

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



**PROYECTO MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA
CARRETERA COCACHACRA – MATUCANA
DEL Km. 52+948.58 al Km. 56+000**

**“EMPLEO DE MANTAS DE CONTROL DE EROSION Y MALLA HEXAGONAL
CONTRA LA CAIDA DE ROCAS. TRAMO COCACHACRA – TORNAMESA”.**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Guillermo Hiroyasu Zambrano

LIMA – PERU

2006

***Dedicado:
A mis Padres por su comprensión y enseñanzas; mis maestros y aquellas personas que me brindaron tanto sin pedir nada a cambio.***

INDICE**TEMA: "EMPLEO DE MANTAS DE CONTROL DE EROSION Y MALLA HEXAGONAL CONTRA LA CAIDA DE ROCAS. TRAMO COCACHACRA – TORNAMESA".**

	<i>Pág.</i>
INDICE.....	1
RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
CAPITULO 1: ANTECEDENTES.....	6
1.1 Ubicación del Proyecto.....	6
1.2 Clima.....	7
1.3 Geología y Geomorfología.....	7
1.4 Estudio de tráfico.....	8
1.5 Estudio Geotécnico.....	17
1.6 Evaluación Socioeconómica del Proyecto.....	22
CAPITULO 2: ASPECTOS GENERALES DE PROBLEMAS EN TALUDES.....	37
2.1 Definiciones Empleadas.....	37
2.2 Movimientos de Masas.....	38
2.2.1 Desprendimientos.....	38
2.2.2 Vuelcos.....	39
2.2.3 Deslizamientos.....	40
2.3 Medidas de Mitigación en Taludes Rocosos.....	40
2.3.1 Retirada de material rocoso.....	41
2.3.2 Medidas de refuerzo de taludes.....	42
2.4 Medidas de Mitigación en Taludes en Suelos.....	45
2.4.1 Remodelado Geométrico de los Taludes.....	45
2.4.2 Descargas de Taludes.....	45
2.4.3 Muros.....	45
2.4.4 Drenajes.....	46
2.4.5 Refuerzos.....	46
CAPITULO 3: APLICACIÓN – ZONA DE DESARROLLO DEL PROYECTO.....	48
3.1 Problemas Encontrados en la Zona.....	49

3.1.1 Problema: (A) Caída de Rocas.....	49
3.1.2 Problema: (B) Erosión de Taludes.....	50
3.2 Inventario en la Zona.....	52
CAPÍTULO 4: ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN.....	56
4.1 Mantas para Control de Erosión.....	56
4.1.1 Biomantas.....	57
4.1.2 Geomantas.....	57
4.2 Malla Hexagonal.....	58
4.3 Productos en el Mercado.....	58
4.3.1 Biomanta "BIOMAC". Producto de Maccaferri.....	58
4.3.2 Geomanta "MACMAT" Producto de Maccaferri.....	63
4.3.3 Malla Hexagonal de Doble Torsión (Producto De Maccaferri).....	67
4.4 Ventajas y Desventajas.....	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
Conclusiones.....	76
Recomendaciones.....	77
Bibliografía.....	78
Anexos.....	79
A.1 Especificaciones de la malla contra caída de piedras de doble torsión (de 8x 10)	

RESUMEN.

En el presente informe el Capítulo 1 consiste en los antecedentes, los cuales están referidos brevemente al proyecto de mejoramiento y rehabilitación del tramo Cocachacra – Tomamesa. A continuación, en el Capítulo 2 procuramos refrescar algunas definiciones necesarias, para así empezar a enfocarnos en uno de los trabajos complementarios a la hora de efectuar carreteras, el cual consiste en alternativas para el control de erosión y caída de rocas en taludes; tema del cual trata el presente informe.

