

MEJORAS CONSTRUCTIVAS EN OBRAS LINEALES: GASODUCTO MACUETA PIQUIRENDIA.

Armando Jorge Loreto, Héctor Gagno, Patricio García Bes, Roberto de los Rios, Fernando Guzmán Cieri

Pan American Energy LLC, Unidad de Gestión Acambuco
Gorriti 555, Tartagal (4560), Salta, Argentina.
Web: <http://www.pan-energy.com>

RESUMEN:

El presente trabajo refleja las mejoras logradas en la construcción de un gasoducto en una región montañosa incorporando la temática de control de erosión, de una manera temprana y activamente, como parte de la gestión integral del proyecto.

Lográndose de esta manera innovadoras técnicas constructivas, alcanzando importantes mejoras vinculadas a los indicadores ambientales de la obra.

Palabras Claves: Gasoducto, Macueta - Piquirenda, Gestión Integral, Control de Erosión.

ABSTRACT:

The present work reflects the improvements achieved in the construction of a gas pipeline in a mountainous region incorporating the thematic of control of erosion, in a way early and active, like part of the integral management of the project.

Being achieved in this manner innovative constructive techniques, reaching important improvements linked to the environmental indicators of the work.

Keywords: pipeline, Macueta-Piquirenda, Integral management, control of erosion.

INTRODUCCIÓN

Pan American Energy (PAE) es una empresa de energía que produce, trata y transporta hidrocarburos de un modo responsable y sustentable.

Con una producción neta de 77.3 millones de barriles de petróleo equivalente anuales, es el segundo productor de hidrocarburos de la Argentina y uno de los principales del Cono Sur.

Las personas, el ambiente y los activos son nuestras prioridades en las operaciones. Nuestra misión es optimizar las inversiones de nuestros accionistas basados en el respeto a las personas y al ambiente.

Dentro de la Argentina existen numerosas Unidades de Gestión operadas por PAE; la denominada Acambuco se encuentra en el Noroeste de la Provincia de Salta, próxima al límite con la República de Bolivia.

Como parte del desarrollo de las actividades de producción de hidrocarburos, en el inicio del año 2004, se analizó la posibilidad de la construcción de un gasoducto que pudiera comunicar el Yacimiento Macueta Norte con la Planta de Tratamiento de Gas Piquirenda.

El Yacimiento, se emplaza en la porción Noroeste de la Unidad de Gestión, en el mismo se encuentra perforado el Pozo Macueta 1001, productor del gas.

La Planta de Tratamiento de gas se emplaza al costado de la Ruta Nacional 34, a unos 20 km al Norte de la localidad de Tartagal.

La vinculación del Pozo con la Planta implicaba la construcción de un ducto de aproximadamente 60 km y se desarrolla en un entorno socio-ambiental particular, destacándose:

Una cubierta selvática de gran sensibilidad ambiental. La selva de las Yungas de es uno de los

Bioma con mayor biodiversidad de la Argentina.

Alto potencial de erosión. Las altas precipitaciones que superan los 1400 mm anuales, su concentración en 5 meses, sumado al escaso desarrollo de sus suelos le confieren una fragilidad importante ante la ocurrencia de procesos erosivos.

Topografía accidentada. Las posibles trazas del ducto se desarrollan a través de importantes cadenas montañosas, con desniveles que alcanzan los 600 metros.

Area de conservación. En la zona en donde se construiría el ducto se encuentran 32000 Ha. bajo la designación de Reserva Natural.

Presencia de actividad antrópica. En el área de influencia del proyecto se encuentran 875 y 204 viviendas, en su mayoría agrupadas en el denominado Valle de Acambuco; en el resto de la superficie se encuentran propiedades privadas con una ganadería a campo abierto e importante explotación forestal.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Concientes del gran desafío que significaba la realización de este proyecto, PAE ratificó su compromiso con el desarrollo sustentable y seguridad laboral, estableciendo los siguientes objetivos generales para la obra:

- Cero Accidentes
- Cero Enfermedades Ocupacionales
- Cero Contaminación Ambiental
- Cero Daño a la Salud y a la Propiedad

Como parte de la mejora continua, a través de la capitalización de las experiencias adquiridas en antiguos proyectos, se determinó realizar modificaciones a las técnicas constructivas en búsqueda de la reducción del impacto de la obra.

Consientes del importante rol del control de erosión en este proyecto, se definió incorporar esta temática dentro de la Gestión Integral del Proyecto.

