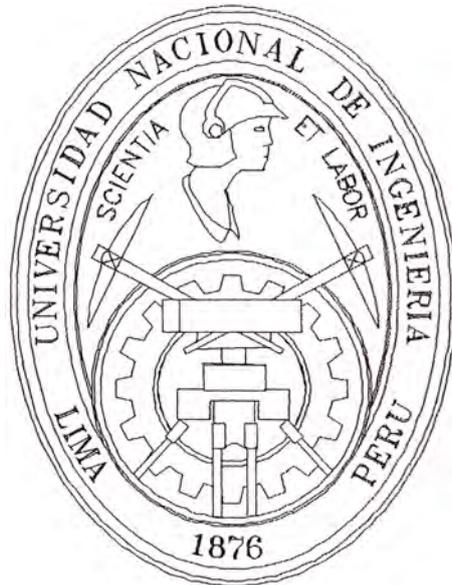


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**CONTROL DE EROSIÓN EN TALUDES CON
GEOSINTETICOS
PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JOHN HENRY CABRERA CASTILLO

LIMA – PERU

2007

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 02 |
| Lista de Cuadros | 03 |
| Lista de Figuras | 04 |
| INTRODUCCIÓN | 05 |
| CAPÍTULO I. GENERALIDADES | 06 |
| 1.1 Objetivos | 06 |
| 1.2 Conceptos Básicos | 07 |
| 1.3 Descripción del proyecto | 11 |
| 1.4 Ubicación del proyecto | 11 |
| CAPÍTULO II. INGENIERÍA DEL PROYECTO | 12 |
| 2.1 Estudios básicos | 12 |
| 2.2 Diseño del sistema de control de erosión | 22 |
| 2.3 Construcción del sistema de control de erosión | 29 |
| 2.4 Impacto Ambiental del sistema de control de erosión | 36 |
| CAPÍTULO III. PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE EROSIÓN | 44 |
| 3.1 Operación del sistema | 44 |
| 3.2 Mantenimiento del sistema | 50 |
| 3.3 Administración del sistema | 51 |
| CONCLUSIONES | 53 |
| RECOMENDACIONES | 54 |
| BIBLIOGRAFÍA | 55 |
| ANEXO 01: Panel Fotográfico | 57 |
| ANEXO 02: Determinación de la Evapotranspiración del Cultivo | 61 |
| ANEXO 03: Estimación de la Perdida de Suelo | 66 |
| ANEXO 04: Planos del Proyecto | 71 |

RESUMEN

En la Titulación Profesional por la Modalidad de Actualización de Conocimientos del 2006, dictado en la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, se planteó el uso de geosintéticos en los proyectos de ingeniería civil. Como parte del conjunto de proyectos a ejecutarse, se planteo el **Proyecto Control de Erosión en Taludes con Geosintéticos**, en la cual se basa este informe.

El proyecto se ejecuta en un sector del cerro de la Universidad Nacional de Ingeniería, que se encuentra en la parte posterior de la Capilla, contando con un área para el control de erosión de 157.0 m², cabe indicar que el proyecto está integrado a otros dos, los cuales consisten en la construcción de dos pozas (una en la parte baja del cerro y la otra en la parte superior de la misma) las que abastecerán de agua al sistema de regadío.

El empleo del plan de operación y mantenimiento conduce a proteger y conservar las obras, en consecuencia a disminuir costos y aumentar la vida de trabajo eficiente del sistema de control de erosión.

No obstante, los manuales de operación y mantenimiento en sí, no serían mucha utilidad sin el aporte frecuente y decidido de todos y cada uno de los involucrados en el sistema de control de erosión, así mismo son necesarios para la indicación de procedimientos a seguir, para impartir las bases instructivas y de entrenamiento al personal encargado del funcionamiento del sistema.

Tanto la operación como el mantenimiento que se establezca debe ser sistemático y minucioso, las reparaciones deben ser ejecutadas a tiempo y deben ser de buena calidad. Las reparaciones que se efectúen deben restablecer el rendimiento original tanto en capacidad, como en función y asegurar su trabajo duradero.

LISTA DE CUADROS

- Cuadro N° 01 Textura vs Erosionabilidad del suelo
- Cuadro N° 02 Análisis granulométrico por tamizado
- Cuadro N° 03 Límites de consistencia
- Cuadro N° 04 Densidad natural
- Cuadro N° 05 Ensayo de corte directo
- Cuadro N° 06 Valores de los parámetros USLE
- Cuadro N° 07 Relación de materiales para el sistema de riego
- Cuadro N° 08 Precipitaciones máximas entre los periodos 1995 al 2006
- Cuadro N° 09 Precipitación mensual de Lima, entre 1950 al 1998
- Cuadro N° 10 Dependencias de la UNI, involucradas en el área de estudio
- Cuadro N° 11 Matriz de impactos ambientales

LISTA DE FIGURAS

- Figura N° 01 Biomanta de fibra de paja agrícola
- Figura N° 02 Geomanta de fibra de polipropileno
- Figura N° 03 Descripción de tipos de erosión en taludes
- Figura N° 04 Litología típica de la zona de estudio
- Figura N° 05 Esquema del sistema de bombeo
- Figura N° 06 Esquema del sistema de riego por aspersión
- Figura N° 07 Colocación de semillas
- Figura N° 08 Extensión de manto
- Figura N° 09 Colocación de estacas
- Figura N° 10 Esparcido segunda tanda de tierra de chacra
- Figura N° 11 Esparcido segunda tanda de semillas
- Figura N° 12 Descomposición del sistema hidráulico
- Figura N° 13 Esquema del sistema de riego
- Figura N° 14 Esquema del riego en parcelas

INTRODUCCIÓN

Cada vez es mayor el uso de los Geosintéticos en Obras de Ingeniería Civil, ya su uso a largo plazo resulta económicamente factible y el uso en obras de control de erosión no escapa de las mismas, es por ello que se realizó el proyecto de Control de Erosión en Taludes con Geosintéticos, la cual es la base de este informe.

En el proyecto de control de erosión en taludes, se utilizó tres tipos de mantos (geosintéticos), los cuales fueron proporcionados por diversas empresas. La función principal de dichos mantos era sostener la tierra de chacra y semillas, para así facilitar el proceso de germinación y el crecimiento de las plantas, y de esta manera se evita la erosión en los taludes, así mismo cabe señalar que el sistema de riego planteado es de aspersion.

En el capítulo N° 01 se desarrollan las generalidades y los conceptos básicos, permitiéndonos conocer conceptos relacionados al control de erosión en taludes con geosintéticos y el proyecto de la cual se basa este informe.

En el capítulo N° 02, se plasma los detalles de ingeniería del proyecto, tales como los estudios básicos de ingeniería, diseño de ingeniería, construcción y estudio ambiental de la misma.

En el capítulo N° 03 se trata sobre el plan de operación y mantenimiento del *Proyecto Control de Erosión en Taludes con Geosintéticos*.

Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I.

GENERALIDADES

En el aspecto físico, el sistema de control de erosión en taludes consiste en controlar la generación de sedimentos, evitando pérdidas de suelos que puedan perjudicar las obras de ingeniería civil que coexistan en dichos sectores refiérase a carreteras, cunetas, canales de regadío, etc. Así también en impedir que por causa de la erosión hídrica, se pueda formar surcos y estos a su vez generen cárcavas, lo cual ocasionaría que el talud pueda llegar a fallar y ocasionar derrumbes.

Este caso en particular, el control de erosión en el talud se ejecutará con geosintéticos (tres tipos de mantos: Geomanta Mac Mat, Ecomatrix y Nag SC-150) que sirven como sostén de la tierra de chacra y semillas; facilitando el proceso de germinación y el crecimiento de las plantas. El sistema de riego planteado es el riego por aspersion, de modo que se simule el rociado a una precipitación natural.

En cuanto a la operación del sistema, podemos indicar que resulta sencilla que cualquier persona puede operarlo, ello sí, con la autorización y las indicaciones técnicas dadas por el responsable del Sistema de Control de Erosión.

1.1 OBJETIVOS

Los principales objetivos del presente plan de operación y mantenimiento del sistema control de erosión en taludes con Geosintéticos.

Objetivos Generales

- Aportar mayor documentación, evaluar las ventajas y desventajas en cuanto al uso de geosintéticos en taludes expuestos a erosión para diferentes lugares en el Perú.

Objetivos Específicos

- Elaborar un Plan de Operación y Mantenimiento del Sistema de Control de Erosión.
- Elaborar una propuesta de Control de Erosión en taludes eriazo, logrando una mejora en el entorno físico.
- Conservar y mantener las mejores condiciones de funcionamiento del Sistema de Control de Erosión.
- Elaborar una propuesta para mejorar el aspecto paisajista del cerro de la UNI, a través de la vegetación.

1.2 CONCEPTOS BÁSICOS

Aquí presentaremos definiciones varias para aquellos que no están vinculados al tema de uso de Geosintéticos aplicados en la ingeniería civil y así mismo referente al control de erosión.

Geosintéticos.-

Es un producto en el que, por lo menos unos de sus componentes es a base de polímero sintético o natural, y se presenta en forma de filtro, manto, lámina o estructura tridimensional, usada en contacto con el suelo o con otros materiales dentro del campo de la geotecnia o de la ingeniería civil.

Biomanta.-

Son mantas compuestas por 100% de fibras de material agrícola (pajas o fibras de coco) y de una o dos redes livianas de polipropileno fotodegradables. Estas mantas ofrecen un control de erosión en taludes en inclinaciones de 30°, y ofrecen una longevidad funcional temporal entre los 12 meses hasta 3 años. Ver figura N° 01.

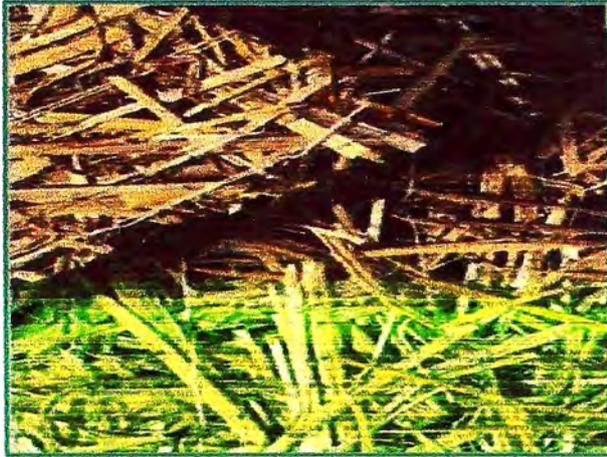


Figura N° 01 - Biomanta de fibra de paja agrícola



Figura N° 02 - Geomanta de fibra polipropileno

Geomanta.-

Consiste en redes tridimensionales fabricadas con redes monofilamentos o fibras de polipropileno que son fundidas aleatoriamente para crear un manto resistente y estable. Las geomantas poseen un espesor y un porcentaje de vacíos que permite el relleno y retención del suelo, y el desarrollo de las raíces de las plantas en su matriz. Está proporciona un refuerzo permanente a la vegetación. Ver figura N° 02.

Control de Erosión.-

Los taludes de corte que se forman en los proyectos civiles son expuestos en mayoría de las veces a agentes que erosionan llámese agua y viento, es estos casos que se producen erosión, que se convertirá en un problema para el desarrollo del proyecto o para la seguridad local, deberá ser controlada empleando métodos prácticos a elección del proyectista, como por ejemplo la vegetación.

Escorrentía.-

La escorrentía es la lámina de agua que circula en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros de agua de lluvia escurrida y extendida dependiendo la pendiente del terreno. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real. La escorrentía superficial es una de las principales causas de erosión a nivel mundial. Suele ser particularmente dañina en suelos

poco permeables, como los arcillosos, y en zonas con una cubierta vegetal escasa.

Erosión Laminar.-

Como resultado de lluvias sobre el suelo, desnudo o cubierto, donde el flujo de agua lleva láminas de este hacia el gradiente, transportando una suspensión de partículas. Cuando la precipitación excede la infiltración, se produce escurrimiento con transporte de suelo. La turbulencia en el escurrimiento agrava la erosión.

Surcos o regueros.-

Se produce cuando el agua de las escorrentias se concentran y se abren incisiones centimétricas o decimétricas que pueden sobrepasar en profundidad la capa arable en casos de terrenos cultivados. Es fácilmente observable en los taludes de las carreteras.

Cárcavas.-

Incisión longitudinal en los taludes producida por el arrastre de tierra al discurrir las aguas de lluvia sobre el terreno, está se produce luego de la formación de los surcos, las incisiones son de tamaño métrico o decamétrico que progresan en profundidad y anchura.

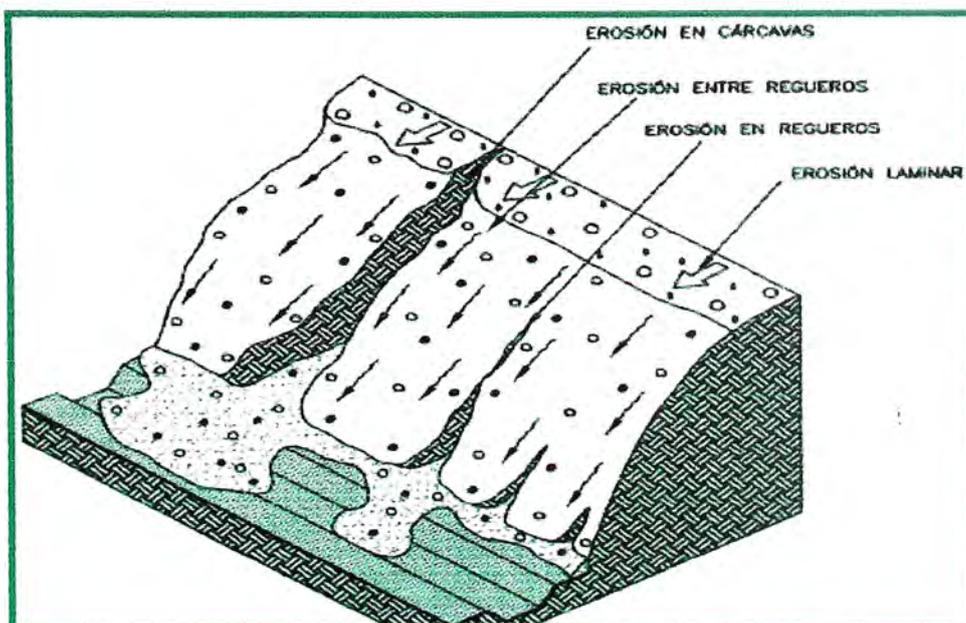


Figura N° 03 - Descripción de los tipos de erosión en taludes

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se centra en el Control de Erosión en Taludes empleando el uso de Geosintéticos, para lo cual se ha realizado diversos estudios (diseño de ingeniería, experimentaciones, y otros), esto de acuerdo al alcance del proyecto, luego de los cuales se tiene que el sistema estaría constituido por lo siguiente: poza de agua N° 01, poza de agua N° 02, tanque elevado, sistema de riego, y mantos para el control de erosión.

1.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto está ubicado en las inmediaciones del cerro de la Universidad Nacional de Ingeniería, distrito del Rimac, provincia y departamento de Lima.

El plano de ubicación se aprecia en los anexos.

Se encuentra ubicado geográficamente en las coordenadas UTM:

| | | |
|---------|-----------|-----------|
| Norte | 8'670,588 | 8'670,612 |
| Este | 277,142 | 277,122 |
| Altitud | 109.6 | 118.3 |

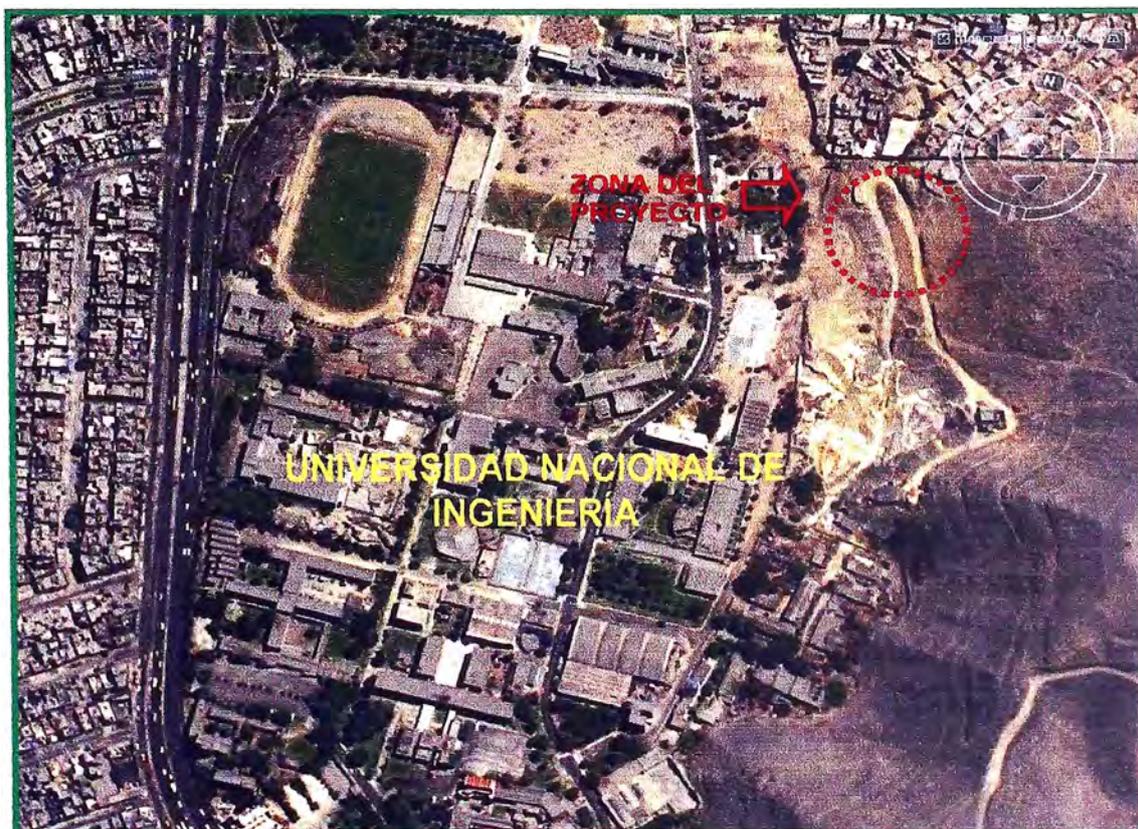


Foto N° 01 – Ubicación del Proyecto: Universidad Nacional de Ingeniería

CAPÍTULO II.