En el Capítulo 3 se muestran algunos posibles problemas potenciales en taludes de la zona. La intención de este capítulo es la de señalar los problemas presentes de los taludes para así tener idea de las necesidades y poder tomar las debidas medidas preventivas. Seguidamente, con el Capítulo 4 proponemos algunas medidas de mitigación de los problemas que ocurren en los taludes, lo cual es sugiriendo el uso de mantas de control de erosión y las mallas hexagonales contra la caída de rocas.

INTRODUCCION.

El desarrollo de obras lineales como en efecto son las carreteras, requieren generalmente de trabajos complementarios a lo largo de estas. Esto debido a que en nuestro medio, el desarrollo de este tipo de obras generan modificaciones en el medio natural; que en muchos casos podría dar origen a los problemas relacionados con la estabilidad de taludes.

Es por ello que en este informe sugerimos algunas medidas de prevención y control en la estabilidad de taludes. Procurando así, reducir los niveles de amenaza y riesgo ante posibles accidentes que traen como consecuencia la pérdida de vidas humanas y pérdidas económicas.

La zona de estudio es un tramo de la Carretera Central ubicado entre las localidades de Cocachacra y Tornamesa, el cual se desarrolla entre las Progresivas 52+948.58 al 56+000; Se propuso como alternativa un proyecto de mejoramiento que consistió en: efectuar parchados localizados, la mejora de los radios de curvatura de tal forma que cumplan con las especificaciones de las normas de diseño Geométrico (DG-2001), la colocación de plazoletas de parada, y finalmente la colocación de una nueva carpeta asfáltica para mejorar la serviciabilidad de la vía.

*Tratando de complementar el proyecto de mejoramiento de la vía, es que se eligió como tema para el presente informe de suficiencia: **“EMPLEO DE MANTAS DE CONTROL DE EROSION Y MALLA HEXAGONAL CONTRA LA CAIDA DE ROCAS. TRAMO COCACHACRA – TORNAMESA”**. Esto debido a que durante la evaluación de campo observamos algunos posibles problemas relacionados con la estabilidad de taludes que podrían afectar al normal funcionamiento de la vía. La intención de este informe, es el de proponer una alternativa para prevenir los problemas de la caída de rocas y proteger los taludes ante la erosión existente en dicho tramo de la carretera.*

Se sabe que los trabajos de retención y protección de taludes son considerados sólo como complementarios en el desarrollo de las obras lineales. Pero se debe recordar que estos tienen gran importancia, pues si estos trabajos no se efectúan adecuadamente la vía puede verse interrumpida y no cumplir con su propósito para el cual fue construida.

CAPITULO 1: ANTECEDENTES

El presente proyecto consiste en una alternativa de Mejoramiento de un sector de la Carretera Central, el cual se encuentra comprendido entre las localidades de Cocachacra y Tomamesa. Los principales trabajos a desarrollar en este proyecto de mejoramiento son: El parchado Localizado de la carpeta asfáltica en zonas de falla, el parchado sectorizado para zonas donde encontramos una cantidad excesiva de fallas para áreas mayores, colocación de plazoletas de parada en zonas donde la topografía sea favorable y la colocación de carpeta asfáltica nueva a lo largo de todo el tramo, el cual se efectuará sobre el parchado localizado, sectorizado, en las plazoletas de parada y en zonas donde se habilite una base granular nueva.

En el proyecto se tiene como finalidad mejorar la capacidad de tránsito, mejorar las condiciones de la vía y disminuir la cantidad de accidentes, es por ello que en el trazo inicial de la vía se cambiaron los radios de curvatura de tal forma que éstos cumplan con aquellos definidos en las normas.

El nuevo trazo esta en armonía con el tipo de terreno que es accidentado, donde la carretera está confinada entre los taludes rocosos de gran altura y el río por lo que el trazo se hace siguiendo un curso semejante al del río bordeando los Cerros.

1.1 Ubicación del Proyecto

El tramo de la carretera en estudio, se encuentra comprendido entre la localidad de Cocachacra (Km 52+948.58) y las proximidades a la localidad de Tomamesa (Km 56+000), en el valle del río Rímac.