Objetivos

El presente trabajo tiene por objetivo reflejar el conjunto de medidas que se desarrollaron en el proyecto y construcción del Gasoducto Macueta Piquirenda, tendientes a implementar una Gestión Integral de la Obra, incorporando a la temática de minimización de impactos socio-ambientales y el control de erosión como centrales.

Materiales y Métodos

En vista de las exigentes metas planteadas y los cambios constructivos, fue necesario la utilización de diversas herramientas de gestión a lo largo del desarrollo del proyecto:

Selección de traza: Este estudio tuvo por finalidad la selección del trazado más apropiado, balanceando criterios operativos, de control de erosión, económicos, sociales y ambientales, para la construcción del ducto. Debido a la dificultad de acceso que ofrece el área se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG) y la percepción remota para este análisis.

Este estudio fue realizado por un reconocido equipo multidisciplinario de profesionales reconocimiento, con más de 25 años de experiencia en el área de estudio.

Producto de cruzar los datos del SIG con las distintas trazas se pudo, entre otras cosas, determinar las distintas superficies de las cuencas hidrográficas que drenaban sus aguas por encima de ellas e incluso se pudo determinar, a manera estimativa, la cantidad y tipo de cruces a realizar.

Se seleccionaron tres trazas (Ver Figura 1) las que fueron valoradas según distintos criterios que definían su aptitud.

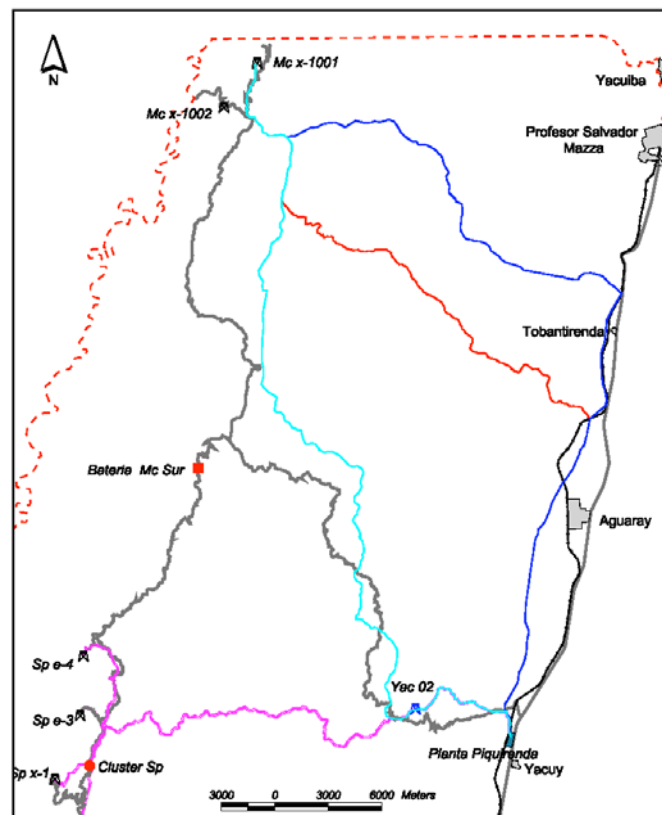


Figura 1 Trazas alternativas, en Azul Traza N°1, en Rojo Traza N°2 y con Celeste Traza N°3

Esto permitió determinar diversas temáticas en la selección de la ruta más apta, evitando así problemas, riesgos y costos vinculados al control de erosión. A manera de resumen de las características de las trazas analizadas se pueden destacar las Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1: Interacción Traza con Red de Drenaje.

Traza	Superficie total cuencas (km ²)	Número de cruces de cuencas con indicación de la superficies de cada una en km ²
No. 1	439,6	10 e/ 3 y 10; 1 de 26,5; 1 de 34,6; 1 de 60,7; 1 de 81,8; 1 de 204
No. 2	299,4	9 entre 3 y 10 ; 1 de 25 ; 1 de 34,6 ; 1 de 36,6 ; 1 de 120,3
No. 3	106,7	5 entre 3 y 10 ; 1 de 18,3 ; 1 de 23,7 ; 1 de 29,8 ; 3 de 33

Tabla 2: Resumen de características generales de Trazas.

