li> <li> Timpai-Maingo</li> <li> Areas Miscelaneas</li> <li> Rio</li> </ul> |
|--|--|

Mapa de Tipo de Suelo



Proyección UTM Zona 18S  
Sistema de Referencia WGS84

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica

Tesis Master:

Restauración del Área de Disposición Final de los Cortes de Perforación de los Pozos San Martín 1001,1002,1003, 1004, Lote 88 Proyecto Camisea

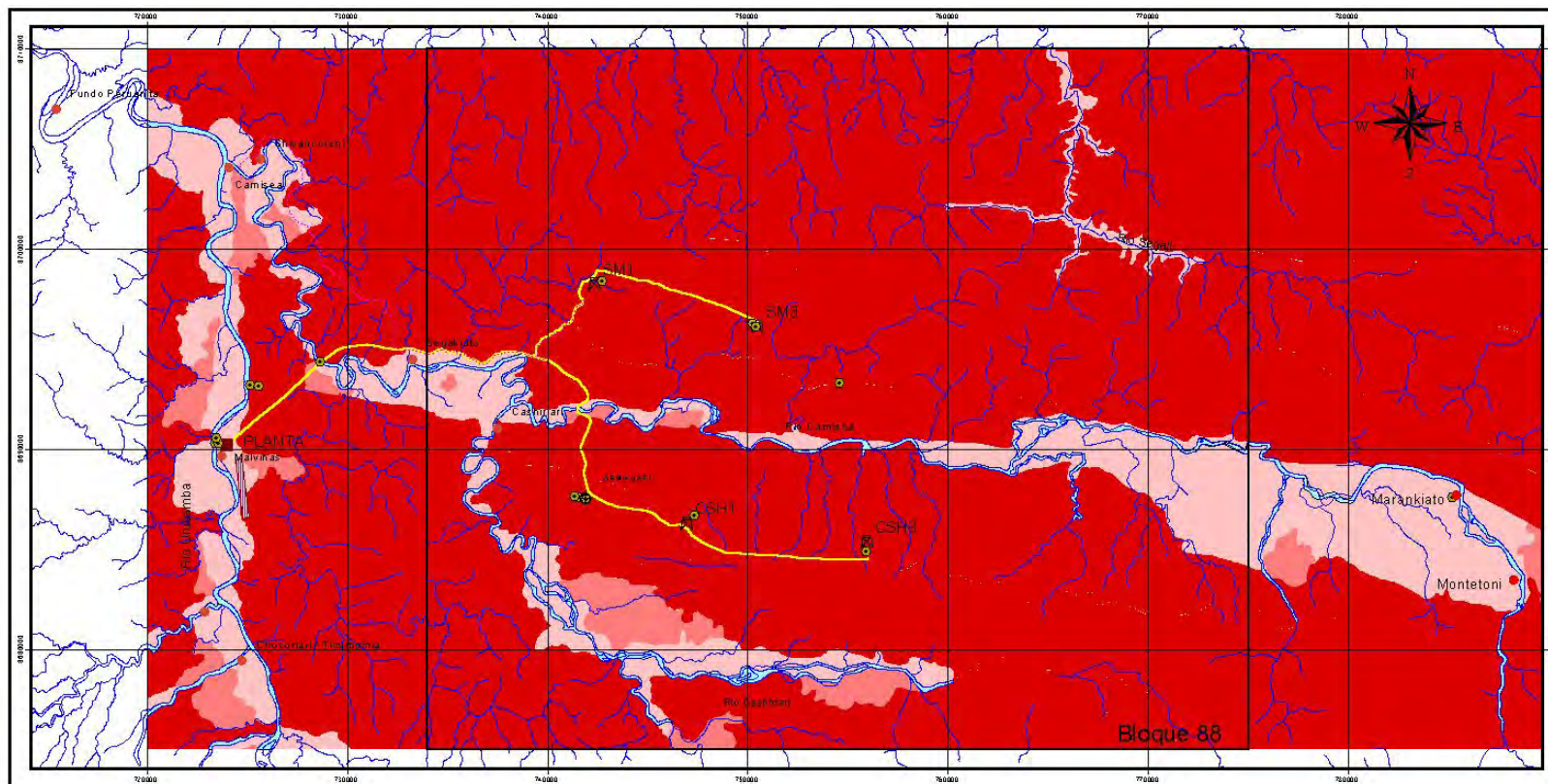
Fuente:

EIA Lote 88 – Proyecto Camisea – ERM

Fecha Elaboración: Agosto 2001



## Mapa No 9 Sensibilidad del Suelo



Perú  
Croquis de ubicación de área de  
Estudio de Impacto Ambiental



### REFERENCIAS:

- ⊕ Plataforma Armihuari
- Comunidad
- Lote
- Picada o sendero
- Pto. muestreo de suelo
- ⊕ Pozo
- Planta Pluspetrol
- Línea de conducción
- ▨ Pista de aterrizaje
- ▧ Hidrografía
- Sensibilidad del suelo
  - Baja
  - Moderada
  - Alta
- ▬ Río

## Mapa de Sensibilidad del suelo



Proyección UTM Zona 18S  
Sistema de Referencia WGS84

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica**

### Tesis Master:

Restauración del Área de Disposición Final de los Cortes de Perforación de los Pozos San Martín 1001, 1002, 1003, 1004, Lote 88 Proyecto Camisea

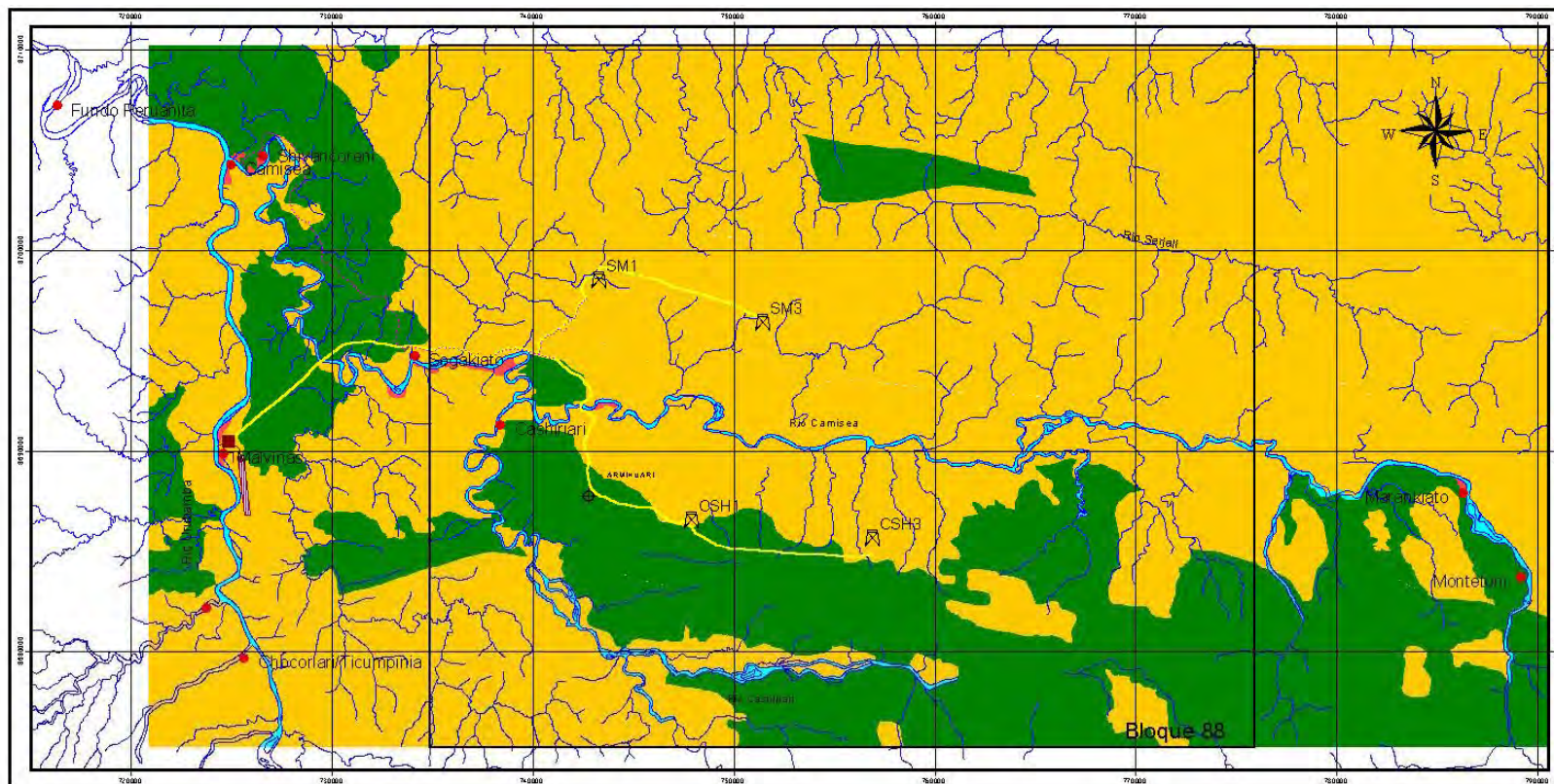
### Fuente:

EIA Lote 88 – Proyecto Camisea – ERM

Fecha Elaboración: Agosto 2001



## Mapa No 10 Tipos de Bosques



### REFERENCIAS:

- Lote
- Picada o sendero
- Comunidades
- Plataforma Armihuani
- Pozo
- Pto. muestreo Forestal-Vegetación
- Planta Pluspetrol
- Línea de conducción
- Accesos planta PLP
- Pista de aterrizaje
- Hidrografía
- Tipo de bosque
  - Bosque Primario
  - Bosque Primario Mixto
  - Áreas Interventidas
  - Rio

## Mapa de Tipo de Bosques



Proyección UTM Zona 18S  
Sistema de Referencia WGS84

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica

### Tesis Master:

Restauración del Área de Disposición Final de los Cortes de Perforación de los Pozos San Martín 1001,1002,1003, 1004, Lote 88 Proyecto Camisea

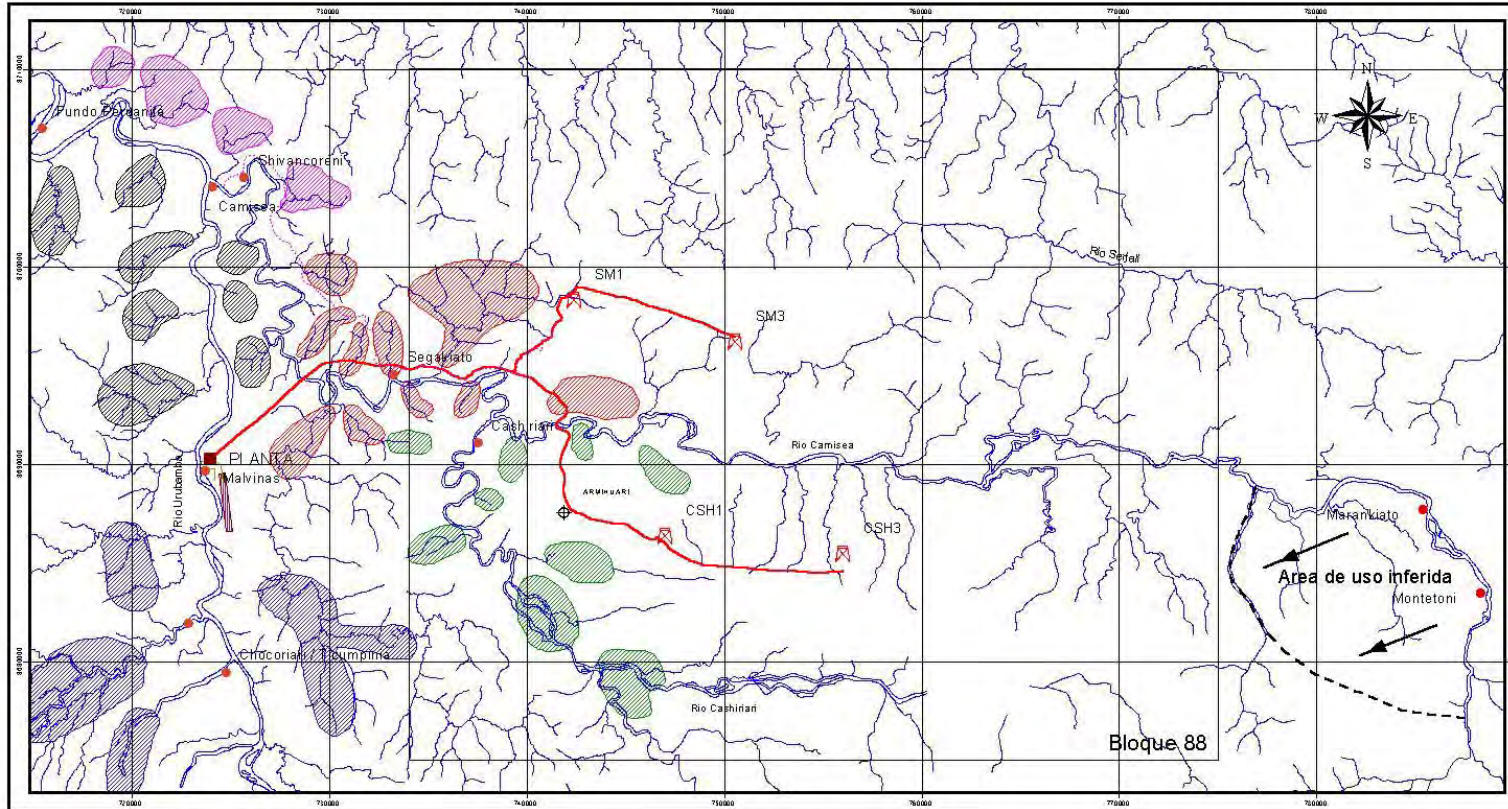
### Fuente:

EIA Lote 88 – Proyecto Camisea – ERM

Fecha Elaboración: Agosto 2001



Mapa No 11 Áreas de uso de Comunidades Aborígenes.



Perú  
Croquis de ubicación de área de  
Estudio de Impacto Ambiental



**REFERENCIAS:**

- ▲ Ricaca o sendero
- Composteo
- ⊕ Plantatoria Arambani
- ⊕ Pozo
- Planta P. apereci
- Línea de conexión
- Acceso planta P. P
- ▨ Pista de aterrizaje
- Hidrografía
- ▲ RIO
- ▲ Río o drenaje
- Zona
- Área de uso de comunidades
- Camisea
- Cashirani
- Chirocorani
- Begaito
- Shiwankorani
- ▲ uso Montetoni / Marankiato

## Mapa de Areas de uso de comunidades Aborígenes



Proyección UTM Zona 18S  
Sistema de Referencia WGS84

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica

**Tesis Master:**

Restauración del Área de Disposición Final de los Cortes de Perforación de los Pozos San Martín 1001,1002,1003, 1004, Lote 88 Proyecto Camisea

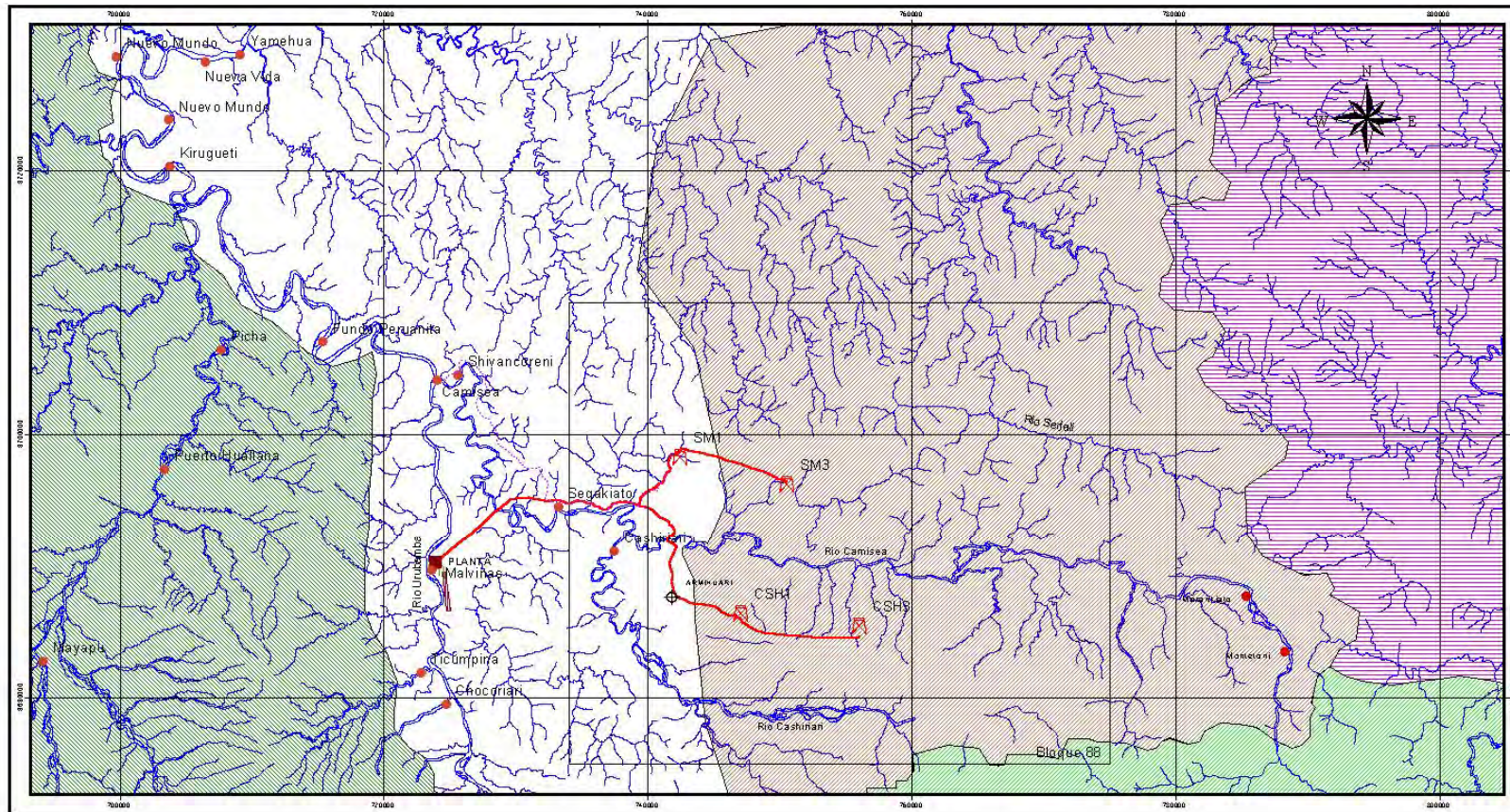
**Fuente:**

EIA Lote 88 – Proyecto Camisea – ERM

**Fecha Elaboración:** Agosto 2001



## Mapa No 12 Áreas Naturales Protegidas



Perú  
Croquis de ubicación de área de  
Estudio de Impacto Ambiental



### REFERENCIAS:

- Rutas o senderos
- Comisariado
- ⊕ Manzana Amihuari
- ⊕ Pozo
- Zona Reservada
- ▭ Área de conservación
- ▭ Acceso planta P.U.P.
- ▭ Zona de amortiguamiento
- ▭ Río
- ▭ Línea de drenaje
- ▭ Límite
- ▭ Área Protegida
- ▭ Reserva del Estado a favor de los Grupos Nómadas
- ▭ Santuario Machiguenga Megarom
- ▭ Zona nacional del APURMAC
- ▭ Parque Nacional del Manu

## Mapa de Areas Protegidas

10000 0 10000 20000 Meters



Proyección UTM Zona 18S  
Sistema de Referencia WGS84

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica**

### Tesis Master:

Restauración del Área de Disposición Final de los Cortes de Perforación de los Pozos San Martín 1001,1002,1003, 1004, Lote 88 Proyecto Camisea

### Fuente:

EIA Lote 88 – Proyecto Camisea – ERM

**Fecha Elaboración:** Agosto 2001