Entre el Km 53+000 al Km 56+500 la carretera se extiende a través de un corte que se hizo en un depósito coluvio-aluvial, el mismo que posee una inclinación fuerte que varía entre 50° y 70°, a veces a ambos lados. La altura del corte alcanza hasta 20 m.

1.2 Clima

Por la ubicación geográfica, el tramo estudiado está entre los 1,401 y 1,522 msnm, el clima es cálido, aunque ligeramente húmedo y con escasas lluvias en verano, recorriendo un valle estrecho con poca vegetación.

La humedad relativa se caracteriza por tener un promedio mayor en el verano (87%), siendo la precipitación media anual en Matucana de 285 mm., anual.

1.3 Geología y Geomorfología

En el tramo (Km. 52+948.58 al Km 56+000) las rocas pertenecen al Cuaternario Reciente (Q-al). Asimismo, las rocas intrusivas encontradas pertenecen al Jurásico Superior y están constituidas principalmente por Andesitas de la Formación Arahuay (J-ar).

La geomorfología del tramo está íntimamente relacionada con los eventos que determinan los rasgos geomorfológicos de todo el valle, los mismos que han dado lugar a la formación de las quebradas y altas cumbres.

La geomorfología se caracteriza por estar conformada de terrazas fluvio-aluviales y pendientes abruptas de rocas intrusivas. El río, presenta sectores sinuosos y los taludes están disectados por algunas pocas quebradas.

Como resumen del mapeo geológico, se puede mencionar:

Kilometraje: 53+000 al 56+000

Lado de la carretera: Derecha.

Litología: Bloques, gravas, arena, limo.

Inclinación en Taludes: 50°-70° (fuerte)

Fracturamiento: Presencia moderada

Condición: Estable - compactado

Unidad estratigráfica: Depósitos coluvio-aluviales (Q-col), Formación Arahuay (J-ar)

Intensidad sísmica: XI

1.4 Estudio de Tráfico

Área de Influencia de la Carretera

El área de influencia de la carretera comprende los departamentos de Lima, Junín, Huancavelica, Huanuco, Pasco y Ucayali.

Las ciudades y centros poblados incluidos en los departamentos que conforman la zona de influencia son los siguientes:

HUANUCO: Huanuco, Tingo María

PASCO: Cerro de Pasco, Oxapampa

LIMA Y CALLAO: Casapalca, Cocrachacra, Corcona, Chosica, Lima, Ticlio Matucana, San Bartolomé, San Mateo, Río Blanco y Surco

UCAYALI: Pucallpa

JUNIN: Concepción, Chanchamayo, Huancayo, Jauja, Junín, La Oroya, Morococha, Satipo y Tarma.

HUANCAVELICA: Huancavelica, Pampas.

Factores de corrección estacional

SERIES HISTORICAS DE FACTORES DE CORRECCION ESTACIONAL UNIDAD DE PEAJE DE CORCONA

AÑO		VEHICULOS LIGEROS	VEHICULOS PESADOS						TOTAL
			2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes	7 ejes	
2003	IMD MAYO	1175	982	514	143	218	248	0.23	2106
	IMDA	1202	928	494	129	218	283	0.34	2053
	FCE MAYO	1.023	0.945	0.961	0.899	0.999	1.144	1.505	0.975
2004	IMD MAYO	1324	865	474	121	205	323	0.42	1988
	IMDA	1260	815	476	121	222	344	0.40	1978
	FCE MAYO	0.952	0.94	1.01	1.00	1.08	1.06	0.95	0.995
2005	IMD MAYO	1233	723	474	141	228	375	0.23	1941
	IMDA	1246	763	474	132	230	379	0.33	1977
	FCE MAYO	1.010	1.06	1.00	0.94	1.01	1.01	1.46	1.019

Cuadro N° 1.1 – Factores de corrección estacional.