INGENIERÍA DEL PROYECTO

2.1 ESTUDIOS BÁSICOS

En este capítulo se presenta los estudios básicos en lo referente al “Control de Erosión en Taludes con Geosintéticos”.

A. Topografía

Los trabajos topográficos a los que se refiere el presente informe, se han elaborado para la ejecución del proyecto: **Control de Erosión en Taludes con Geosintéticos**, ubicado en las inmediaciones del cerro de la Universidad Nacional de Ingeniería. Para la obtención de la topografía base de la zona de estudio, no se efectuaron levantamientos de información de campo, dado que se cuenta con planos digitales de las curvas de nivel de la zona a cada metro, a partir de un trabajo efectuado por el Departamento de Topografía y Vías de Transporte de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Los trabajos de topografía consistieron en reconocimiento del terreno donde se ejecutará el estudio, definiendo los límites de la misma, y con estos criterios iniciales se plasma en el plano topográfico, los sectores donde se controlará la erosión.

B. Geología

Para el estudio geológico, se tomó como base, la Carta Geológica Nacional (hoja 25-i), editado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en el año de 1992.

De la carta nacional, se establece que el área en estudio, ubicada en la zona posterior de la Universidad Nacional de Ingeniería, se encuentra dentro de la unidad estratigráfica codificada como “Ki-m”, y corresponde a la Formación Marcavilca.

Formación Marcavilca

Esta formación descansa en contacto normal sobre la Formación Herradura y subyace a la formación Pamplona. Sus afloramientos se extienden desde el Morro Solar en Chorrillos donde tiene su localidad típica, hasta el Norte de Lima (espalda de la Universidad Nacional de Ingeniería) prolongándose hasta el valle del Chillón. Al sur se le encuentra en el valle de Lurín, encontrándose adyacente al pueblo de Pachacamac, así como en los sectores de los cerros Flor de Nieve, El Sauce y Rinconada de Lurín. Como una prolongación del Morro Solar en Chorrillos se le encuentra en la isla San Lorenzo donde ROSENZWEIG A. (1953) reconoce todo el grupo Morro Solar con similares características, FERNÁNDEZ CONCHA J. (1958) la divide en su localidad típica en tres miembros cuyas características son las siguientes:

- Miembro Morro Solar
- Miembro Marcavilca
- Miembro la Chira

Para la determinación de la litología de nuestra zona de estudio se realizó una calicata y 8 ensayos de DPL (Penetración Dinámica Ligera), con la cual se obtuvo 3 estratos de material, siendo el primer estrato un relleno de material gravoso y de gravillas en una matriz limosa en estado suelto y seco; el segundo estrato de gravas angulosas y gravillas en una matriz arenosa, suelta y seca y de color rojizo; y el tercer estrato el macizo rocoso con predominancia de cuarcitas gris.

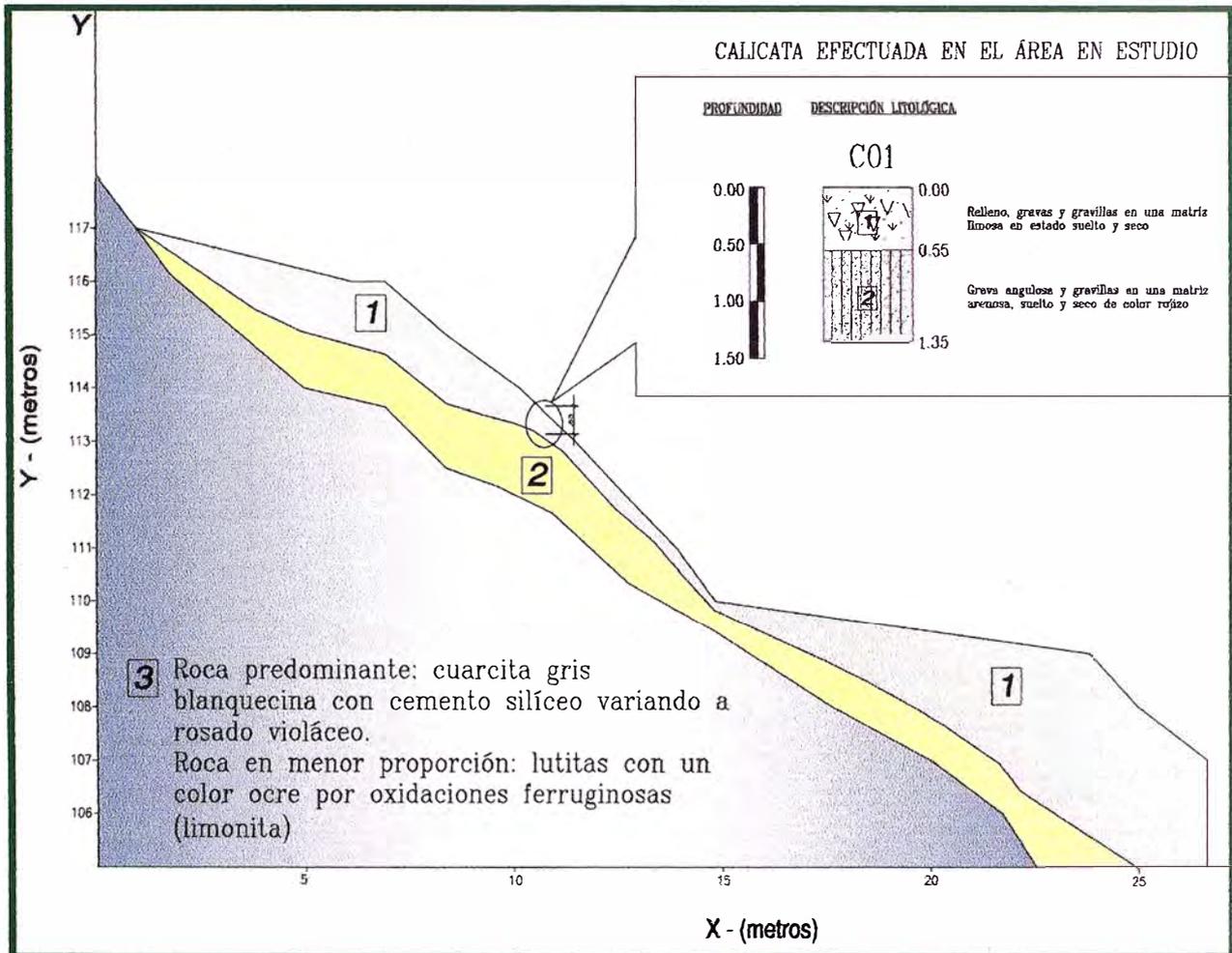


Figura Nº 04 – Litología típica de la zona de estudio

C. Geotécnia

Los ensayos de las muestras se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, los ensayos realizados son los siguientes:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D422
- Límites de consistencia ASTM D4318
- Ensayo de corte directo ASTM D3080
- Densidad natural ASTM D1556

A través de estos ensayos se clasificó el suelo, determinándose los parámetros de cohesión (C), ángulo de fricción interna (ϕ) los cuales servirán para la etapa de diseño; así mismo los parámetros obtenidos sirven para determinar la tasa de pérdida de suelo (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)

Los resultados de los ensayos se presentan a continuación:

| Cuadro N° 02 - Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422) | | | | |
|--|----------------------|--------------------|----------------------|-------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | (%) Parcial | (%) Acumulado | |
| | | | Retenido | Pasa |
| 3" | 76.200 | - | - | |
| 2" | 50.300 | - | - | |
| 1 1/2" | 38.100 | - | - | |
| 1" | 25.400 | - | - | 100.0 |
| 3/4" | 19.050 | 7.6 | 7.6 | 92.4 |
| 1/2" | 12.700 | 3.7 | 11.3 | 88.7 |
| 3/8" | 9.525 | 3.2 | 14.5 | 85.5 |
| 1/4" | 6.350 | 4.0 | 18.5 | 81.5 |
| N° 4 | 4.760 | 3.4 | 22.0 | 78.0 |
| N° 10 | 2.000 | 11.3 | 33.2 | 66.8 |
| N° 20 | 0.840 | 7.6 | 40.9 | 59.1 |
| N° 30 | 0.590 | 1.5 | 42.3 | 57.7 |
| N° 40 | 0.426 | 3.2 | 45.5 | 54.5 |
| N° 50 | 0.250 | 6.7 | 52.3 | 47.7 |
| N° 100 | 0.149 | 6.6 | 58.9 | 41.1 |
| N° 200 | 0.074 | 11.1 | 70 | 30.0 |
| - N°200 | | 30.0 | | |

| | |
|---------|------|
| % grava | 22.0 |
| % arena | 48.0 |
| % finos | 30.0 |

| Cuadro N° 03 - Límites de Consistencia (ASTM D4318) | |
|--|----|
| Límite Líquido | NP |
| Límite Plástico (%) | NP |
| Índice Plástico (%) | NP |

Clasificación SUCS: SM

| Cuadro N° 04 - Densidad Natural (ASTM D1556) | |
|---|------|
| Densidad (g/cm ³) | 1.61 |
| Humedad (%) | 2.78 |

| Cuadro N° 05 - Ensayo de Corte Directo (ASTM D3080) | | | |
|---|---------------------|-----------|------------|
| Descripciones | Espécimen N° | | |
| | I | II | III |
| Diámetro del anillo (cm) | 6.36 | 6.36 | 6.36 |
| Altura inicial de muestra (cm) | 2.16 | 2.16 | 2.16 |
| Densidad húmeda inicial (g/cm ³) | 1.481 | 1.481 | 1.481 |
| Densidad seca inicial (g/cm ³) | 1.390 | 1.390 | 1.390 |
| Contenido de humedad inicial (%) | 6.5 | 6.5 | 6.5 |
| Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm) | 1.9466 | 1.8704 | 1.8552 |
| Altura final de muestra (cm) | 1.8806 | 1.8146 | 1.7587 |
| Densidad húmeda final (g/cm ³) | 1.958 | 2.021 | 2.080 |
| Densidad seca final (g/cm ³) | 1.597 | 1.655 | 1.707 |
| Contenido de humedad final (%) | 22.6 | 22.1 | 21.8 |
| Esfuerzo normal (kg/cm ²) | 0.5 | 1.0 | 1.5 |
| Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ²) | 0.3238 | 0.6300 | 0.9319 |

| | |
|---------------------------------|------|
| Ángulo de fricción interna: | 31.3 |
| Cohesión (kg/cm ²): | 0.02 |

D. Agronomía

Se plantea las características de la planta a usarse y todo lo relacionado al conjunto suelo – planta.

Criterios para la seleccionar la especie vegetal.-

Según la publicación electrónica “Las coberturas vegetales en el control de la erosión”, publicada por Carlos Enrique Escobar Potes, profesor de la Universidad Nacional de Colombia en Manizales, para la selección de especies vegetales se deben considerar los siguientes criterios:

- Sistema radicular.- lo que se busca es que la especie vegetal seleccionada sean densas, de manera que conjunto suelo-raíces, formen una barrera que limite el flujo subsuperficial.
- Aporte de materia orgánica.- debido al proceso biológico las hojas muertas de las plantas sirve como materia orgánica u abono desde el punto de vista agrícola, y en el campo civil tiene que ser visto como fuente generador de sedimentos, para las obras hidráulicas adyacentes.
- Porte (altura máxima).- la altura máxima que alcanza la especie es de gran importancia respecto al alcance que pueda tener la diseminación de su parte orgánica, en relación a la transitabilidad del área, por la facilidad para su mantenimiento, el efecto de palanca sobre los taludes y la presión sobre las obras de drenaje.
- Morfología.- especies con alta densidad en el sistema foliar, tienen mayor capacidad de interceptación de la lluvia, a comparación de los sistemas foliares espigados que tienen menor área específica, lo que reduce su capacidad interceptadora.
- Exigencias climáticas.- con el fin de garantizar el arraigo de la vegetación se deben tener en cuenta las exigencias climáticas de las especies seleccionadas y estar en concordancia con las del sitio de las labores de control de erosión (altura sobre el nivel del mar, temperatura, precipitación y humedad relativa). Las condiciones climáticas inciden directamente en la capacidad de respuesta de la vegetación.
- Exigencias hídricas.- en la fisiología de las plantas el elemento hídrico es un factor de primer orden. Por tanto, al seleccionar la cobertura vegetal debe compararse las exigencias de agua de las especies con la existente en el área de tratamiento y considerar además los cambios que sufre el nivel freático y la humedad del terreno, por la presencia de las obras de control de erosión.

- **Sistemas de regeneración.-** la propagación de especies utilizadas para recuperar áreas degradadas debe ser simple y de alta viabilidad, las mejores características las presentan aquellas plantas que aportan gran número de semillas o las que tienen una reproducción vegetativa por tallos rastreros, estolones, rizomas o bulbos, con los cuales se logra el cubrimiento rápido de la zona.
- **Influencia sobre obras de ingeniería.-** el éxito de un tratamiento de control de erosión está supeditado a la relación que existe entre las coberturas vegetales y a su evolución en ambientes con presencia de estructuras de drenaje. Su acción es complementaria y no debe existir presión entre ellas. El establecimiento de la cobertura vegetal debe considerar los efectos negativos sobre las obras: la presión de los sistemas radicales leñosos sobre las estructuras hidráulicas, la acción de palanca que ejercen los árboles, sobre taludes de pendientes fuertes, el aporte de sedimentos orgánicos y la presencia de especies vegetales sobre las estructuras de drenaje.
- **Periodicidad del mantenimiento.-** el período de tiempo que requiere la cobertura vegetal para regenerarse, extenderse y desarrollarse hasta el punto de convertirse en un obstáculo para las obras de drenaje, es un factor de amplia repercusión económica y de eficiencia de las soluciones. Las coberturas deben tener un período de desarrollo lo más amplio posible con el fin de que disminuya el número de rondas de mantenimiento en espacio de tiempo.
- **Agresividad y dominancia.-** para la elección de las coberturas vegetales en obras de control de erosión debe tenerse en cuenta la agresividad de las especies, con el fin de poder estimar el tiempo el cubrimiento óptimo de la zona; la dominancia existente entre las especies permite el control de las no deseadas, con el fin de proteger las obras de drenaje, apoyando su funcionamiento y contribuyendo a la regulación de los caudales y sedimentos orgánicos.

De acuerdo a estos criterios se ha seleccionado como especie vegetal a sembrarse en las parcelas a la brachiaria, y al pie de las parcelas se sembrará la buganvilla.

Demanda de agua de la especie vegetal.-

La demanda hídrica o uso consuntivo del cultivo se expresa mediante la tasa de evapotranspiración Et_c en mm/día ó mm/mes, la cual depende de los factores del clima que influyen en la evaporación (temperatura, viento, humedad del aire e intensidad de la radiación solar), de las características fisiológicas de la cobertura vegetal y de la disponibilidad hídrica del suelo para satisfacer la necesidad hídrica de la planta (transpiración y nutrición).

Considerando la información disponible, para el cálculo de la evapotranspiración se empleará el método de Hargreaves (1991). Este método establece que la evapotranspiración de un cultivo viene dada por la siguiente expresión:

$$Et_c = Et_o * K_c$$

Donde:

Et_o = Evapotranspiración potencial (mm/día)

K_c = Coeficiente de cultivo de Hargreaves (adimensional)

El valor de K_c , proviene de tablas propuestas por Hargreaves y depende del tipo de cultivo y la edad del mismo.

A su vez, Hargreaves (1991), establece que la evapotranspiración potencial Et_o , se calcula de la siguiente manera:

$$Et_o = 0.0023 * Ra * (Tm + 17.8) * \sqrt{T_{max} - T_{min}}$$

Donde:

Ra = Radiación extraterrestre (mm/día)

Tm = Temperatura media diaria en el periodo considerado (°C)

$Tmax$ = Temperatura máxima media en el periodo considerado (°C)

T_{min} = Temperatura mínima media en el periodo considerado (°C)

El valor de R_a , es un valor tabulado, dependiente de la latitud de la zona en estudio.

E. Sedimentología

Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos (USLE)

Esta ecuación, establecida por Smith y Wischmeier (1965), fue revisada por los mismos autores en 1978. Este modelo evalúa las pérdidas de suelo por erosión laminar, mediante la expresión:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Donde:

- A = Pérdida de suelo [toneladas/(acre*año)]
- R = Erosividad: Capacidad erosiva de las lluvias [(pies*toneladas*pulgada)/(acre*hora*año)]
- K = Erodabilidad: Propensión del suelo a ser erosionado [hora/(pies*pulgada)]
- L = Longitud de la pendiente respecto a una longitud estándar (Adimensional)
- S = Inclinación de la pendiente respecto a una longitud estándar (Adimensional)
- C = Cubierta y manejo del suelo respecto a un suelo con labranza continua (Adimensional)
- P = Prácticas de conservación del suelo, respecto a un suelo con labranza común (Adimensional)

A continuación se describirá a cada uno de los parámetros arriba mencionados:

Erosividad (R)

Es también conocido como índice de erosión o EI (por sus siglas en inglés: Erosion Index). De manera conceptual, se puede decir que la erosividad es el

factor que incorpora el efecto de las lluvias en la erosión del suelo.

Erodabilidad (K)

La erodabilidad K representa la susceptibilidad del suelo a la acción erosiva y será función de las características físicas de los suelos: textura, permeabilidad, capacidad de filtración, estructura, granulometría, contenido de materia orgánica, etc.

Factor topográfico (L.S)

El factor topográfico, depende de la pendiente y de la longitud de la ladera.

Manejo del suelo (C)

Es el factor de uso y manejo del suelo. Es la relación entre la erosión de un suelo con un determinado sistema de uso y manejo y la que ocurre en el mismo suelo puesto en las condiciones estándar en las que se definió el factor K.

Prácticas de conservación del suelo (P)

Es el factor mecánica de apoyo o factor que introduce el efecto de las prácticas de conservación de suelos, tales como cultivos en fajas, terrazas, etc. Es la relación entre la erosión que ocurre con una determinada práctica de conservación y la que ocurre con la condición estándar de laboreo a favor de la pendiente.