Traza	Longitud Ortogonal (m)	Longitud real (m)	Pend. media del caño (%)	Pend. media del terreno (%)	Longitud de la traza en diferentes unidades de paisaje (km)						Area a Intervenir (ha)
					bosque	camino	valle fluvial	rural	pista	pastizal	
No. 1	57926	58345	7,7	13,3	15,8	3,7	12,0	25,6	1,2	0,0	89,5
No. 2	54332	54781	8,8	13,3	24,2	6,4	5,6	17,4	1,2	0,0	82,8
No. 3	56631	56959	7,7	13,0	27,0	8,7	6,8	0,0	9,7	4,7	50,1

La finalmente escogida fue la Traza N° 3, por contar con una menor área a Intervenir, menor necesidad de construcción de caminos de accesos, menor potencial erosivo y menor interacción con la red hidrográfica.

Esta selección implicó atravesar con el ducto por la Reserva Natural Provincial Acambuco (RNPA).

Nuevas técnicas constructivas - Especificaciones de Construcción: Para poder minimizar los potenciales impactos sobre el entorno se definieron los siguientes conceptos generales para la ejecución del Proyecto:

- Desbosque, en la apertura de pista, de manera manual.
- Tratamiento diferencial del Suelo Orgánico e Inorgánico.
- Manejo confinado de los suelos.
- Reducción de ancho de pista y del Derecho De Vía (DDV).
- Circulación restringida por pista, tanto en etapa constructiva como en operación.

Debido a que BP Colombia cuenta con rica experiencia en la construcción de ductos con similares premisas constructivas, se solicitaron diversas asistencias técnicas para poder capitalizar sus conocimientos, las cuales debieron de ser ajustadas al contexto y recursos nacionales.

Partiendo de estas premisas, se elaboró un documento denominado “Especificaciones de Construcción”, el cual fue desarrollado en conjunto con una empresa local de control de erosión.

En este documento se pudo resumir los nuevos conceptos constructivos, la experiencia de las operaciones en Colombia y la del especialistas en control de erosión.

La importancia del mismo radica en que fue confeccionado desde el inicio del proyecto y pudo ser incorporado en los documentos del licitación para la construcción, creándole así al futuro constructor una claro contexto de la obra a desarrollar.

Plan de Control de Erosión: una vez seleccionada la traza y definidas las especificaciones de construcción, se camino toda la traza definiendo así el tipo y cantidad de obras de control de erosión necesarias para la tarea de apertura y cierre de pista; conformado así el “Plan de Control de Erosión”.

Estudio de Impacto Ambiental y Social (EIAS): Debido al singular entorno socio-ambiental en donde se desarrolla el ducto, se confecciono un EIAS sin precedentes, debido a su metodología y alcances, en la región.

Fue confeccionado por el Instituto de Recursos Naturales y Ecodesarrollo (IRNED), dependiente de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta.

En el mismo trabajaron 14 profesional de diversas disciplinas, quienes recorrieron metro a metro la traza, acumulando la suma de 1528 horas de trabajo en campo, obteniéndose así un producto de mucho valor e importancia para el desarrollo del proyecto.

Audiencia Pública: Debido al tránsito del ducto por la RNPA y acorde a lo establecido en la legislación Provincial, fue necesaria la realización de una audiencia pública.

Esta se realizó en la localidad de Aguaray el día 10 de Mayo, obteniéndose así la validación pública de la obra.

Licitación y Adjudicación de la Obra: Al pliego se incorporaron el EIAS, el Plan de Control de Erosión y las Especificaciones de Construcción, lo cual estableció el contexto socio-ambiental y de

control de erosión a los distintos oferentes.

La adjudicación se obtuvo a partir de la ponderación multicriterio (Ambiente, Social, Salud, Seguridad, Técnica y Económica) de las distintas propuestas asegurando así un correcto manejo de las variables más significativas del proyecto.

Plan de Gestión Ambiental (PGA): partiendo de las expectativas ambientales del proyecto y lo destacado en el EIAS, se confeccionó un PGA en conjunto con la empresa constructora, compuesto por instructivos y procedimientos.

Dicho documento establece controles específicos sobre las acciones más significativas del proyecto, como por ejemplo las tareas de apertura y cierre de pista, estableciéndose las mejores prácticas para minimizar los impactos.

De esta manera se aseguró una implementación total de las diversas innovaciones constructivas y el cumplimiento de todos aquellos compromisos asumidos en el EIAS y en la Audiencia Pública.

Proyecto ejecutivo de control de erosión: La empresa constructora, realizó la contratación de la empresa de control de erosión para el diseño ejecutivo de las obras de control de erosión para las tareas de apertura y cierre de pista.