2.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE EROSIÓN

A. Demanda hídrica del cultivo

El valor de la evapotranspiración del cultivo (E_t), de manera mas detallada se encuentra en el informe “Control de Erosión de Taludes con Geosintéticos – Estudios Basicos”, del Sr. Ronald Neyra; para el presente proyecto, el valor de la evapotranspiración del cultivo es de:

$$E_{t_c} = 3.47 \text{ mm/día}$$

Como el sistema de riego a emplear es aspersión, la eficiencia de dicho sistema de riego es de 85%. De acuerdo con esto, el valor de la lámina de agua a aplicar será de:

$$L = (3.47) / (0.85) = 4.00 \text{ mm/día}$$

B. Pérdida de suelo

Para la estimación de la pérdida de suelo en el área en estudio, se empleará la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE), mostrada en el capítulo 2.1.5. Los valores de los parámetros obtenidos de manera mas detallada se encuentra en el informe “Control de Erosión de Taludes con Geosintéticos – Diseño de Ingeniería”, del Sr. Enrique Ari, aquí presentamos los valores obtenidos para el presente proyecto:

| Cuadro N° 06 - Valores de los Parámetros USLE del Proyecto | | |
|--|-------|---|
| Parámetro USLE | Valor | Unidad |
| Erosividad (R) | 50.00 | $\frac{\text{pies} * t * \text{pulgada}}{\text{acre} * \text{hora} * \text{año}}$ |
| Erodabilidad (K) | 0.15 | $\frac{\text{hora}}{\text{pies} * \text{pulgada}}$ |
| Factor topográfico (LS) | 12.07 | Adimensional |
| Manejo del suelo (C) | 1.00 | Adimensional |
| Prácticas de conservación del suelo (P) | 1.00 | Adimensional |

Según esto, se aplica la ecuación universal de pérdidas de suelos (USLE), para estimar el valor de A o tasa de pérdida de suelo:

$$A = (50.00) (0.15) (12.07) (1.00) (1.00) = 90.53 \text{ t/(acre}\cdot\text{año)}$$

Haciendo la conversión al sistema internacional de unidades:

$$A = 40.38 \text{ t/(Ha}\cdot\text{año)}$$

C. Diseño del sistema de bombeo

Para que los aspersores puedan trabajar óptimamente, se necesita una altura dinámica de agua, y para ello se planteó la colocación de un tanque elevado de polietileno de capacidad de 1100 lt., la cual se ubicaría en la cota 136, al costado del reservorio existente.

Además como se tiene una bomba de 1.5 HP, en el departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, vamos a proceder a verificar si esta es suficiente para que pueda bombear el agua de la poza de agua N° 01 al tanque elevado.

Determinación del Caudal de Bombeo de la Bomba de 1.5 HP.

Partimos con una altura dinámica inicial de 36.5 mts, que luego verificaremos y si la altura dinámica final no converge a la inicial, iteraremos otra vez.

Se tiene que la ecuación para calcular la potencia de una bomba esta dado por:

$$P_c (HP) = \frac{100 \cdot Q_b \cdot HDT}{75 \cdot n_b}$$

A partir de esta despejamos y calculamos el caudal en función de la potencia y tendremos:

$$Q_b (l/s) = \frac{75 \cdot n_b \cdot P_c}{100 \cdot HDT}$$

Reemplazando valores tendremos:

| | |
|--|-------|
| Pc: Potencia de la Bomba (HP). | 1.50 |
| HDT: Altura dinámica total (m). | 36.50 |
| nb: Eficiencia de la bomba (%). | 70 |
| Qb : Caudal de Bombeo (l/s). | 2.16 |

Determinación de la Altura Dinámica Total (HDT)

De la Ecuación de Hazem-Williams, despejando tendremos el valor de la pendiente de la línea de gradiente (**S**) en función del caudal de bombeo tendremos, y con esta calculamos la pérdida de carga por fricción en la tubería de polietileno de 2".

$$Q_b = 0.2785 \cdot C \cdot D_c^{2.63} \cdot S^{0.54}$$

$$S = \left[\frac{Q_b}{0.2785 \cdot C \cdot D_c^{2.63}} \right]^{1.85}$$

$$H_f = S \cdot L$$

La velocidad en la tubería está dado por:

$$V = \frac{4 \cdot Q_b}{\pi \cdot D_c^2}$$

Con la velocidad procedemos a calcular la pérdida por singularidades.

$$H_l = \sum k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Último calculamos la altura dinámica total en dicho tramo.

$$H_{Red} = H_{Geo} + H_{Res} + H_{Pérdidas\ Fricción} + H_{Pérdidas\ Locales}$$

Esta operación se realizará para los tres tramos, teniendo al final como resultado la altura dinámica de toda la red, que resultara de la sumatoria de las alturas dinámicas parciales del tramo I, tramo II y tramo III.

Determinación de la altura dinámica total (HDT) del TRAMO 01

| | |
|--|-------------|
| Q_b : Caudal de bombeo (m ³ /s). | 0.0021 |
| C : Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams. | 150 |
| D_C : Diámetro interior comercial de la tubería seleccionada (m). | 0.0508 |
| S : Pendiente de la línea de energía o gradiente Hidráulico (m/m). | 0.0219 |
| L : Longitud de tubería con diámetro cte. (m). | 3.20 |
| H_f : Pérdida de carga por fricción (m) | 0.070 |
| k : Coeficiente de pérdida local en accesorios. | 1.40 |
| HI : Pérdida de carga por singularidades (m) | 0.0759 |
| H_{Res} : Carga o Altura de reserva (m). | 0.00 |
| H_{Geo} : Carga estática o Altura geométrica (m). | 2.00 |
| H_{Red} o HDT1 : Carga o Altura dinámica total (m). | 2.15 |

Determinación de la altura dinámica total (HDT) del TRAMO 02

| | |
|--|--------------|
| Q_b : Caudal de bombeo (m ³ /s). | 0.0021 |
| C : Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams. | 150 |
| D_C : Diámetro interior comercial de la tubería seleccionada (m). | 0.0762 |
| S : Pendiente de la línea de energía o gradiente Hidráulico (m/m). | 0.0032 |
| L : Longitud de tubería con diámetro cte. (m). | 47.00 |
| H_f : Pérdida de carga por fricción (m) | 0.1521 |
| k : Coeficiente de pérdida local en accesorios. | 1.80 |
| HI : Pérdida de carga por singularidades (m) | 0.0206 |
| H_{Res} : Carga o Altura de reserva (m). | 0.00 |
| H_{Geo} : Carga estática o Altura geométrica (m). | 16.50 |
| H_{Red} o HDT2 : Carga o Altura dinámica total (m). | 16.67 |

Determinación de la altura dinámica total (HDT) del TRAMO 03

| | |
|--|--------|
| Q_b : Caudal de bombeo (m ³ /s). | 0.0021 |
| C : Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams. | 150 |
| D_C : Diámetro interior comercial de la tubería seleccionada (m). | 0.0508 |
| S : Pendiente de la línea de energía o gradiente Hidráulico (m/m). | 0.0232 |

| | |
|--|--------------|
| L : Longitud de tubería con diámetro cte. (m). | 40.00 |
| H_f : Pérdida de carga por fricción (m) | 0.9305 |
| k : Coeficiente de pérdida local en accesorios. | 1.80 |
| H_I : Pérdida de carga por singularidades (m) | 0.1042 |
| H_{Res} : Carga o Altura de reserva (m). | 0.00 |
| H_{Geo} : Carga estática o Altura geométrica (m). | 18.00 |
| H_{Red} o HDT3 : Carga o Altura dinámica total (m). | 19.03 |

Determinación de la Altura Dinámica Total (HDT) de los tres TRAMOS

$$\mathbf{H_{Red} \text{ o } HDT = HDT1 + HDT2 + HDT3} \quad \mathbf{37.86}$$

Como la altura dinámica inicial 36.50 m, varía respecto de la altura dinámica final 37.86 m, volvemos a iterar hasta que converjan.

Iterando otra vez tendremos que la altura dinámica final será de 37.77, con la cual calculamos el caudal en la tubería.

| | |
|---|-------------|
| P_c : Potencia de la Bomba (HP). | 1.50 |
| HDT : Altura dinámica total (m). | 37.77 |
| nb : Eficiencia de la bomba (%). | 70 |
| Q_b : Caudal de Bombeo (l/s). | 2.08 |

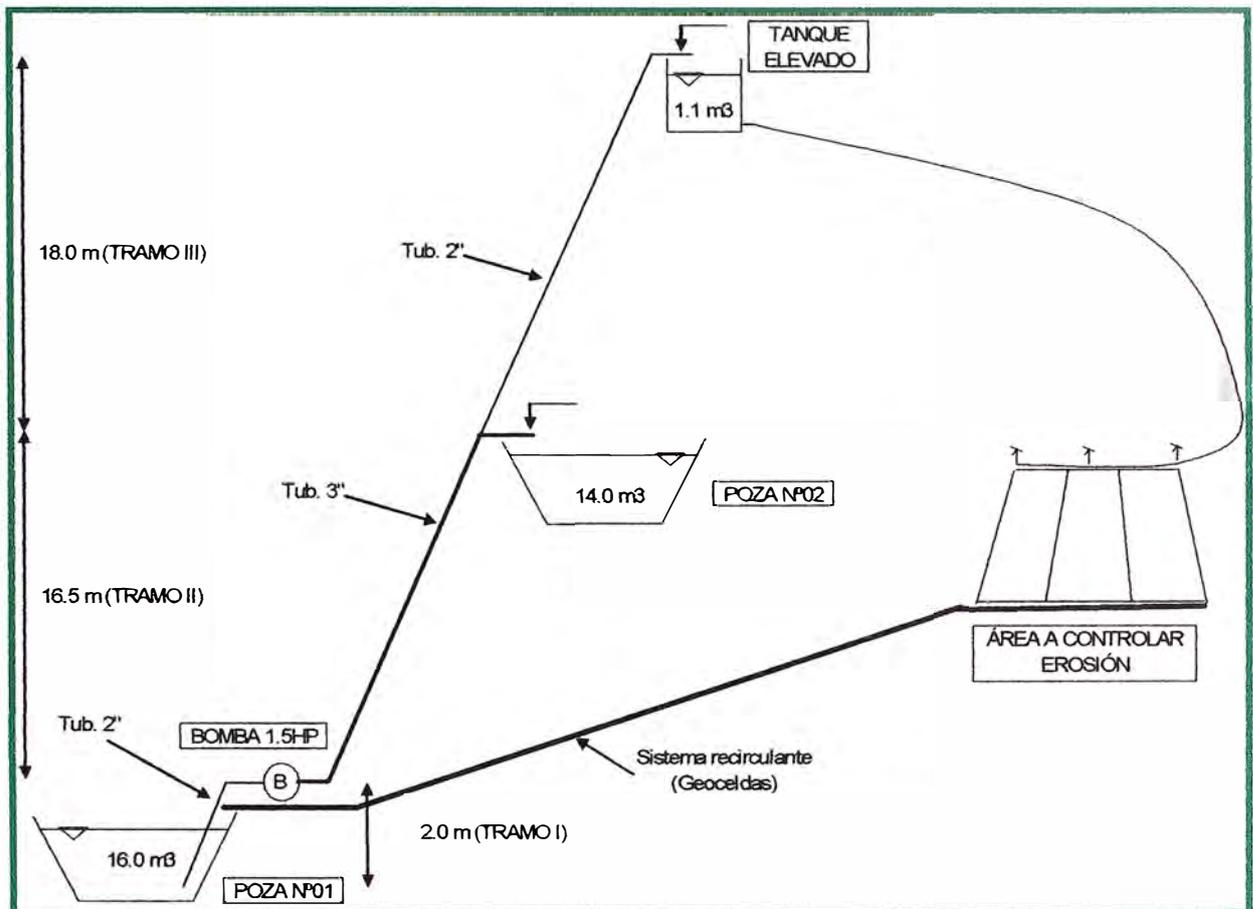


Figura Nº 05 - Esquema del sistema de bombeo

D. Diseño de riego por aspersión

El diseño del sistema de riego, a través del sistema por aspersión se encuentra de manera más detallada en el informe “Control de Erosión en Taludes con Geosintéticos – Diseño de Ingeniería”, aquí presentamos los resultados obtenidos de la misma, la cual nos servirá para plantear nuestro plan de operación y mantenimiento.

El sistema de riego se compone de una línea de riego, el cual alimentará a tres aspersores. Se verifica que los aspersores tengan la suficiente carga hidráulica proporcionada por el tanque elevado para que puedan operar correctamente.

Los resultados satisfacen la ubicación del tanque elevado, además se tiene que el caudal que abastecerá a los tres aspersores es de $Q_a = 0.42 \text{ lt/s}$, saliendo por cada aspersor el caudal de 0.14 lt/s .

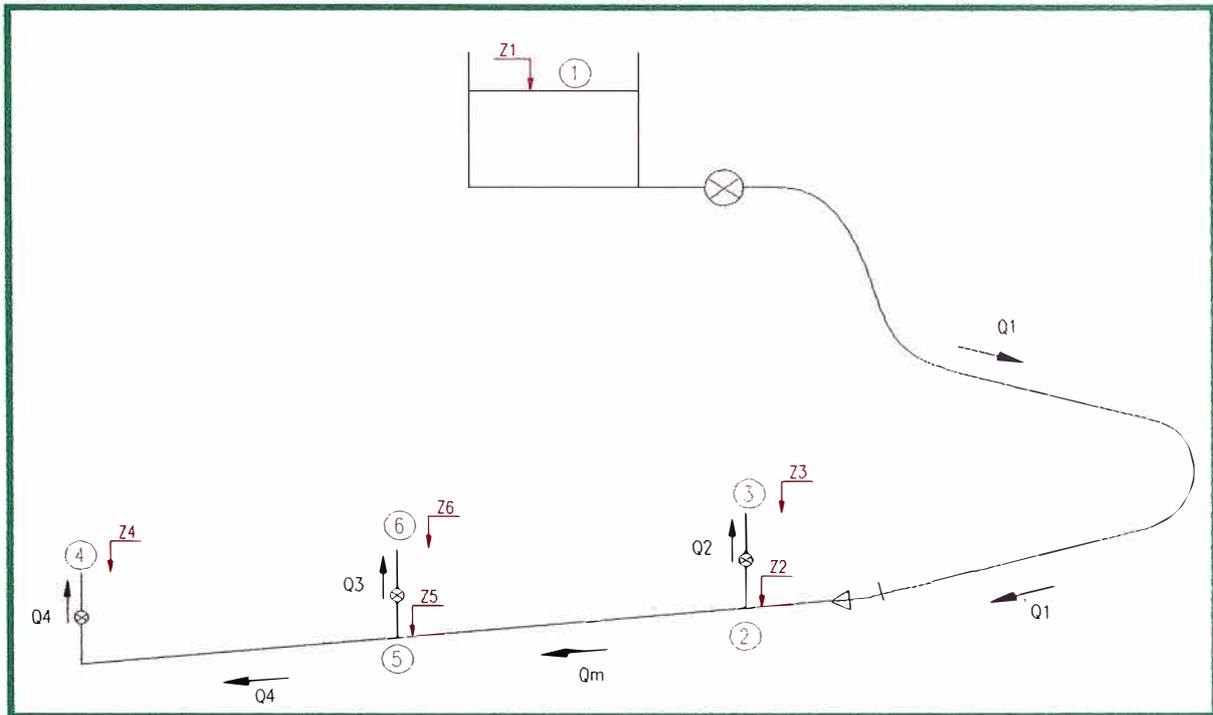


Figura N° 06 - Esquema del sistema de riego por aspersión.

2.3 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE EROSIÓN

El procedimiento constructivo será según las siguientes partidas:

a.- Trazo y Replanteo en Campo

Comprende el replanteo topográfico y trazo de las parcelas, zanjas de anclaje, tendido de tuberías de distribución, cuneta, alcantarilla y rápida de retorno; que conforma el proyecto, en el sector donde se ejecutara el control de erosión, todo ello de acuerdo con la geometría, alineamientos y niveles especificados en los planos de construcción.

Estos trabajos se ejecutarán por personal obrero bajo la supervisión y dirección del Ingeniero de Obra. Dada las características del terreno inclinado, se tiene que tener mucho cuidado con la seguridad del personal que labora.

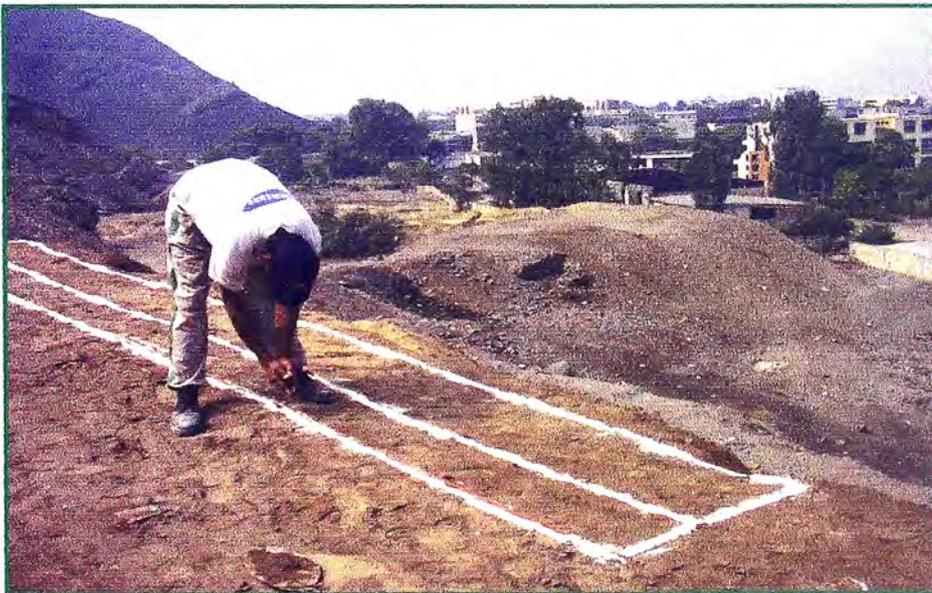


Foto N° 02 Ejecutándose el trazo de zanja de anclaje de la primera parcela.