La metodología implementada para la definición de la ingeniería de detalle del control de erosión involucraba el relevamiento topográfico inicial y una recorrida por parte de los especialistas, de las distintas empresas; definiendo así en campo, metro a metro los tipos y cantidades de obras a realizar.

Luego en gabinete se confeccionaban los planos, que fueron usados como soporte para la ejecución de las obras.

Tanto las tareas de apertura como de cierre de pista fueron diseñadas y ejecutadas por la empresa de control de erosión.

Particularidades constructivas:

Dentro de las importantes y distintivas particularidades constructivas de este proyecto se destacan:

Corea manual, selectivo y dirigido de los árboles:

El corte de todos los árboles se realizó mediante el uso de motosierras.

Selectivo implica que se seleccionaron los árboles a cortar evitando afectar (en la manera de lo posible) a aquellos individuos de importantes propiedades ambientales.

Dirigido implicó que el corte fue direccionando hacia el interior de la pista, evitando así la caída de árboles hacia afuera de la pista y con el consiguiente daño a los otros árboles.

El ancho de la pista a lo largo de su recorrido fue irregular procurando reducir el mismo en aquellos sitios ambientalmente sensibles.



Figura 2: Tareas de Desbosque, durante la apertura de pista.

Manejo de suelos

Como regla general se realizó un manejo diferencial del suelo orgánico del subsuelo, lo que representó la recuperación y almacenamiento provisorio del primero, para que a posteriori se realice el movimiento del subsuelo.



Figura 3: En primer plano retroexcavadora realizando tareas de destoconado y recuperación del suelo orgánico, más atrás topadora realizando el movimiento del subsuelo.

Esto fue significativo desde el punto de vista constructivo, dado que implicó que la primer máquina que fuera abriendo pista sean las retroexcavadoras, dado que cuentan con ventajas para realizar un adecuado movimiento de suelos.

Como premisa del proyecto se definió el manejo confinado de los suelos, lo que implicó la construcción, previa a la movilización de los mismos, de estructuras aptas para la contención de los mismos.

Producto de ello fue que se diseñaron diversos tipos de estructuras; los cuales se construyeron paralelos a la pista, en aquellos sectores en donde fuera necesario mover suelo.



Figura 4: Trinchos de madera

Para la construcción de estas estructuras, denominadas trinchos, se empleo madera del sitio, cortada durante la tarea de apertura de pista, adecuándola para tal fin.



Figura 5: Tableado de madera para la construcción de trinchos

En aquellos sitios en donde la madera era insuficiente en cuanto a cantidad o calidad se empleó malla metálica hexagonal para realizar el paramento vertical.

A.J. Loreto; H. Gagno; P. García Bes

Mejoras constructivas en obras lineales: Gasoducto Macueta Piquirenda

Para lograr un adecuado manejo del agua, se realizaron aperturas en los trinchos en donde se ubicaron las salidas de agua. Para controlar el escurrimiento por estas salidas se construyeron en ellas estructuras denominadas trinchos canal.



Figura 6: Construcción de trinchos durante la apertura de la pista.

Cruces de quebradas:

Para cada curso atravesado, se definieron la profundidad del cruce, determinándose para los sitios más sensibles la necesidad de utilización de un puente aéreo.

Una vez finalizadas las tareas vinculadas al ducto, para el cierre de pista se realizaron obras de control de erosión, tanto en el fondo, como en el lateral de los cauces. Para este fin se diseñaron puntualmente obras para cada quebrada.

A través de la construcción de muros de gaviones, reconstituyó el perfil original de los cruces.



Figura 7: Tareas de ejecución de obras de control de erosión en Quebrada.

Reconstrucción del perfil original:

A.J. Loreto; H. Gagno; P. García Bes

Mejoras constructivas en obras lineales: Gasoducto Macueta Piquirenda

En las tareas de cierre de pista, que actualmente se están desarrollando, a través del manejo de suelos se busca recomponer el perfil original del terreno. Utilizando el material depositado en los trinchos, se reconstruye el perfil y se conforma el camellón y los cortacorrientes transversales para el manejo de las aguas.

De esta manera se reduce el impacto paisajístico y se fortalece la estabilidad de la zona.

Plantel de supervisión: Durante la ejecución de las obras se contó con un staff de 18 profesionales, de las distintas empresas involucradas, los que realizaron tareas de supervisión y asesoramiento de temáticas ambientales y control de erosión.