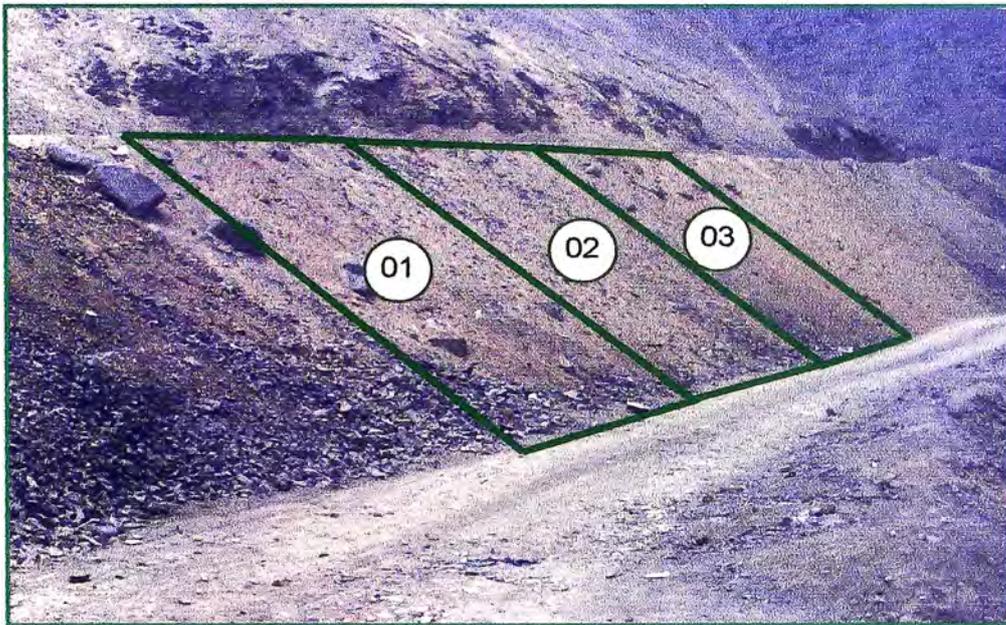


Foto N° 03 Sectores a ejecutarse el control de erosión

b.- Movimiento de Tierras

Esta etapa comprende la excavación de las zanjas de anclaje y el perfilado y limpieza del talud que comprende todo el Sistema de Control de Erosión, siguiendo los trazos terminados en la etapa anterior de Trazo y Replanteo. La limpieza del talud se refiere a retirar la mayor cantidad posible de piedras y/o rocas que pudieran dificultar el crecimiento de raíces de la vegetación a colocarse más adelante en este proyecto, sin comprometer la estabilidad general del talud.

El material adicional como la tierra de chacra será preparada y colocada sobre el talud según especificaciones, debiendo cumplir con requisitos de calidad y fertilidad.

Estos trabajos se ejecutarán por personal obrero bajo la supervisión y dirección del Ingeniero de Obra. Dado las características del terreno inclinado, se tiene que tener mucho cuidado con la seguridad del personal que labora.



Foto N° 04 Realizando el perfilado y limpieza del talud. (retirando prietas)



Foto N° 05 Zanja de anclaje de la primera parcela

c.- Instalación y habilitación del Sistema de Control de Erosión

Comprende la instalación y habilitación de los mantos de control de erosión, para las tres parcelas. Cabe indicar que la instalación de cada manto tiene recomendaciones propias de cada proveedor, pero en términos generales son muy similares. Estos se efectuarán de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto y a los planos de construcción.

Estos trabajos deberán ser efectuados por personal obrero y personal especializado, pudiendo reemplazarse este último por personal entrenado, y bajo la dirección del Ingeniero encargado. Y serán colocadas según criterios y normas de diseño e instalación aprendidas de sus respectivas empresas comercializadoras.

Los trabajos de esta etapa incluyen la colocación de tierra de chacra con los aditivos que sean necesarios y en las capas requeridas, así como la cobertura de geomanta en la cantidad necesaria para cubrir la parcela asignada, y con los elementos de fijación al talud y anclaje necesarios.

Los pasos a seguir en la instalación y colocación de las mantas son las siguientes:

- Se cubrirá el talud con tierra de chacra en un espesor de 10 cm para lograr la fertilidad necesaria para el crecimiento de la vegetación.
- Se coloca la semilla de la especie vegetal (pasto brachiaria) en una proporción de 2/3 partes de la dosificación (dosificación = 3.0 gr/m²) a lo largo de todo el área de las parcelas.
- Para mejorar la fertilidad de la tierra de chacra se empleará compost en la proporción de 1.5 kg/m² de tierra de chacra.
- Se colocará la manta en la parte superior del talud, para proceder a anclarla en la zanja de anclaje.
- Se extiende el manto una vez concluido el anclaje.
- Se procede a anclar en la parte inferior los mantos, para impedir que el viento pueda levantar el manto y así maltratar a la misma, o al personal ocasionando accidentes, y así facilitamos la instalación del manto.
- Procedemos a colocar las estacas de acuerdo a los detalles de los planos, para mejorar el contacto entre la manta y el suelo..
- Colocamos la 1/3 parte de la dosificación de las semillas restantes sobre el manto.
- Colocamos una capa de 2 cm de tierra de chacra sobre el manto instalado.

Al finalizar todas las obras, el área del proyecto deberá quedar totalmente libre de desmonte y material sobrante que no forme parte de los requerimientos del sistema de control de erosión para mantenerse operativo.



Figura N° 07
Colocación de las semillas de la especie vegetal.

Figura N° 08
Extensión del manto a lo largo del talud.

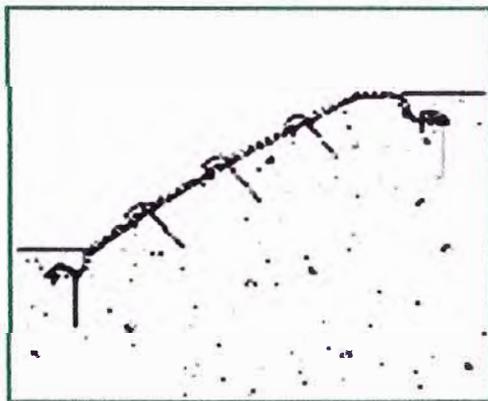
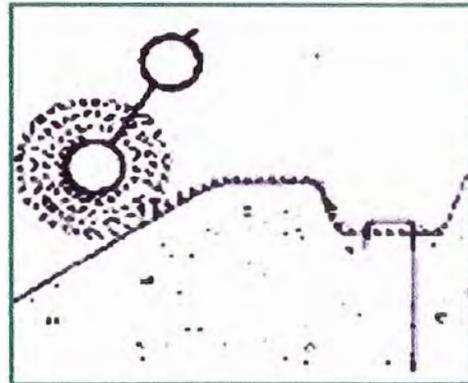
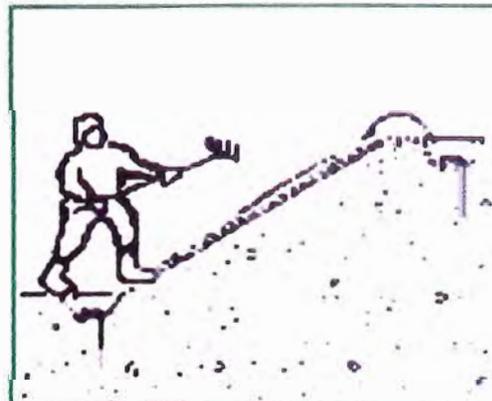


Figura N° 09
Colocación de las estacas.

Figura N° 10
Esparcido de la segunda tanda de tierra de chacra.



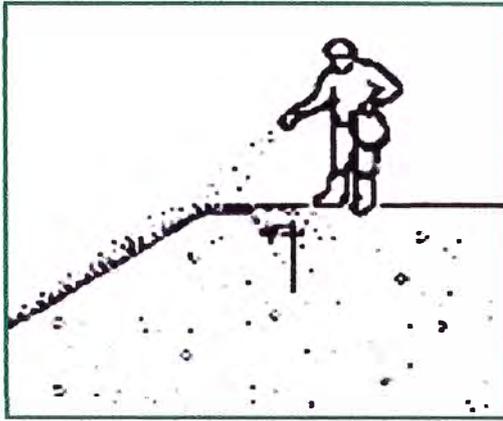


Figura N° 11
Esparcido de la segunda tanda de semillas.

d.- Instalación del sistema de riego

Comprende la instalación del tanque elevado de polietileno de capacidad de 1,100.0 lt, en la cota aprox. 136.0 msnm y la instalación de las tuberías de distribución (tubería de polietileno) y la tubería lateral (tubería de PVC), esta última que comunica a los aspersores y la instalación de los aspersores.

| Cuadro N° 07 - Relación de materiales para el sistema de riego | | |
|--|-------------|-----------------|
| Material | Und. | Cantidad |
| Tanque elevado de Polietileno de 1,100 lt. de capacidad. | und. | 1.0 |
| Tubería flexible de polietileno de 1" de diámetro, para Línea de Distribución. | m. | 50.0 |
| Tubería PVC de ¾" para línea Lateral. | m. | 21.0 |
| Tubería PVC de ¾" para subida de agua hacia los aspersores. | m. | 3.0 |
| Aspersores plásticos de baja presión. | und. | 3.0 |
| Válvula compuerta o esférica de 1" para salida del tanque elevado. | und. | 1.0 |
| Tubería HDPE para cruce enterrado de trocha carrozable.. | m. | 2.0 |
| Codo PVC 90° x 1" para conexión entre Línea de Distribución y Lateral. | und. | 1.0 |
| Reducción 1" – ¾" para conexión entre Línea de Distribución y Lateral. | und. | 1.0 |
| Tee PVC ¾" a usarse en Lateral. | und. | 2.0 |
| Codo PVC ¾" a usarse en Lateral. | und. | 1.0 |
| Válvula compuerta o esférica de ¾" para operación de aspersores. | und. | 3.0 |
| Cinta teflón para sellar uniones de los dispositivos y accesorios. | roll. | 2.0 |



Foto N° 06 Funcionamiento del aspersor en etapa experimental

2.4 IMPACTO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE CONTROL DE EROSIÓN

A. Línea de Base Ambiental

Topografía y fisiografía

El Proyecto de Control de Erosión tiene una topografía con presencia de cerros medianamente accidentados, ondulantes colinas con pendientes entre suaves y pronunciadas.

Clima

El proyecto se ubica en una zona que pertenece al desierto subtropical árido o desierto desecado subtropical (dd-S). La temperatura promedio anual mínima es de 14.3 °C. La dirección del viento se expresa en 8 puntos de la Rosa de viento como son: N, NE, E, SE, etc.

Calidad del aire

Para establecer la calidad del aire del casco urbano se consideran los parámetros relativos a los gases de combustión como SO₂, CO así como las partículas de diámetro menor a 10 micrómetros (PM 10).

En general, la calidad del aire y ruido en Lima se ve afectada por diferentes fuentes de emisión, como el parque automotor, las industrias, etc. por tanto, el proyecto no modificará las condiciones actuales de contaminación existente en el área de trabajo.

Hidrología

En nuestra zona de estudio no existe presencia de cruces de cuerpos de agua naturales, ni precipitaciones significativas que impidan la ejecución del proyecto, tal como se presenta en el cuadro N° 08 y cuadro N° 09.

Respecto a la precipitación podemos indicar que las precipitaciones diarias en los meses de invierno en algunos días alcanzan valores máximos hasta 2.1 mm, tal como se aprecia en el cuadro N° 08. Y así mismo se tiene que las mayores precipitaciones mensuales se dan en el periodo del Fenómeno del Niño, ver cuadro N° 09.

| Cuadro N° 08 – Precipitaciones máximas entre los periodos 1995 al 2006. | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) | | | | | | | | | | | | |
| ESTACION : MODELO / 006617/DRE-04 (Estación Campo de Marte) | | | | | | | | | | | | |
| LAT. : 12° 04' "S" | | | DPTO. : LIMA | | | | | | | | | |
| LONG. : 77° 02' "W" | | | PROV. : LIMA | | | | | | | | | |
| ALT. : 120 msnm | | | DIST. : JESUS MARIA | | | | | | | | | |
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
| 1995 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 0.9 | 0.6 | 0.0 | 0.0 |
| 1996 | S/D | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | S/D | 0.4 | 0.3 | 0.3 | S/D | 0.9 | 0.6 |
| 1997 | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 2.1 | 0.1 | 0.7 | 0.8 |
| 1998 | 1.8 | 1.8 | 0.0 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.3 | 0.8 | 0.3 | 0.5 | 0.2 | 0.0 |
| 1999 | 0.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2000 | 0.5 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.2 |
| 2001 | 0.3 | 1.2 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.6 | 1.7 | 0.7 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.4 |
| 2002 | 0.0 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.8 | 0.8 | 0.2 | 0.1 | 0.7 | 0.0 |
| 2003 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.7 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.2 |
| 2004 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.2 | S/D | 0.0 | 0.2 | 0.0 |
| 2005 | 0.4 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 0.0 | 0.1 | 0.0 |
| 2006 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.8 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.3 |

Fuente: SENAMHI

| Cuadro N° 09 - PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LIMA (A.J.Chavez) | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------------------|-----|-----|---------------------|------|------|------|------|-----|-----|-------|
| Departamento: Lima | | | Distrito: Callao | | | Latitud: 12° 00' S | | | | | | | |
| Provincia: Callao | | | Altitud: 13 msnm | | | Longitud: 77° 07' W | | | | | | | |
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
| 1998 | 37.2 | 3.3 | 3.0 | 0.9 | 1.2 | 3.0 | 3.6 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 55.5 |
| 1997 | - | 15.0 | 54.0 | 1.2 | 1.2 | 0.0 | - | 3.6 | - | - | - | - | 75.0 |
| 1993 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 3.3 | 1.2 | 2.3 | 0.5 | 0.0 | 0.2 | 8.8 |
| 1992 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 3.3 | 4.7 | 6.7 | 2.9 | 0.0 | 0.0 | 18.6 |
| 1991 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 3.2 | 2.6 | 1.0 | 1.2 | 1.8 | 1.4 | 0.6 | 1.8 | 13.9 |
| 1990 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 1.8 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.4 | 0.6 | 0.5 | 6.8 |
| 1989 | 0.0 | 0.5 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 1.5 | 0.6 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 3.8 |
| 1988 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.2 | 1.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 2.9 |
| 1987 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.4 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 |
| 1986 | 0.0 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 1.1 | 1.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 4.8 |
| 1985 | 0.0 | 2.5 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.9 | 0.1 | 0.7 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 5.1 |
| 1984 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 2.2 |
| 1983 | 0.6 | 0.1 | 0.7 | 0.2 | 0.9 | 1.5 | 2.0 | 0.8 | 1.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 8.1 |
| 1982 | 0.0 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.1 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | 0.6 | 0.1 | 3.1 |
| 1981 | 3.8 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 1.1 | 3.6 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 9.9 |
| 1980 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 1.7 | 1.9 | 0.5 | 0.9 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 5.8 |
| 1979 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 0.0 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.1 | 0.8 | 0.1 | 0.1 | 1.0 | 7.3 |
| 1978 | 0.1 | 0.1 | 0.9 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.9 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 3.1 |
| 1977 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.9 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | 0.6 | 3.9 |
| 1976 | 0.1 | 0.7 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.0 | 0.1 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 2.3 |
| 1975 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.1 | 0.4 | 0.8 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 2.6 |
| 1974 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 4.8 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 6.3 |
| 1973 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 2.0 |
| 1972 | 3.0 | 0.1 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1.6 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 6.1 |
| 1971 | 2.6 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.9 | 0.3 | 6.0 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 10.7 |
| 1970 | 10.5 | 0.9 | 1.8 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 2.9 | 1.0 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 0.7 | 20.2 |
| 1969 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.2 | 2.8 | 0.4 | 3.2 | 0.1 | 0.9 | 0.1 | 0.2 | 8.7 |
| 1968 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1.7 | 0.3 | 2.2 | 0.9 | 0.8 | 1.4 | 0.1 | 0.4 | 8.2 |
| 1967 | 0.4 | 2.4 | 3.4 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 1.7 | 1.6 | 2.8 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 13.4 |
| 1966 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.2 | 0.9 | 0.1 | 1.9 | 0.9 | 0.2 | 0.1 | 1.5 | 6.1 |
| 1965 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.1 | 1.1 | 0.2 | 0.1 | 1.1 | 3.7 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 7.5 |
| 1964 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 1.1 | 8.1 | 9.6 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 20.4 |
| 1963 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 1.0 | 0.8 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 3.5 |
| 1962 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.5 | 0.6 | 1.0 | 2.0 | 1.0 | 0.4 | 0.3 | 1.2 | 7.5 |
| 1961 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 3.6 | 1.1 | 1.9 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 8.4 |
| 1960 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 2.8 | 4.7 | 3.5 | 9.5 | 6.0 | 6.3 | 2.1 | 0.3 | 35.6 |
| 1959 | 0.1 | 1.0 | 0.4 | 2.4 | 2.9 | 1.6 | 8.6 | 9.9 | 4.0 | 1.6 | 3.8 | 2.5 | 38.8 |
| 1958 | 4.6 | 0.4 | 0.5 | 0.1 | 1.0 | 7.3 | 3.7 | 2.1 | 4.9 | 3.5 | 0.6 | 0.2 | 28.9 |
| 1957 | 0.1 | 1.6 | 1.0 | 0.1 | 3.2 | 0.3 | 3.3 | 3.8 | 11.8 | 5.4 | 1.5 | 4.0 | 36.1 |
| 1956 | 0.2 | 4.7 | 1.0 | 0.1 | 3.0 | 1.6 | 5.5 | 3.7 | 6.6 | 4.8 | 0.8 | 0.1 | 32.1 |
| 1955 | 8.3 | 2.0 | 0.8 | 0.1 | 0.8 | 4.2 | 10.5 | 7.5 | 11.1 | 12.3 | 1.3 | 1.2 | 60.1 |
| 1954 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 6.5 | 4.8 | 5.3 | 5.6 | 8.7 | 2.9 | 3.2 | 2.9 | 40.4 |
| 1953 | 0.2 | 1.1 | 4.3 | 0.3 | 6.5 | 6.2 | 12.2 | 13.4 | 10.2 | 4.2 | 6.3 | 5.0 | 69.9 |
| 1952 | 9.0 | 0.1 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 11.7 | 7.6 | 10.8 | 10.3 | 9.3 | 3.9 | 0.6 | 64.4 |
| 1951 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 4.6 | 2.5 | 6.9 | 3.1 | 0.1 | 18.0 |
| 1950 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 4.1 | 3.8 | 4.3 | 4.4 | 1.4 | 0.1 | 0.6 | 19.3 |

FUENTE : CORPAC S.A. - Departamento de Climatología.