Auditoria Ambiental Externa: Por parte del IRNED se desarrollaron auditorías, a través de las cuales se evidenció el cumplimiento de las medidas planificadas.

Evaluación de Resultados

Si bien al momento de escribir el presente trabajo no se finalizó la tarea de cierre de pista, se pueden destacar los siguientes indicadores de las tareas de apertura de pista:

Ancho promedio de Pista y DDV: Se midieron los anchos de pista y DDV cada 100 m. a lo largo de la pista.

Para el caso del ancho promedio de pista se alcanzó un valor final de 11 metros. La meta propuesta fue de 11 m alcanzando así lo propuesto. Ver Figura 8.

El ancho de la pista no fue regular, se lo fue ajustando dependiendo de la sensibilidad ambiental de los tramos transitados, alcanzando 8 m en algunos tramos.

El ancho promedio de DDV arrojó un valor final de 13 m. Ver Figura 8.

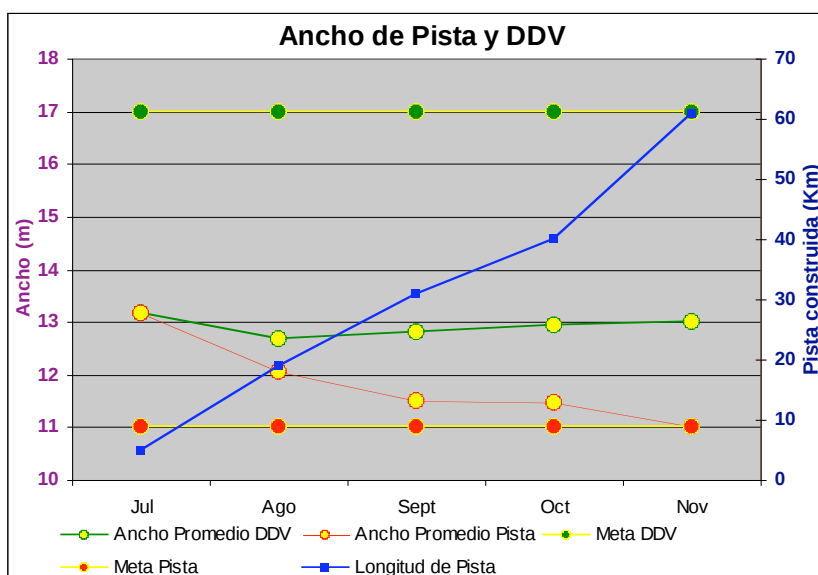


Figura 8. Ancho de Pista y DDV, evolución mensual.

Durante las tareas de apertura de pista **se construyó una longitud total de 23,8 km de trinchos para la contención del suelo** (Ver Figura 9), con una altura promedio de 1,5 m. de altura. Lo que permitió contener un total de 105000 m³ de subsuelo.

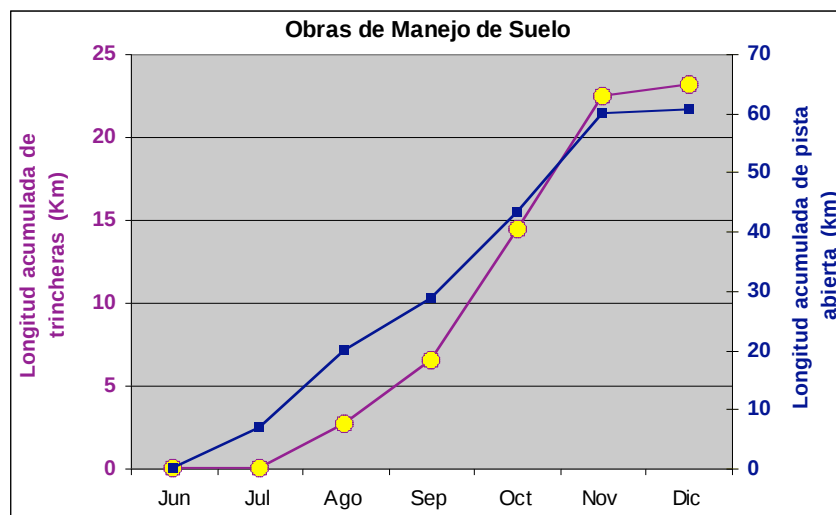


Figura 9 Evolución de la cantidad de obras de manejo de suelos construida vs longitud de pista abierta.