Vegetación y fauna

El Proyecto de control de erosión se ejecutará en un sector del cerro de arrastre de la UNI, donde las formas de vida involucradas corresponden únicamente a las especies que se desarrollan en los parques, jardines y arboledas de la ciudad. Los ecosistemas presentes en las áreas semirurales ubicadas en la periferia de la ciudad no serán afectadas por las actividades de construcción y operación del proyecto.

La fauna silvestre que incluye la zona urbana, está representada básicamente por aves cosmopolitas, dado que estas formas de vida han logrado adaptarse al cambio de su hábitat original (el monte ribereño o bosque de galería principalmente, que ahora corresponden a campos cultivados, así como también parques y jardines del área urbana). Los otros grupos taxonómicos como son los reptiles, anfibios y mamíferos (dentro de los que se encuentran roedores como ratas *Rattus sp.* y ratones de familias como *Cricetidae* y *Muridae* así como murciélagos de la familia *Phyllostomidae*), están representados en su mínima expresión. Ninguna de las especies de fauna considerada dentro del ámbito de construcción y operación del proyecto se encuentra en peligro.

Ante la imposibilidad de impacto sobre los organismos unicelulares y pluricelulares; vegetales y animales (invertebrados y vertebrados) que habitan, la línea base biológica no presenta evaluaciones al respecto.

Aspectos socioeconómicos

La Universidad Nacional de Ingeniería, comprende en la actualidad a 11 facultades, a la vez la Universidad provee de servicio de vivienda a alumnos (en forma restringida), comedor, servicios de salud, servicios de gimnasios y un centro educativo inicial para los hijos del personal administrativo.

Cuadro N° 10 – Dependencias de la UNI, involucradas en el área de estudio

| | |
|---------------------------------|---|
| Facultad de Ingeniería Mecánica | Facultad de Ingeniería de Minas |
| Facultad de Ingeniería Química | Centro Educativo Inicial – Ingenieritos |
| Gimnasio UNI | Capilla UNI |
| Facultad de Ingeniería Textil | Residencia de Alumnos |

Características de la población

El origen de la población, su composición por edades y colegio de la a población universitaria en el periodo 2007-I, según ORCE de acuerdo al colegio de procedencia, el 75.97% proviene del departamento de Lima, seguido del 6.35% del departamento de Junin.

La población universitaria en el periodo 2007-I, según ORCE de acuerdo a la edad promedio, el 36.83% se encuentra entre la edad de 21 a 24 años, y la que continua en porcentaje con un 27.51% se encuentra entre la edad de 17-20 años.

Y de acuerdo a la procedencia de los colegios, el 63% de colegios nacionales, 26% de colegios particulares y el 11% de colegios religiosos.

Información demográfica

Las obras del proyecto piloto podrán extenderse por todo la ladera del cerro de arrastre. En las 11 facultades de la Universidad Nacional de Ingeniería existe una población de estudiantes alrededor de 10,552 alumnos.

La Línea de Base Social ha permitido conocer y analizar los indicadores sociales que caracterizan la base social y económica del Area de Influencia Directa (AID) y Area de influencia Indirecta (All) del Proyecto.

El AID está representada por dos criterios, uno Ambiental y otro Social y está conformado por 4 facultades, el Coliseo, El Nido Ingenieritos, La Residencia de Estudiantes por criterio social. Por su parte el All está conformado por la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Recursos arqueológicos

El proyecto de revegetación del cerro de arrastre, debido a que solo se ubicara en el talud lejos del sitio arqueológico, no debería representar peligro de destrucción o alteración de evidencias arqueológicas debido a que la las raíces de las plantas estarán a muy poca profundidad y las mantas estarán encima del suelo a revegetar.

B. Área de Influencia Ambiental

Para realizar la caracterización actual de cada una de los componentes ambientales, se realizaron las siguientes actividades:

- Estudios en terreno para los componentes geología, recursos hídricos superficiales y subterráneos, suelos, recursos bióticos (terrestre) y recursos arqueológicos.
- Análisis de los resultados de monitoreos meteorológicos, de calidad del aire, de calidad del agua y ruido.

Definición del Área de Influencia

El área de influencia de un proyecto corresponde a la porción del territorio en donde se llevará a cabo la construcción, operación y cierre del proyecto y el área alrededor del cual podrá haber algún tipo de cambio. Dentro del área de influencia se distingue un área de influencia directa y un área de influencia indirecta, de acuerdo a las siguientes definiciones:

- ✓ Área de Influencia Directa (AID): corresponde a aquellos componentes del ambiente afectados directamente por las instalaciones y actividades del proyecto; la definición del área que abarca el área de influencia de estos componentes se efectúa por la superposición de las instalaciones del proyecto sobre el ámbito geográfico definido para llevar a cabo el proyecto.

El AID del proyecto considera las siguientes obras o instalaciones:

- Instalaciones Principales
 - Sistema de Riego.
 - Revegetación.
- Instalaciones auxiliares más importantes
 - Poza de Almacenamiento.
 - Sistema de Impulsión.

- ✓ Área de Influencia Indirecta (AII): corresponde a aquellos impactos generados sobre un componente ambiental, fuera del área geográfica de emplazamiento directo de las obras.

C. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales y Sociales Potenciales

Impactos Ambientales.-

Cuadro N° 11 –Matriz de Impactos Ambientales

| JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--|-----------------|-------------------|-------------------|
| Componente Ambiental | Código | Tipo de Impacto | Importancia | | |
| | | | Construcción | Operación | Mantenimiento |
| Ambiente Físico | | | | | |
| Topografía y Paisaje | TP-1 | Alteración del Relieve local | Sin Importancia | No Aplica | No Aplica |
| Topografía y Paisaje | TP-2 | Alteración de la calidad estética del paisaje | Sin Importancia | Positiva Moderada | Positiva Moderada |
| Aire | A-1 | Aumento de la Concentración de material particulado | Negativa Menor | No Aplica | No Aplica |
| Aire | A-2 | Emisiones Gaseosas | Negativa Menor | No Aplica | No Aplica |
| Ruido y Vibraciones | RV-1 | Aumento del nivel de presión sonora | Sin Importancia | No Aplica | No Aplica |
| Suelos | S-1 | Pérdida de suelos | Sin Importancia | Sin Importancia | Sin Importancia |
| Suelos | S-2 | Erosión de suelos | No Aplica | Negativa Menor | Negativa Menor |
| Suelos | S-3 | Contaminación de suelos | Sin Importancia | Sin Importancia | Sin Importancia |
| Ambiente Biológico | | | | | |
| Vegetación y Flora | VF-1 | Pérdida de Vegetación y Flora | Sin Importancia | Sin Importancia | Sin Importancia |
| Vegetación y Flora | VF-2 | Alteración de la Composición Florística | No Aplica | Positiva Moderada | Positiva Moderada |
| Vegetación y Flora | VF-3 | Alteración de la Capacidad Regenerativa de la Vegetación | No Aplica | Positiva Moderada | Positiva Moderada |
| Vegetación y Flora | VF-4 | Alteración de hábitat para la Flora Y Fauna Terrestre | Sin Importancia | Positiva Moderada | Positiva Moderada |
| Fauna Terrestre | FT-1 | Perturbación de la Fauna | Sin Importancia | Positiva Moderada | Positiva Moderada |
| Fauna Terrestre | FT-2 | Ganancia de Hábitat de Fauna | Sin Importancia | Positiva Moderada | Positiva Moderada |
| Ambiente de Interés Humano | | | | | |
| Arqueología | ARQ-1 | Afectación de Sitios Arqueológicos | Sin Importancia | Sin Importancia | Sin Importancia |

Impactos Sociales del Proyecto.-

Las medidas de manejo social se orientan a la mitigación en términos sociales de los impactos ambientales del Proyecto, así como a la prevención de percepciones erradas que puedan incidir en su operación.

Posibles impactos sociales generados por el Proyecto en el área de influencia directa.-

Guardando relación con las actividades del Proyecto descritas en el capítulo 2 del presente informe, se han identificado los siguientes posibles impactos sociales;

- Preocupación como consecuencia de los trabajos en las pozas de agua. Se pueden mencionar inconformidad por que estas pozas no poseen un cerco perimétrico seguro que evite la ocurrencia de un accidente.
- Inconformidad social por el eventual impacto en la salud, como consecuencia de la probable proliferación de insectos, que podrían encontrar un hábitat adecuado dentro de las pozas de agua.
- El proyecto en conjunto para la revegetación de una zona de las laderas del cerro de arrastre, generara una expectativa dentro del campus universitario como plan piloto para la revegetación de todo el cerro de arrastre y mejora de la estética de las laderas del cerro.
- Interés en el modelo planteado para la revegetación y control de erosión de las laderas del cerro de arrastre, en alumnos y docentes de la universidad para continuar con el estudio y ponerlos en práctica en otros lugares que se necesiten la realización de este tipo de proyectos.

CAPÍTULO III.

PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE EROSIÓN

3.1 OPERACIÓN DEL SISTEMA

Para operar los elementos que conforman el sistema de riego deberá seguirse un procedimiento que garantice su funcionamiento adecuado y disminuya el riesgo de deterioro.

A. Esquema del Sistema de Control de Erosión

El proyecto está conformado por lo siguiente:

- Poza de agua N° 01.- depósito de agua, la cual se plantea sea llenada con las cisternas del UNITRAR, de donde se bombeará al tanque elevado y a la poza N° 02; tiene una capacidad de 16.0 m³.
- Sistema de impulsión.- está conformado por una bomba de 1.5 HP, para la succión tenemos tubería de polietileno de 2", y para la impulsión se tiene una tubería de polietileno de 3"; a través de este sistema se proveerá de agua de la poza n° 01 hacia a de la poza n° 02 y hacia el tanque elevado.
- Poza de agua N° 02.- depósito de agua bombeada de la poza n° 01, la cual servirá para regar un sector de nuestro talud y para el ensayo de la rápida; tiene una capacidad de 14.0 m³.
- Tanque elevado.- aquí se almacenará el agua bombeada de la poza n° 01, la cual servirá para regar los tres sectores donde se va a realizar el control de

erosión; tiene una capacidad de 1.10 m³ y se encuentra ubicada en la cota 136.0 aproximadamente.

- Sistema de riego.- el sistema de riego planteado es el de aspersión, la cual esta conformada de un aspersor para cada parcela del talud.
- Mantos para el control de erosión.- conformado por tres diversos mantos (GeoMac, Ecomatrix y Nac250), uno para cada sector.
- Rápida con geocelda.- la cual se ubicara en el segundo talud, la función de esta es observar el funcionamiento de la geocelda (rellenada con suelo-cemento) frente a velocidades altas, simulando así lo que sucede a la salida de las alcantarillas que se ejecutan en las carreteras.

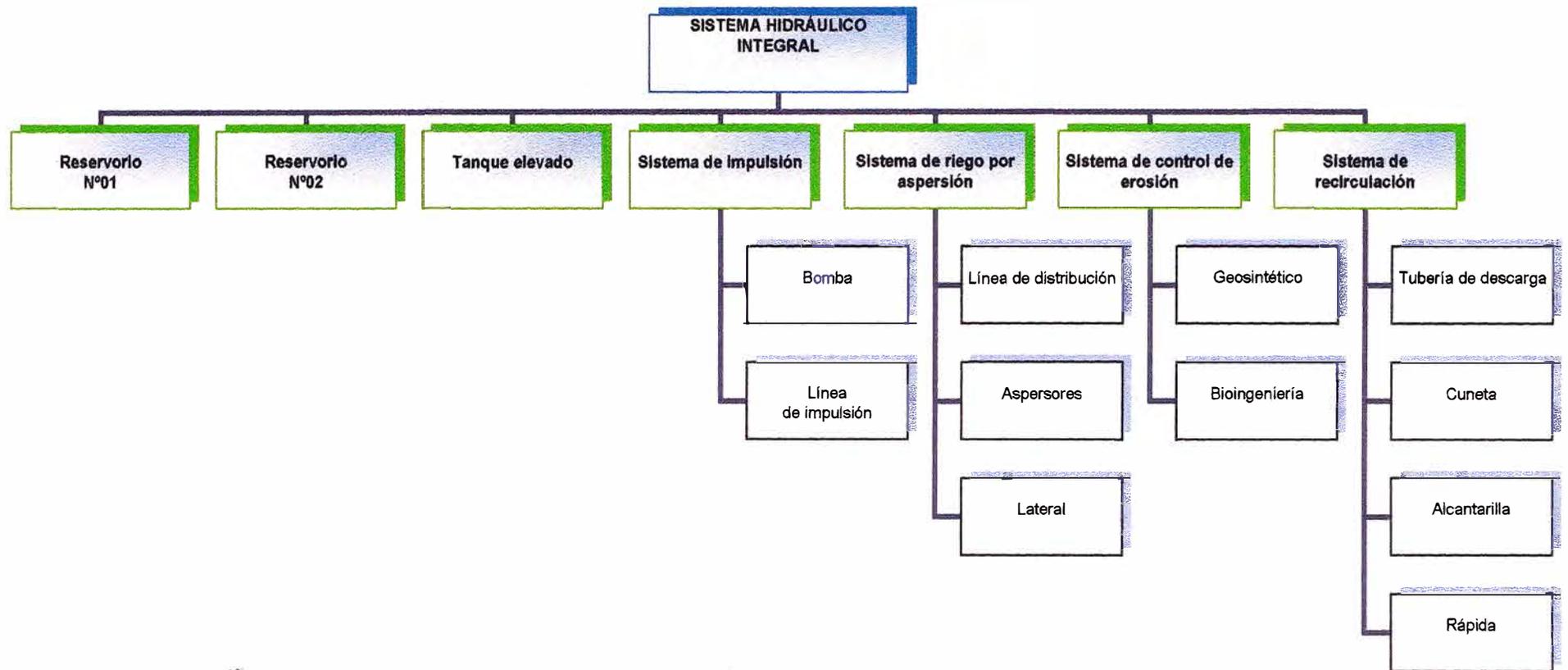


Figura N° 12 – Descomposición del Sistema Hidráulico

B. Esquema del Sistema de Riego

El sistema de riego planteado es el sistema de riego por aspersión.

El sistema esta conformado por un tanque elevado de 1100.0 lts, tuberías de distribución y tres aspersores que cubrirán a las tres parcelas, tal como se muestra en la figura n° 10.

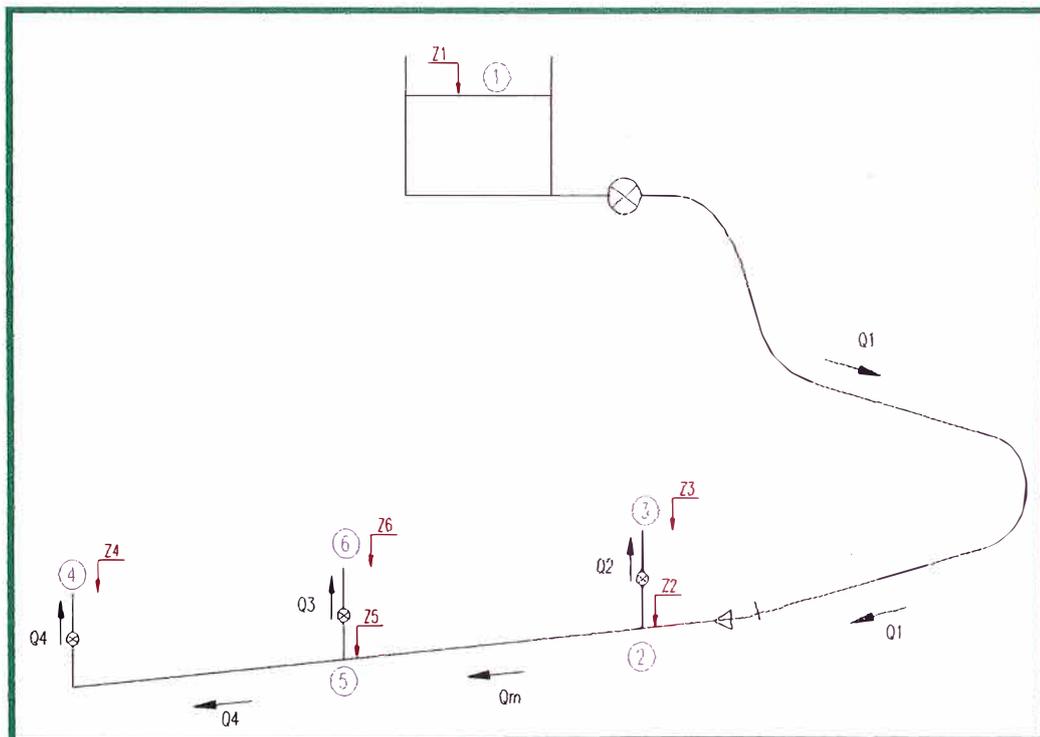


Figura N° 10 – Esquema del sistema de riego

C. Frecuencia de riego.

La frecuencia de riego se determina de acuerdo a la necesidad de riego de la vegetación, de acuerdo al análisis se ha planteado que inicialmente se regara de manera diaria hasta que la vegetación se encuentre desarrollada y de ahí se cambiara la frecuencia de riego a una frecuencia interdiaria.

D. Tiempo de riego

El tiempo de riego utilizado en el diseño será el necesario para el periodo en que las condiciones de riego sean apropiadas, una recomendación a emplear es regar en horas del día, donde no hay mucha radiación solar.

Determinación del tiempo de llenado del tanque elevado.

Del capítulo 2, en el acápite diseño del sistema de bombeo se tiene que el caudal de la bomba de 1.5 HP, es de $Q_b = 2.08$ lt/s. con ello determinaremos el tiempo que se demora en llenar el tanque eleva de 1100.0 lts de capacidad.

$$t(s) = \frac{1000 \cdot V_{te}}{Q_b}$$

Donde:

| | |
|---|-------|
| V_{te} : Capacidad util del tanque elevado (m ³) | 14.0 |
| Q_b : Caudal de bombeo (lt/s). | 2.08 |
| t : Tiempo de llenado de la poza n° 02 (s). | 528.0 |

Esto quiere decir que el tiempo de bombeo, será de 528 s (9 minutos)

Determinación del tiempo de regado de las parcelas.

El tiempo de regado depende del requerimiento de agua del cultivo y del área de las parcelas.

$$R_{ta}(m^3) = \frac{L \cdot A}{1000} \quad \text{y} \quad t(s) = \frac{1000 R_{ta}}{Q_a \cdot N_a}$$

Donde:

| | |
|---|--------|
| L : Requerimiento de agua del cultivo (mm/día) | 4.0 |
| A : Área de sembrío o área de las parcelas (m ²). | 157.0 |
| R_{ta} : Requerimiento total diario de agua (m ³). | 0.63 |
| Q_a : Caudal que sale por cada aspersor (lt/s). | 0.14 |
| N_a : Número de aspersores (und). | 3.0 |
| t : Tiempo de regado de las parcelas (s). | 1495.0 |

Esto quiere decir que el tiempo de regado es de 1495.0 s (25 minutos). Considerando que se regara en una frecuencia diaria, en dos turnos diarios uno en la mañana y otro en la tarde tendremos que cada turno tendrá una duración de 13 minutos.

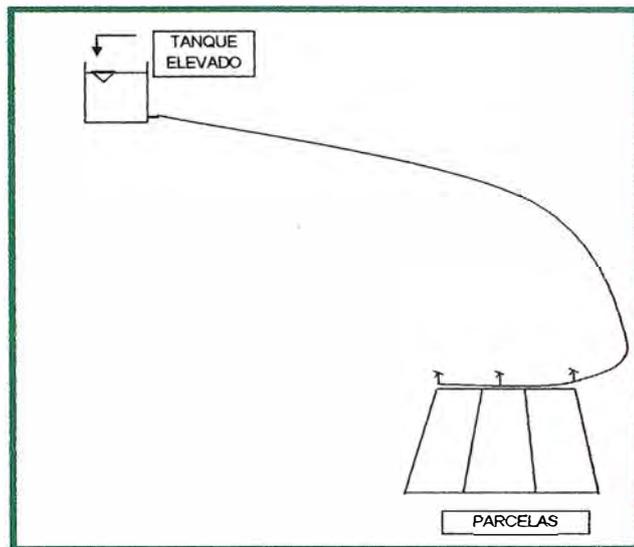


Figura N° 14 –
Esquema del riego
de las parcelas.

Frecuencia de llenado de la poza n° 01, para poder abastecer al sistema.

La frecuencia con que se debe llenar la poza n° 01, para que esta pueda abastecer de manera constante al sistema de control de erosión será dada por la siguiente ecuación:

$$X(\text{días}) = \frac{V_{pz01}}{R_{ta}}$$

Donde:

| | |
|--|------|
| Vpz01 : Capacidad util de la poza n° 01 (m3) | 16.0 |
| Rta : Requerimiento total diario de agua (m3). | 0.63 |
| X : Número de días que dura la poza n° 01 (días). | 25.0 |

Por lo tanto la poza N° 01 se abastecerá cada 25 días.

E. Llenado y vaciado de tuberías

Para colocar en funcionamiento el sistema por primera vez, para suspender el servicio de agua para el riego o para restablecerlo después de un corte, es necesario tomar precauciones que eviten la disminución o la interrupción del caudal y la rotura de tubos, debidas a la presencia de aire, o a la ocurrencia de una sobrepresión o de un vacío.

Para el llenado se debe proceder de la siguiente manera:

- Vigilar la salida de aire en las ventosas.

- Aumentar el caudal hasta la cantidad requerida por el sistema de riego
- Cerrar lentamente la válvula principal.
- Procurar que el vaciado se realice lentamente
- Evitar la entrada de sedimentos, al finalizar el vaciado de tanques
- Vaciar totalmente las tuberías antes del siguiente llenado, abriendo parcialmente las válvulas de purga.

F. Aplicación del riego

Es importante tener presente que regar en exceso es perjudicial para el suelo y el cultivo. Además regar insuficientemente disminuye en el correcto crecimiento de la planta.

Además se tiene en cuenta que los suelos arenosos, sólo pueden almacenar muy poca agua de riego, y en estos se debe regar con menores cantidades y más frecuentemente que en los suelos arcillosos.

G. Recomendaciones para un buen uso del riego

- Revise que el equipo de riego se encuentre en buen estado. Repare oportunamente los daños.
- No cambie el tamaño de las boquillas del aspersor y la altura del elevador recomendada por los técnicos.
- Procure dejar de regar durante la ocurrencia de vientos fuertes.
- Adopte prácticas de conservación de suelo como: Las siembras en contorno, las barreras vivas, las terrazas, y el abono orgánico.
- Familiarícese con la medición del agua de riego y participe en las actividades de capacitación que se programen.
- Solicite asesoría a los técnicos.

3.2 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Vigilancia del sistema

El funcionamiento del sistema de control de erosión debe controlarse permanentemente. El encargado es la persona designada a dicha labor, al que se le incluyen tanto el chequeo de las obras de todo el sistema.

Extracción de sedimentos

Su finalidad es la de mantener libre de arena y otros materiales la zona del tanque elevado, desde donde se realiza la distribución del agua a través del sistema de riego; esto para evitar que los aspersores se puedan obstruir.

Reparación de tuberías y accesorios

En general, conviene tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Determinar con precisión la naturaleza del daño, los repuestos y herramientas necesarios.
- Descubrir la tubería en una longitud suficiente para no forzarla durante la reparación.
- No realizar reparaciones improvisadas o temporales.
- La reparación debe ser dirigida por una persona autorizada y conocedora del manejo del sistema. Muchas personas opinando, sólo producen confusión y malos resultados.
- Se debe comprobar el buen resultado de la reparación antes de proceder a tapar las tuberías.

3.3 ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA

El éxito de la operación y mantenimiento de un sistema de control de erosión, depende de una buena organización y del compromiso que tengan los involucrados en el proyecto y en el mantenimiento de las mismas.

A. Presupuesto de operación y mantenimiento del sistema de control de erosión.

Para que el sistema de Control de Erosión tenga un adecuado manejo en cuanto a su operación y mantenimiento debe contar con un presupuesto de funcionamiento.

PRESUPUESTO ANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

| DESCRIPCION | UNIDAD | METRADO | P.U. (S/.) | PARCIAL | SUB-TOTAL (S/.) |
|--|--------|---------|---------------|----------|---------------------|
| OPERACIÓN DEL SISTEMA | | | | | 5,580.00 |
| OPERADOR (A MEDIO TIEMPO) | MES | 12.00 | 300.00 | 3,600.00 | |
| CONSUMO DE AGUA ($0.63 * 30 = 18.9$ M3) | MES | 12.00 | 150.00 | 1,800.00 | |
| CONSUMO ELECTRICIDAD | MES | 12.00 | 15.00 | 180.00 | |
| MANTENIMIENTO | | | | | 100.00 |
| LIMPIEZA DE LAS POZAS, CUNETAS, RAPIDAS, ETC | EST | 2.00 | 50.00 | 100.00 | |
| TOTAL | | | | | S/. 5,680.00 |

Podemos indicar en si que el mantenimiento y la operación del proyecto resulta inviable por el costo, pero podemos señalar que estas actividades pueden ser distribuidas entre el departamento de hidráulica que se encargaría de la operación del regado y del UNITRAR que se encargaría del abastecimiento de agua a la poza N° 01.

El costo unitario mensual de nuestro sistema de operación y mantenimiento dado que tenemos un área pequeña de 157.0 m², resulta S/. 3.0/m²/mes.

B. Administración del sistema.

El sistema estaría administrado por el departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil.

Cabe indicar que dada las características de nuestro proyecto que se encuentra ubicado en la ciudad de Lima, donde las precipitaciones son casi nulas el regado tiene que ser permanente y de manera diaria durante los dos primeros meses para que especie vegetal pueda desarrollarse, y luego de este periodo la frecuencia del regado puede ser dejando dos días, para lo cual la dotación de agua se incrementaría siendo el acumulable a tres días de regado convencional.

Para que este proyecto pueda ser sostenible se podría realizar cursos teórico – prácticos sobre uso de geosintéticos, o cursos de control de erosión, de tal manera que el ingreso por estos cursos podría solventar los costos de operación y mantenimiento del sistema de control de erosión.

CONCLUSIONES

- El costo de operación y mantenimiento es de S/. 473.3/mes para mantener un área de 157.0 m², resultando costoso principalmente por el costo del agua y el costo del operador. Para disminuir los costos de operación y mantenimiento se puede solicitar al UNITRAR, que facilite el agua sin ningún costo y el Departamento de Hidráulica podría proporcionar un personal para la operación del sistema.
- Esta solución de control de erosión con vegetación, referente a su operación y mantenimiento en lugares donde existe carencia de agua, no es muy factible por el costo que conlleva suministrar un sistema de riego.
- Cabe indicar que la instalación de los mantos se realiza de manera rápida, tranquilamente se puede realizar todo el procedimiento con personal no calificado bajo la dirección técnica de un ingeniero.
- El proyecto de control de erosión con geosintéticos y revegetación de manera indirecta, logra una mejora paisajista del cerro de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- El presente proyecto permitirá que alumnos de pre-grado puedan tener conocimientos referentes a los mantos de geosintéticos, que sirven como control de erosión en taludes.

RECOMENDACIONES

- Para disminuir los costos de operación y mantenimiento se puede solicitar el compromiso del UNITRAR para que proporcione el agua sin ningún costo y el personal que operaría el sistema, lo podría proporcionar el Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil o de alguna otra entidad dependiente de la UNI, ya que las labores de operación y mantenimiento del sistema son sencillas y de corto tiempo.
- Se recomienda colocar plantas de **buganvilla** (planta trepadora, ubicado en el cerro que esta en la parte posterior de la Facultad de Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería) en los pies del talud de nuestro sector y la dotación de agua se efectuaría de la poza N° 02 (poza superior), siendo el riego por gravedad.
- Se recomienda que la terminación de la construcción del proyecto del sistema de control de erosión, sea efectuada por alumnos de pre-grado del curso de irrigación de la Facultad de Ingeniería Civil - UNI.

BIBLIOGRAFÍA

- Machuca López, Jaime Antolin
Instalación, Operación y evaluación del sistema de riego por aspersión en el Plan Piloto San Marcos - Cajamarca.
Facultad de Ingeniería Agrícola – Universidad Nacional Agraria la Molina
Lima – Perú, 1990
- Suárez D., Jaime.
Control de Erosión
Edición N°1. Editorial Universidad Industrial de Santander,
Bucaramanga – Colombia, 2001.
- Torres Aguilar, Jilmer Edwin
Diseño de un sistema piloto de riego tecnificado en zona urbana, Campus UNI: Facultad de Ingeniería Civil.
Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería
Lima – Perú, 1995
- Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil
Curso de Titulación por Actualización de Conocimientos, Aplicación de Geosintéticos en Obras de Ingeniería Civil, 2006
Lima – Perú, 2006 - 2007

ANEXO N° 01:
PANEL FOTOGRAFICO

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía N° 01: Terreno proyectado inicialmente, donde se ejecutaría el control de erosión con geosintéticos.



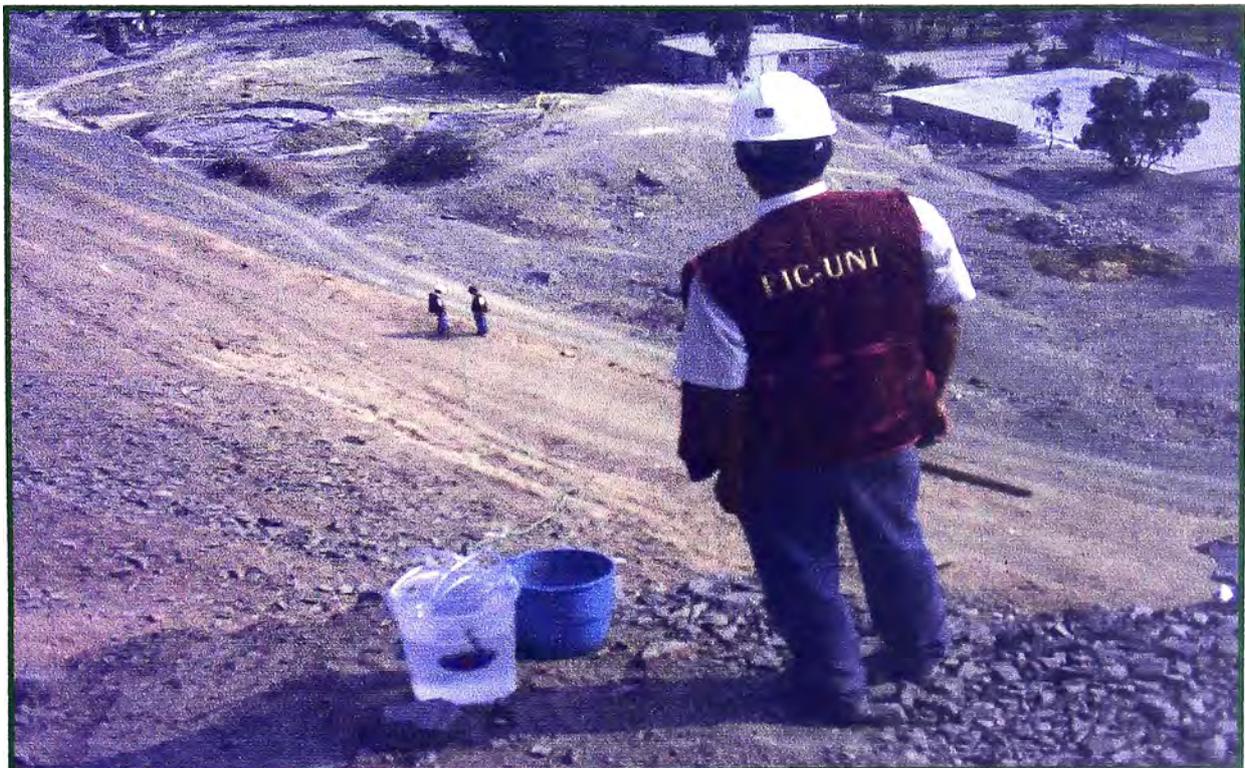
Fotografía N° 02: Trabajos preliminares de trazo y replanteo.



Fotografía N° 03: Muestreando el material, para su respectivos ensayos de suelos.



Fotografía N° 04: Ejecutando pruebas experimentales en el sistema de riego, prueba de presión de agua y uso de aspersores.



Fotografía N° 05: Sector trazado, una vez concluido la limpieza y perfilado y ejecutado la zanja de anclaje para los mantos.



Fotografía N° 06: Colocando los mantos, la tierra de chacra y las semillas.



Fotografía N° 07: Distribución de los tres mantos de prueba, en nuestro sector donde se planteo el control de erosión de taludes con geosintéticos.



Fotografía N° 08: Imagen Satelital de la Ubicación del Proyecto: Universidad Nacional de Ingeniería.



ANEXO N° 02:
DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL
CULTIVO

DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO

La demanda hídrica o uso consuntivo del cultivo se expresa mediante la tasa de evapotranspiración Et_c en mm/día ó mm/mes, la cual depende de los factores del clima que influyen en la evaporación (temperatura, viento, humedad del aire e intensidad de la radiación solar), de las características fisiológicas de la cobertura vegetal y de la disponibilidad hídrica del suelo para satisfacer la necesidad hídrica de la planta (transpiración y nutrición).

Debido a que la cantidad de agua que utiliza la planta para nutrirse representa sólo el 1% de la que transpira, los términos de uso consuntivo, y evapotranspiración se pueden tomar como sinónimos.

Considerando la información disponible, para el cálculo de la evapotranspiración se empleará el método de Hargreaves (1991). Este método establece que la evapotranspiración de un cultivo viene dada por la siguiente expresión:

$$Et_c = Et_0 \cdot K_c$$

Donde:

Et_0 = Evapotranspiración potencial (mm/día)

K_c = Coeficiente de cultivo de Hargreaves (adimensional)

El valor de K_c , proviene de tablas propuestas por Hargreaves y depende del tipo de cultivo y la edad del mismo.

A su vez, Hargreaves (1991), establece que la evapotranspiración potencial Et_0 , se calcula de la siguiente manera:

$$Et_0 = 0.0023 * Ra * (T_m + 17.8) * \sqrt{T_{max} - T_{min}}$$

Donde:

Ra = Radiación extraterrestre (mm/día)

T_m = Temperatura media diaria en el periodo considerado (°C)

T_{max} = Temperatura máxima media en el periodo considerado (°C)

T_{min} = Temperatura mínima media en el periodo considerado (°C)

El valor de Ra , es un valor tabulado, dependiente de la latitud de la zona en

estudio. En la tabla 2A, se muestran los valores de la radiación extraterrestre R_a , publicados por la FAO, para diferentes latitudes y según el mes en estudio. Debe tomarse en cuenta que los valores publicados por la FAO deben ser convertidos a mm/día para poder ser empleados. Para ello, se divide el valor mostrado en la tabla 2A, entre el valor $\lambda = 2.45$.