En la apertura de pista, se cortaron $36 \text{ m}^3/\text{ha}$ de madera, en relación a una existencia de $48 \text{ m}^3/\text{ha}$; lo que refleja **una disminución del impacto ponderado en un 22 % en lo vinculado a la afectación boscosa en relación a la construcción de una línea de conducción bajo metodología tradicional**. Esta reducción se debe a la selección del emplazamiento del ducto (pudiéndose evitar ejemplares arbóreos de importancia) y al dejar árboles en pie dentro del DDV.

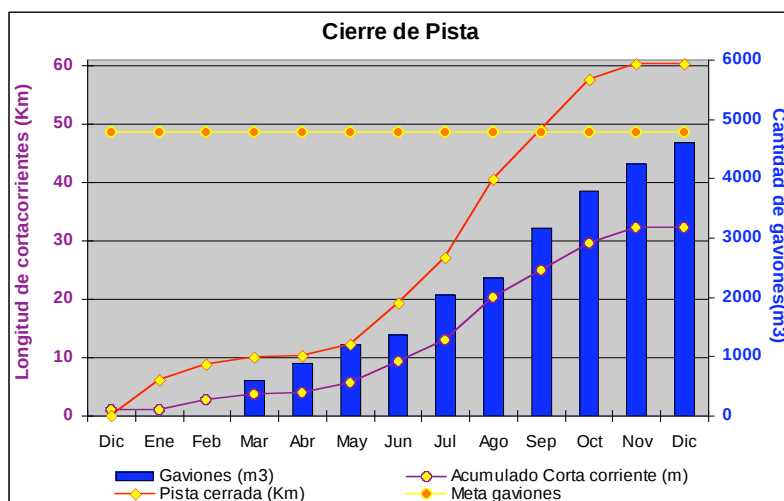


Figura 10: Evolución de la cantidad de obras de control de erosión en las tareas de cierre de pista.

Durante las tareas de cierre de pista se construyeron un total de 4600 m^3 de Gaviones dispuestos en 80 obras tendientes a asegurar la estabilidad de los cruces de agua.

También implicó la **construcción de 32,2 Km de Cortacorrientes para el manejo de las aguas** (Ver Figura 10).

Método tradicional Vs. Gestión Integral

Si se considera que un gasoducto en condiciones similares a las existentes en Acambuco, bajo la metodología tradicional de construcción, hubiera tenido un ancho de afectación de 15 metros. Para un equivalente de 60,3 km implicaría una utilización de 90,6 ha de bosque.

La aplicación de las nuevas técnicas constructiva permitió reducir el ancho de utilización a 13 m (DDV), lo que equivaldría (para 60,3 km de gasoducto) a 78.4 ha de utilización.

La selección de trazas permitió emplazar la misma solamente por 39.5 km en áreas boscosas, lo que

reduce la superficie boscosa afectada a 51.3 ha.

La reducción de la madera cortada en un 25 %, repercute reduciendo la superficie boscosa afectada finalmente a 39 ha.

Comparando los resultados alcanzados a través de la gestión integral, respecto a la metodología tradicional, se puede afirmar que el impacto directo sobre el bosque se redujo en un 57 %.

Aplicaciones

Las presentes innovaciones en la construcción del Gasoducto Macueta Piquirenda son aplicables, en carácter general, a cualquier proyecto de construcción en el marco de las selvas de las Yungas.

Es importante destacar que este ducto es el primero que se desarrolla con estas técnicas innovadoras de construcción en Argentina, pudiendo ser entonces usado de referencia para otros emprendimientos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El gasoducto Macueta Piquirenda es el primer ducto construido en su tipo, representa un importante avance en todo aquello vinculado a el control de erosión y cuidado ambiental. No hubiera sido posible de desarrollar sin haber contado con una Gestión Integral de la Obra, que involucre la temática de erosión de manera significativa.

A través de este proyecto se ratifico la posibilidad de desarrollar proyectos de importante envergadura en entornos delicados, protegidos y agresivos, siendo el manejo ambiental y de control de erosión las herramientas para lograrlo.

La inclusión de la temática de control de erosión desde el mismo inicio y en las distintas etapas del proyecto fue indispensable para el éxito del emprendimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gasca, Ariel H.; Sweeney, Michael. *Terrain Impact on Pipeline Installation and Restoration Works BP Exploration Company(Colombia) Ltd.*