Nuestra zona en estudio está ubicada en las siguientes coordenadas:

Latitud = 12° 01' 06.75" Sur

Con el dato de la latitud se ingresa a la tabla 1A, y se obtiene que los valores de radiación extraterrestre R_a , varían según lo siguiente:

Gráfico 1A. Variación mensual de R_a para una latitud de 12° Sur

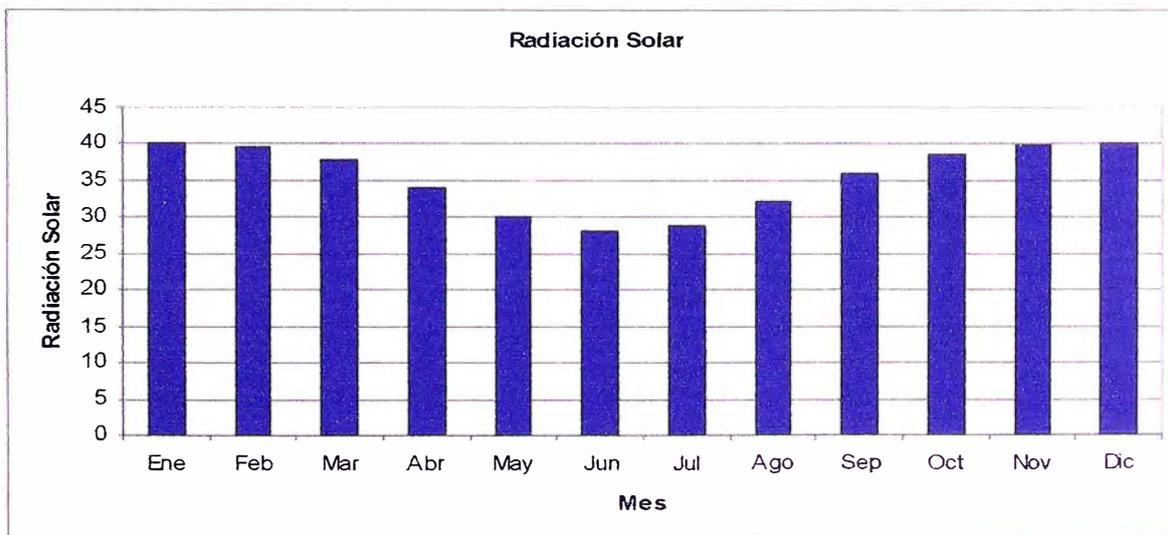


Tabla 2A. Radiación extraterrestre (Ra) para diferentes latitudes. Valores en MJ m⁻²/día

| Northern Hemisphere | | | | | | | | | | | | Lat. | Southern Hemisphere | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | July | Aug | Sep | Ocl | Nov | Dec | dep | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | July | Aug | Sep | Ocl | Nov | Dec |
| 0.0 | 2.6 | 10.4 | 23.0 | 35.2 | 42.5 | 39.4 | 28.0 | 14.9 | 4.9 | 0.1 | 0.0 | 70 | 41.4 | 28.6 | 15.8 | 4.9 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 10.7 | 23.5 | 37.3 | 45.3 |
| 0.1 | 3.7 | 11.7 | 23.9 | 35.3 | 42.0 | 38.9 | 28.8 | 16.1 | 6.0 | 0.7 | 0.0 | 68 | 41.0 | 29.3 | 16.9 | 6.0 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 3.2 | 11.9 | 24.4 | 37.4 | 44.7 |
| 0.6 | 4.8 | 12.9 | 24.8 | 35.6 | 41.4 | 38.8 | 29.3 | 17.3 | 7.2 | 1.5 | 0.1 | 66 | 40.9 | 30.0 | 18.1 | 7.2 | 1.5 | 0.1 | 0.5 | 4.2 | 13.1 | 25.4 | 37.6 | 44.1 |
| 1.4 | 5.9 | 14.1 | 25.8 | 35.9 | 41.2 | 38.8 | 30.0 | 18.4 | 8.5 | 2.4 | 0.8 | 64 | 41.0 | 30.8 | 19.3 | 8.4 | 2.4 | 0.6 | 1.2 | 5.3 | 14.4 | 26.3 | 38.0 | 43.9 |
| 2.3 | 7.1 | 15.4 | 26.6 | 36.3 | 41.2 | 39.0 | 30.6 | 19.5 | 9.7 | 3.4 | 1.3 | 62 | 41.2 | 31.5 | 20.4 | 9.6 | 3.4 | 1.2 | 2.0 | 6.4 | 15.5 | 27.2 | 38.3 | 43.9 |
| 3.3 | 8.3 | 16.6 | 27.5 | 36.6 | 41.2 | 39.2 | 31.3 | 20.6 | 10.9 | 4.4 | 2.2 | 60 | 41.5 | 32.3 | 21.5 | 10.8 | 4.4 | 2.0 | 2.9 | 7.6 | 16.7 | 28.1 | 38.7 | 43.9 |
| 4.3 | 9.6 | 17.7 | 28.4 | 37.0 | 41.3 | 39.4 | 32.0 | 21.7 | 12.1 | 5.5 | 3.1 | 58 | 41.7 | 33.0 | 22.6 | 12.0 | 5.5 | 2.9 | 3.9 | 8.7 | 17.9 | 28.9 | 39.1 | 44.0 |
| 5.4 | 10.8 | 18.9 | 29.2 | 37.4 | 41.4 | 39.6 | 32.6 | 22.7 | 13.3 | 6.7 | 4.2 | 56 | 42.0 | 33.7 | 23.6 | 13.2 | 6.6 | 3.9 | 4.9 | 9.9 | 19.0 | 29.8 | 39.5 | 44.1 |
| 6.5 | 12.0 | 20.0 | 30.0 | 37.8 | 41.5 | 39.8 | 33.2 | 23.7 | 14.5 | 7.8 | 5.2 | 54 | 42.2 | 34.3 | 24.6 | 14.4 | 7.7 | 4.9 | 6.0 | 11.1 | 20.1 | 30.6 | 39.9 | 44.3 |
| 7.7 | 13.2 | 21.1 | 30.8 | 38.2 | 41.6 | 40.1 | 33.8 | 24.7 | 15.7 | 9.0 | 6.4 | 52 | 42.5 | 35.0 | 25.6 | 15.6 | 8.8 | 6.0 | 7.1 | 12.2 | 21.2 | 31.4 | 40.2 | 44.4 |
| 8.9 | 14.4 | 22.2 | 31.5 | 38.5 | 41.7 | 40.2 | 34.4 | 25.7 | 16.9 | 10.2 | 7.5 | 50 | 42.7 | 35.6 | 26.6 | 16.7 | 10.0 | 7.1 | 8.2 | 13.4 | 22.2 | 32.1 | 40.6 | 44.5 |
| 10.1 | 15.7 | 23.3 | 32.2 | 38.8 | 41.8 | 40.4 | 34.9 | 26.6 | 18.1 | 11.4 | 8.7 | 48 | 42.9 | 36.2 | 27.5 | 17.9 | 11.1 | 8.2 | 9.3 | 14.6 | 23.3 | 32.8 | 40.9 | 44.5 |
| 11.3 | 16.9 | 24.3 | 32.9 | 39.1 | 41.9 | 40.6 | 35.4 | 27.5 | 19.2 | 12.6 | 9.9 | 46 | 43.0 | 36.7 | 28.4 | 19.0 | 12.3 | 9.3 | 10.4 | 15.7 | 24.3 | 33.5 | 41.1 | 44.6 |
| 12.5 | 18.0 | 25.3 | 33.5 | 39.3 | 41.9 | 40.7 | 35.9 | 28.4 | 20.3 | 13.9 | 11.1 | 44 | 43.2 | 37.2 | 29.3 | 20.1 | 13.5 | 10.5 | 11.6 | 16.8 | 25.2 | 34.1 | 41.4 | 44.6 |
| 13.8 | 19.2 | 26.3 | 34.1 | 39.5 | 41.9 | 40.8 | 36.3 | 29.2 | 21.4 | 15.1 | 12.4 | 42 | 43.3 | 37.7 | 30.1 | 21.2 | 14.6 | 11.6 | 12.8 | 18.0 | 26.2 | 34.7 | 41.6 | 44.6 |
| 15.0 | 20.4 | 27.2 | 34.7 | 39.7 | 41.9 | 40.8 | 36.7 | 30.0 | 22.5 | 16.3 | 13.6 | 40 | 43.4 | 38.1 | 30.9 | 22.3 | 15.8 | 12.8 | 13.9 | 19.1 | 27.1 | 35.3 | 41.8 | 44.6 |
| 16.2 | 21.5 | 28.1 | 35.2 | 39.9 | 41.8 | 40.8 | 37.0 | 30.7 | 23.6 | 17.5 | 14.8 | 38 | 43.4 | 38.5 | 31.7 | 23.3 | 16.9 | 13.9 | 15.1 | 20.2 | 28.0 | 35.8 | 41.9 | 44.5 |
| 17.5 | 22.6 | 29.0 | 35.7 | 40.0 | 41.7 | 40.8 | 37.4 | 31.5 | 24.6 | 18.7 | 16.1 | 36 | 43.4 | 38.9 | 32.4 | 24.3 | 18.1 | 15.1 | 16.2 | 21.2 | 28.8 | 36.3 | 42.0 | 44.4 |
| 18.7 | 23.7 | 29.9 | 36.1 | 40.0 | 41.6 | 40.8 | 37.6 | 32.1 | 25.6 | 19.9 | 17.3 | 34 | 43.4 | 39.2 | 33.0 | 25.3 | 19.2 | 16.2 | 17.4 | 22.3 | 29.6 | 36.7 | 42.0 | 44.3 |
| 19.9 | 24.8 | 30.7 | 36.5 | 40.0 | 41.4 | 40.7 | 37.9 | 32.8 | 26.6 | 21.1 | 18.5 | 32 | 43.3 | 39.4 | 33.7 | 26.3 | 20.3 | 17.4 | 18.5 | 23.3 | 30.4 | 37.1 | 42.0 | 44.1 |
| 21.1 | 25.8 | 31.4 | 36.8 | 40.0 | 41.2 | 40.6 | 38.0 | 33.4 | 27.6 | 22.2 | 19.8 | 30 | 43.1 | 39.6 | 34.3 | 27.2 | 21.4 | 18.5 | 19.6 | 24.3 | 31.1 | 37.5 | 42.0 | 43.9 |
| 22.3 | 26.8 | 32.2 | 37.1 | 40.0 | 40.9 | 40.4 | 38.2 | 33.9 | 28.5 | 23.3 | 21.0 | 28 | 43.0 | 39.8 | 34.8 | 28.1 | 22.5 | 19.7 | 20.7 | 25.3 | 31.8 | 37.8 | 41.9 | 43.6 |
| 23.4 | 27.8 | 32.8 | 37.4 | 39.9 | 40.6 | 40.2 | 38.3 | 34.5 | 29.3 | 24.5 | 22.2 | 26 | 42.8 | 39.9 | 35.3 | 29.0 | 23.5 | 20.8 | 21.8 | 26.3 | 32.5 | 38.0 | 41.8 | 43.3 |
| 24.6 | 28.8 | 33.5 | 37.6 | 39.7 | 40.3 | 39.9 | 38.3 | 34.9 | 30.2 | 25.5 | 23.3 | 24 | 42.5 | 40.0 | 35.8 | 29.8 | 24.6 | 21.9 | 22.9 | 27.2 | 33.1 | 38.3 | 41.7 | 43.0 |
| 25.7 | 29.7 | 34.1 | 37.8 | 39.5 | 40.0 | 39.6 | 38.4 | 35.4 | 31.0 | 26.6 | 24.5 | 22 | 42.2 | 40.1 | 36.2 | 30.6 | 25.8 | 23.0 | 24.0 | 28.1 | 33.7 | 38.4 | 41.4 | 42.6 |
| 26.8 | 30.6 | 34.7 | 37.9 | 39.3 | 39.5 | 39.3 | 38.3 | 35.8 | 31.8 | 27.7 | 25.6 | 20 | 41.9 | 40.0 | 36.6 | 31.3 | 26.6 | 24.1 | 25.0 | 28.9 | 34.2 | 38.6 | 41.2 | 42.1 |
| 27.9 | 31.5 | 35.2 | 38.0 | 39.0 | 39.1 | 38.9 | 38.2 | 36.1 | 32.5 | 28.7 | 26.8 | 18 | 41.5 | 40.0 | 37.0 | 32.1 | 27.5 | 25.1 | 26.0 | 29.8 | 34.7 | 38.7 | 40.9 | 41.7 |
| 28.9 | 32.3 | 35.7 | 38.1 | 38.7 | 38.6 | 38.5 | 38.1 | 36.4 | 33.2 | 29.6 | 27.9 | 16 | 41.1 | 39.9 | 37.2 | 32.8 | 28.5 | 26.2 | 27.0 | 30.6 | 35.2 | 38.7 | 40.6 | 41.2 |
| 29.9 | 33.1 | 36.1 | 38.1 | 38.4 | 38.1 | 38.1 | 38.0 | 36.7 | 33.9 | 30.6 | 28.9 | 14 | 40.6 | 39.7 | 37.5 | 33.4 | 29.4 | 27.2 | 27.9 | 31.3 | 35.6 | 38.7 | 40.2 | 40.6 |
| 30.9 | 33.8 | 36.5 | 38.0 | 38.0 | 37.6 | 37.6 | 37.8 | 36.9 | 34.5 | 31.5 | 30.0 | 12 | 40.1 | 39.6 | 37.7 | 34.0 | 30.2 | 28.1 | 28.9 | 32.1 | 36.0 | 38.6 | 39.8 | 40.0 |
| 31.9 | 34.5 | 36.9 | 37.9 | 37.6 | 37.0 | 37.1 | 37.5 | 37.1 | 35.1 | 32.4 | 31.0 | 10 | 39.5 | 39.3 | 37.8 | 34.6 | 31.1 | 29.1 | 29.8 | 32.8 | 36.3 | 38.5 | 39.3 | 39.4 |
| 32.8 | 35.2 | 37.2 | 37.8 | 37.1 | 36.3 | 36.5 | 37.2 | 37.2 | 35.6 | 33.3 | 32.0 | 8 | 38.9 | 39.0 | 37.9 | 35.1 | 31.9 | 30.0 | 30.7 | 33.4 | 36.6 | 38.4 | 38.8 | 38.7 |
| 33.7 | 35.8 | 37.4 | 37.6 | 36.6 | 35.7 | 35.9 | 36.9 | 37.3 | 36.1 | 34.1 | 32.9 | 6 | 38.3 | 38.7 | 38.0 | 35.6 | 32.7 | 30.9 | 31.5 | 34.0 | 36.8 | 38.2 | 38.2 | 38.0 |
| 34.6 | 36.4 | 37.6 | 37.4 | 36.0 | 35.0 | 35.3 | 36.5 | 37.3 | 36.6 | 34.9 | 33.9 | 4 | 37.6 | 38.3 | 38.0 | 36.0 | 33.4 | 31.8 | 32.3 | 34.6 | 37.0 | 38.0 | 37.6 | 37.2 |
| 35.4 | 37.0 | 37.8 | 37.1 | 35.4 | 34.2 | 34.6 | 36.1 | 37.3 | 37.0 | 35.6 | 34.8 | 2 | 36.9 | 37.9 | 38.0 | 36.4 | 34.1 | 32.6 | 33.1 | 35.2 | 37.1 | 37.7 | 37.0 | 36.4 |
| 36.2 | 37.5 | 37.9 | 36.8 | 34.8 | 33.4 | 33.9 | 35.7 | 37.2 | 37.4 | 36.3 | 35.6 | 0 | 36.2 | 37.5 | 37.9 | 36.8 | 34.8 | 33.4 | 33.9 | 35.7 | 37.2 | 37.4 | 36.3 | 35.6 |

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0j.htm#annex>

Para el presente estudio, el cálculo de la evapotranspiración se analizará desde una perspectiva conservadora y se tomará como valor de Ra, el máximo valor del registro anual, el cual corresponde al mes de enero. Según esto tenemos que:

$$Ra = 40 \text{ MJ m}^{-2}/\text{día}$$

Dividiendo este valor entre $\lambda = 2.45$, se realiza la conversión de Ra en mm/día.

Según esto se tiene:

$$Ra = 16.32 \text{ mm/día}$$

El siguiente paso consiste en determinar las temperaturas promedio, máxima y

mínima del área en estudio. La tabla 2B, se muestra las temperaturas promedio de los valles costeros del Perú.

Tabla 2B. Temperaturas promedio en los valles costeros del Perú

| ZONA | TEMPERATURAS PROMEDIOS °C | | | |
|-----------|---------------------------|------|------|------|
| | MAX | MES | MIN | MES |
| * HUACHO | 30.6 | Mar. | 13.5 | Ago. |
| * HUARAL | 29.2 | Feb. | 13.8 | Jul. |
| * CAÑETE | 28.0 | Feb. | 13.2 | Jul. |
| * CHINCHA | 28.6 | Feb. | 13.9 | Jul. |
| * PISCO | 34.0 | Feb. | 13.1 | Ago. |
| * ICA | 32.0 | Feb. | 12.0 | Jul. |
| * NAZCA | 30.6 | Feb. | 12.6 | Jul. |

Fuente: Cropwart, FAO, 1995

Considerando la disponibilidad de información, se plantea emplear los datos de temperatura del valle de Huaral por ser el más cercano al área de estudio. Con los datos mostrados del valle de Huaral en la tabla 2B, y el valor de Ra en mm/día, se procede a reemplazar en la expresión de la evapotranspiración potencial ETo:

$$Et_0 = 0.0023 * (16.32) * (21.5 + 17.8) * \sqrt{29.2 - 13.8}$$

Operando, se obtiene el valor de la evapotranspiración potencial Et_0 :

$$Et_0 = 5.79 \text{ mm/día}$$

Para el cálculo final de la evapotranspiración del cultivo, se requiere del valor de K_c . Los especialistas en Ing. Agronómica, recomiendan para la gramínea *Brachiaria Brizantha* un valor de K_c igual a 0.60. Con este dato se calcula la evapotranspiración del cultivo:

$$Et_c = (5.79) (0.60)$$

Operando se obtiene el valor de la evapotranspiración del cultivo:

$$Et_c = 3.47 \text{ mm/día}$$

Finalmente, dependiendo del sistema de riego a emplear, el valor mostrado debe ser dividido entre la eficiencia del sistema a emplear. Si se considera un sistema de riego por aspersión para el suministro de agua, la eficiencia del riego en el mismo es del orden del 85%. De acuerdo con esto, el valor de la lámina de agua a aplicar sería de:

$$L = (3.47) / (0.85)$$

Operando se obtiene el valor de la lámina de agua requerida para el cultivo:

$$L = 4.00 \text{ mm/día}$$

ANEXO N° 03:
ESTIMACIÓN DE LA PERDIDA DE SUELOS

ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO

Estimación de la Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica (Pluvial) Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), según Wischmeier y Smith:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Donde:

- A:** pérdida de suelo (toneladas/acre/año).
- R:** erosividad de la lluvia (capacidad de erosionar), representa la sumatoria anual de la energía de la lluvia en cada tormenta multiplicado por su intensidad máxima en 30 minutos (histograma).
- K:** erodabilidad del suelo (representa la susceptibilidad del suelo a ser erosionado. Teniendo en cuenta características físicas (%limo, %arena, % materia orgánica).
- L.S:** Integra el efecto de la longitud y pendiente.
- C:** Es el efecto del tipo de cobertura y manejo del suelo, en comparación con un suelo sin cobertura.
- P:** Prácticas de conservación, respecto a un suelo con labranza común.

a). ÍNDICE DE EROSIÓN PLUVIAL – R

Precipitación media anual (p): 13 mm (0.51 pulg)

Para determinar el valor (R), no se tienen datos pluviométricos de estaciones cercanas a la zona de estudio, por lo cual se usa el criterio de correlacionar con precipitaciones similares a las de los Estados Unidos. (Ing. Gustavo Fierro, ANDEX, Lima – Perú).

Figura 3A: Precipitación Anual - EE.UU. (Ministerio de agricultura 2006)

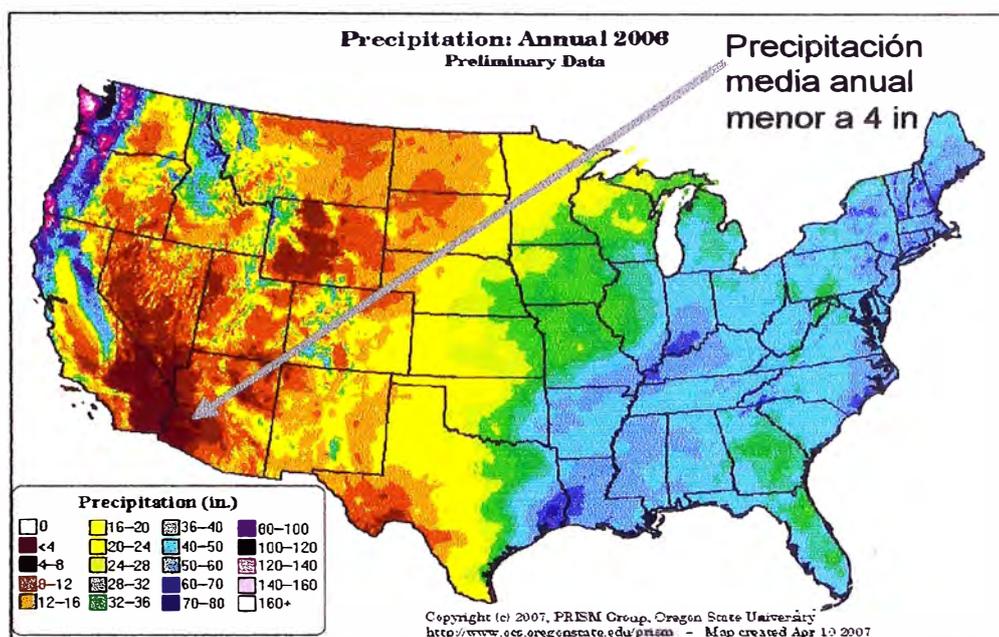


Figura 3B: Mapa de Isoerodentes , SEA, 1976



R considerado: 50 (foot-tons*pulg) / (acre*hr) / año

b). ÍNDICE DE EROSIONABILIDAD DEL SUELO – K

Del estudio de mecánica de suelos, de nuestro sector en estudio, se tiene:

- % limo + arena muy fina (<0.1mm) = 41.1 %
- % arena (0.1 mm – 0.2 mm) = 6.6 %

- Estructura del suelo = 2
- Permeabilidad = 4

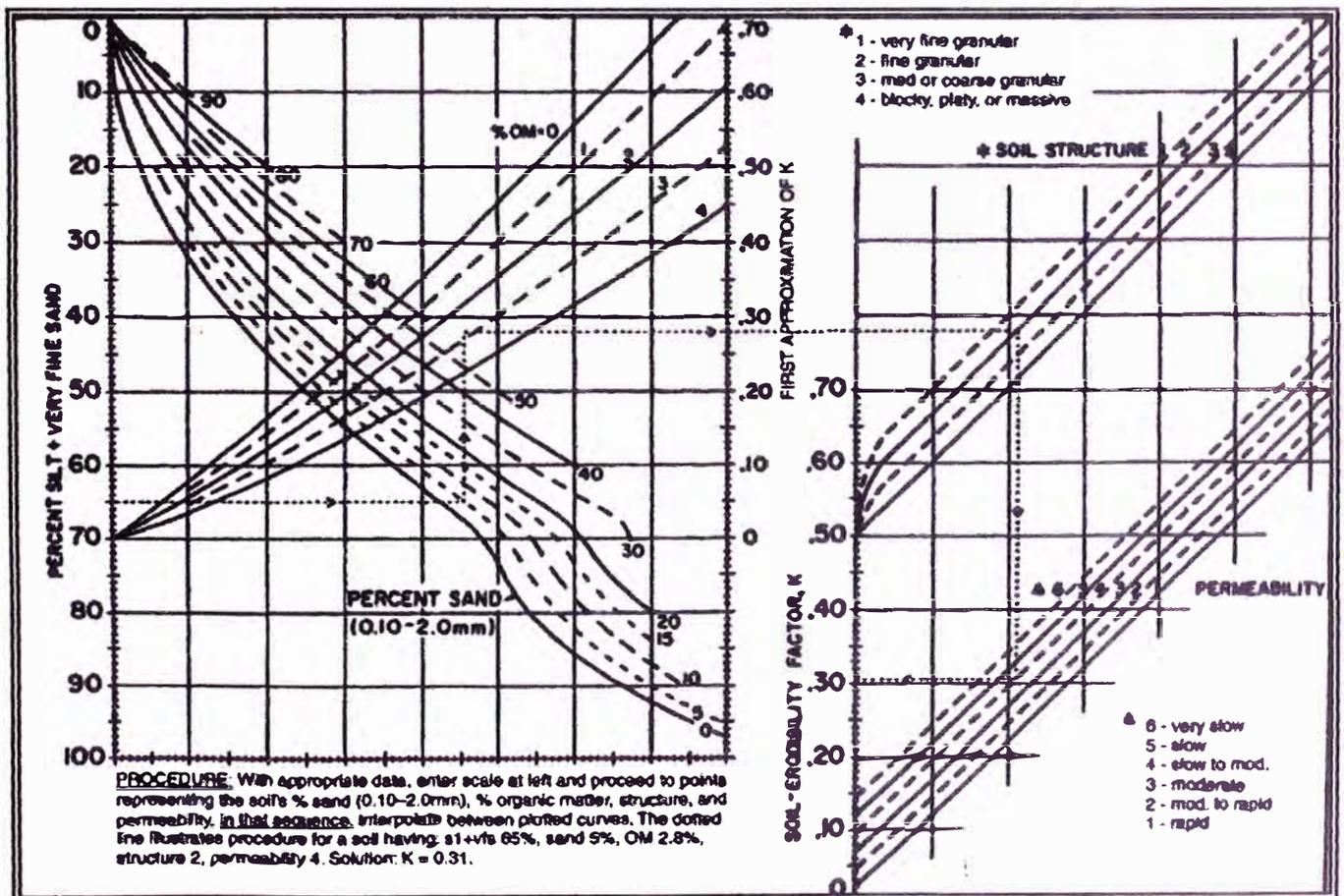
Del estudio de fertilidad del suelo, se tiene:

- Contenido de materia orgánica = 1.6 %

Con estos datos, ingresamos al nomograma propuesto por Wischmeier & Smith (1978), mostrado en gráfico 3A. y obtenemos lo siguiente:

$$K = 0.15 \quad \text{hora}/(\text{pies} \cdot \text{pulgada})$$

Gráfico 3A. Nomograma propuesto por Wischmeier & Smith (1978), para el cálculo del coeficiente de erodabilidad K



c). FACTORES TOPOGRÁFICOS L Y S

Calculamos el factor de topografía de la expresión USLE según W.H. Wischmeier, SEA, 1976:

$$LS = (\lambda/72.6)^m (65.41 \text{ sen}^2 \theta + 4.56 \text{ sen} \theta + 0.065)$$

Longitud horizontal de la pendiente (λ): 8.00 m.

Angulo de la pendiente (θ) 34.0 °

luego: β : 2.55

Factor dependiente de la gradiente (m) 0.72

entonces el factor $L.S$ =

12.07

$$\beta = (\text{sen } \theta / 0.0896) / [3 \times (\text{sen } \theta)^{0.8} + 0.56]$$

d). FACTOR COBERTURA VEGETAL DEL SUELO – C

Tabla publicada por Wischmeier (1978) que definen los valores de C para los tipos más comunes de cultivos, así como para las diferentes coberturas.

Tabla 3A: Valores de cobertura vegetal (C).

| Cultivo y practica | Medio anual del factor C |
|--|--------------------------|
| Suelo desnudo | 1.0 |
| Bosque o matorral denso (alto mulch) | 0.001 |
| Pradera herbácea en buenas condiciones | 0.01 |
| Pradera sobrepastoreada | 0.1 |
| Maiz, sorgo, alto rendto. laboreo convencional | 0.20 – 0.55 |
| Maiz, sorgo, alto rendto. sin laboreo convencional | 0.50 – 0.90 |
| Maiz, sorgo, bajo rendto. laboreo mínimo | 0.02 – 0.10 |
| Maiz, sorgo, alto rendto. laboreo con chisel | 0.12 – 0.20 |
| Maiz, sorgo, bajo rendto. laboreo con chisel | 0.30 – 0.45 |
| Algodón | 0.40 – 0.70 |
| Pradera herbácea | 0.01 – 0.025 |
| Soya | 0.20 – 0.50 |
| Trigo | 0.10 – 0.40 |
| Arroz | 0.10 – 0.20 |
| Cacahuete | 0.30 – 0.80 |
| Frutales con cobertura vegetal | 0.01 – 0.8 |
| Caña de azúcar | 0.56 |
| Arbolado denso | 0.001-0.003 |
| Arbolado forestal clareado | 0.003-0.009 |
| Arbolado muy clareado (25-60%) | 0.041 |
| Matorral con buena cobertura | 0.003-0.013 |
| Matorral raio y eriales | 0.20-0.013 |
| Cultivos anuales y herbáceos | 0.25 |
| Pasturas | 0.15 |
| Plantas herbáceas y matorjos (100%) | 0.003 |
| Plantas herbáceas y matorjos (60%) | 0.035 |
| Cubierta escasa (60%) | 0.15-0.09 |
| Cubierta inapreciable | 0.45 |

Factor cobertura vegetal del suelo desnudo sin tratamiento C: **C =0.027**

e). FACTOR DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN – P

El factor P varía según la pendiente y sus valores pueden obtenerse en la tabla:

Tabla 3B: Valores de practicas de conservación

| Pendiente % | Cultivo a nivel | Cultivo en fajas | Terrazas |
|-----------------|-----------------|------------------|----------|
| Factor P | | | |
| 1-2 | 0.60 | 0.30 | 0.12 |
| 3-8 | 0.50 | 0.25 | 0.10 |
| 9-12 | 0.60 | 0.30 | 0.12 |
| 13-16 | 0.70 | 0.35 | 0.14 |
| 17-20 | 0.80 | 0.40 | 0.16 |
| 21-25 | 0.90 | 0.45 | 0.18 |

Factor de prácticas de conservación del suelo natural P: **P = 1**

f). ESTIMACIÓN DE CONTROL DE EROSIÓN DE SEDIMENTOS (Método USLE)

Según esto, reemplazando valores en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, para estimar el valor de A o tasa de pérdida de suelo:

$$A = (50.00) (0.15) (12.07) (1.00) (1.00)$$

Operando, se obtiene:

$$A = 90.53 \text{ t/(acre*año)}$$

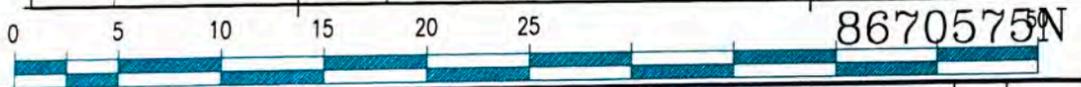
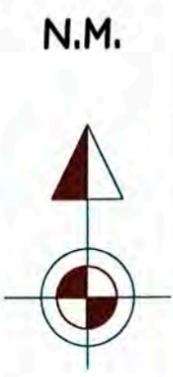
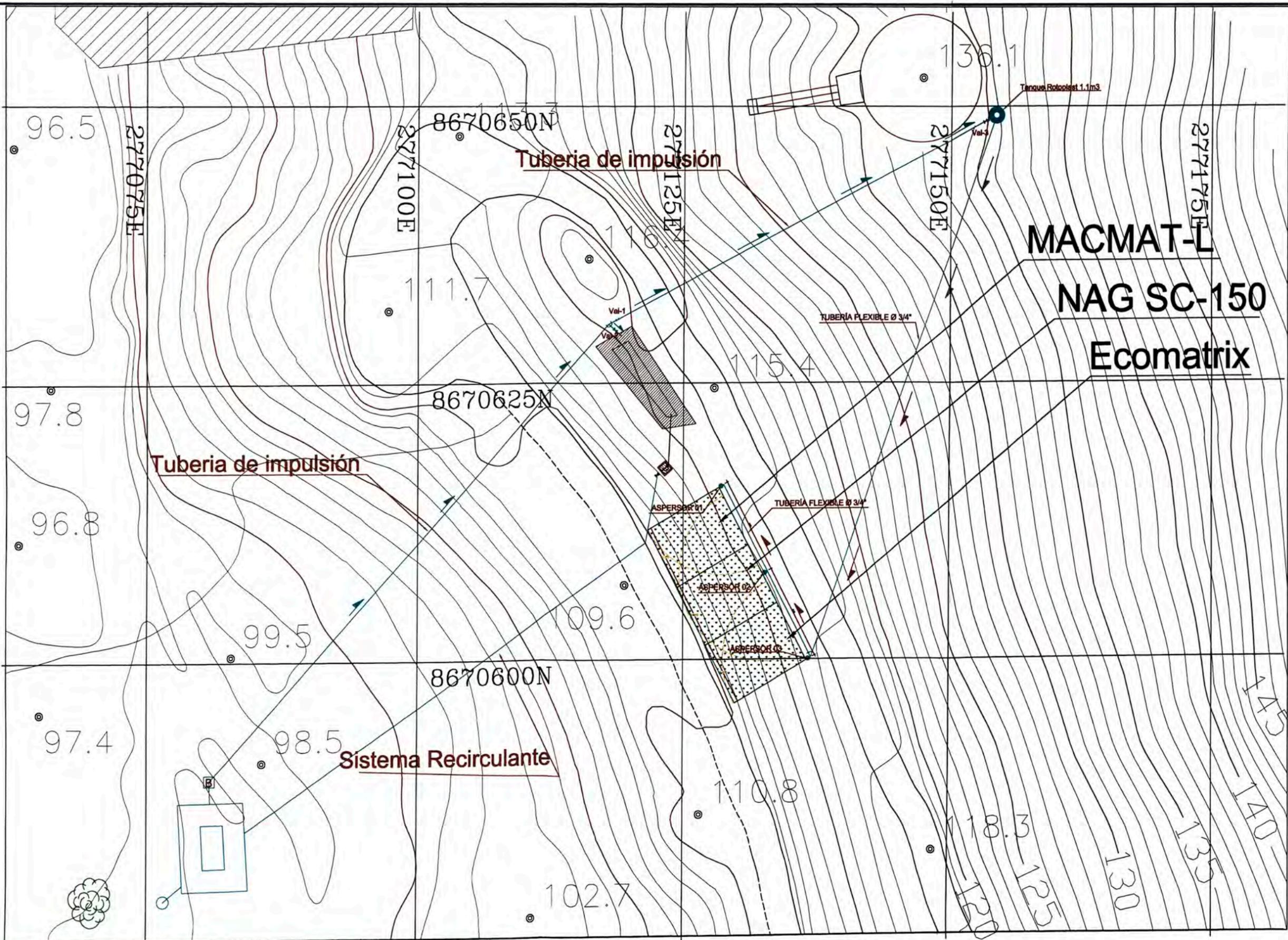
Haciendo la conversión al sistema internacional de unidades:

$$A = 40.38 \text{ t/(Ha*año)}$$

Considerando que el área en estudio, posee 0.021 Ha, se puede determinar la cantidad de suelo que se pierde anualmente, multiplicando la tasa de pérdida de suelo anual calculada (A) por el área de la parcela de nuestro interés, como se muestra a continuación

$$A' = (40.38) (0.021) = 0.848 \text{ t / año}$$

ANEXO N° 04:
PLANOS DEL PROYECTO



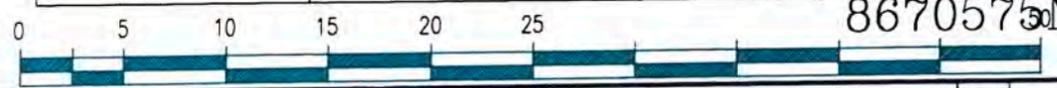
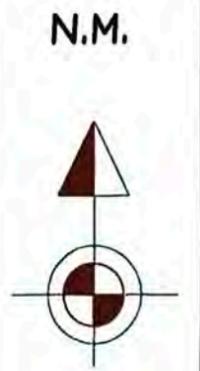
1. SISTEMA DE REFERENCIA MUNDIAL WGS 84
2. CUADRILLADO CADA 200 mts. ZONA 18 UTM
3. DATUM VERTICAL NIVEL MEDIO DEL MAR
4. DATUM HORIZONTAL WGS 84

| PLANO N° | REFERENCIAS | N° REV. | FECHA | REVISIONES | R.N. | R.C. | R.C. | ELECTR. | POR | REV. | APR. | DISCIPLINAS | FECHA | FIRMAS |
|----------|-------------|---------|----------|-------------------------------|------|------|------|---------|-----|------|------|-------------|-------|--------|
| | | 0 | 03/05/07 | EMITIDO PARA REVISION INTERNA | | | | | | | | | | |

| | |
|-------------|---------------------|
| PROCESO: | |
| P&D INSTR.: | |
| MECANICA : | |
| CIVIL : | R. CAMPARA 05/05/07 |
| ESTRUCT.: | |

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: CONTROL DE EROSION EN TALUDES CON GEOSINTETICOS
 PLANO: SISTEMA DE CONTROL DE EROSION PLAN DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
 ESCALA: 1:250 NOM.ARCHIVO: PLANO_PROY N° DE GRUPO.FIC 01

N° DE PLANO
L-02
AFE: REV.0



1. SISTEMA DE REFERENCIA MUNDIAL WGS 84
2. CUADRILLADO CADA 200 mts. ZONA 18 UTM
3. DATUM VERTICAL NIVEL MEDIO DEL MAR
4. DATUM HORIZONTAL WGS 84

| N° REV. | FECHA | REVISIONES | R.N. | R.C. | R.C. | PROCESO: | |
|---------|----------|-------------------------------|------|------|------|-------------|----------|
| | | | | | | DISCIPLINAS | FECHA |
| 0 | 03/05/07 | EMITIDO PARA REVISION INTERNA | | | | R. CAMPARA | 05/05/07 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: CONTROL DE EROSION EN TALUDES
CON GEOSINTETICOS

PLANO: PLANO DE TOPOGRAFIA
PLAN DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

ESCALA: 1:250 NOM.ARCHIVO: PLANO_TOP N° DE GRUPO.FC 01 AFE: 1001

NOTAS

PLANO N° REFERENCIAS