VOLUMEN VEHICULAR, DIRECCION, TIPO DE VEHICULO, EN VALORES ABSOLUTOS Y RELATIVOS

CARRETERA COCACHACRA - MATUCANA

DIA	DIRECCION	VEH. LIGEROS				OMNIBUS		CAMIONES				CAMIONES SEMIACOPLADOS				CAMIONES ACOPLADOS				TOTAL	%
		AUTOS	PICKUP	CR	MICROS	2 EJES	3 EJES	EJES C	EJES G	3 EJES	4 EJES	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
JUEVES	COCACHACRA-TORNAMESA	314	185	73	71	130	66	242	182	194	20	12	72	24	136	1	0	12	9	1738	50
	TORNAMESA-COCACHACRA	288	182	85	70	125	61	167	201	204	22	40	77	52	136	3	1	12	15	1746	50
	AMBAS	608	366	142	141	266	124	425	383	398	42	52	149	76	272	4	1	24	24	3484	100
VIERNES	COCACHACRA-TORNAMESA	388	206	75	74	121	67	184	14	14	11	11	66	38	157	4	0	17	11	1611	46
	TORNAMESA-COCACHACRA	367	184	74	77	132	63	275	201	201	11	37	59	52	119	2	0	22	17	1960	54
	AMBAS	742	366	149	151	253	130	495	215	215		46	127	91	276	6	0	39	28	3471	100
SABADO	COCACHACRA-TORNAMESA	387	170	61	88	143	75	222	184	184	29	14	78	27	124	2	0	10	9	1332	49
	TORNAMESA-COCACHACRA	436	161	85	67	144	75	234	273	193	13	24	66	39	124	1	1	8	16	2007	52
	AMBAS	803	351	166	180	297	150	456	467	377	47	35	148	66	248	3	1	16	25	3339	100
DOMINGO	COCACHACRA-TORNAMESA	504	155	86	75	131	66	165	103	134	17	16	49	16	104	1	0	9	16	1652	52
	TORNAMESA-COCACHACRA	460	131	76	71	122	67	175	142	119	5	21	45	30	73	2	0	9	14	1554	46
	AMBAS	854	237	163	146	253	130	344	245	253	22	36	94	46	177	3	0	16	30	3206	100
IMD	COCACHACRA-TORNAMESA	382	180	76	75	131	66	220	183	156	20	13	66	26	133	2	0	12	10	1721	49
	TORNAMESA-COCACHACRA	343	175	73	74	126	64	205	200	180	17	35	69	47	123	2	1	12	15	1772	51
	AMBAS	704	366	149	149	256	125	425	383	343	37	46	138	73	256	4	1	24	25	3498	100
IMDA	COCACHACRA-TORNAMESA	366	182	77	76	133	67	225	172	161	20	13	161	26	135	2	0	12	10	1747	49
	TORNAMESA-COCACHACRA	346	177	74	74	131	66	205	203	166	16	35	193	48	125	2	1	13	16	1800	51
	AMBAS	711	356	151	150	264	132	433	375	356	36	48	358	74	260	4	1	25	26	3547	100
%	AMBAS	20%	10%	4%	4%	7%	4%	12%	11%	10%	1%	1%	4%	2%	7%	0%	0%	1%	1%	100%	

FUENTE: CESEL

Cuadro No 1.2 – Volúmenes de tráfico por día, dirección de circulación, tipo de vehículo y el I.M.D.A.

TEMA: "EMPLEO DE MANTAS DE CONTROL DE EROSION Y MALLA HEXAGONAL CONTRA LA CAIDA DE ROCAS. TRAMO COCACHACRA - TORNAMESA".
AUTOR: BACHILLER EN INGENIERIA GUILLERMO HIROYASU ZAMBRANO

Tasas de Crecimiento

Para calcular la tasa de crecimiento del PBI en la zona de influencia de la carretera se ha ponderado las tasas de crecimiento departamental en función a su participación en la generación de viajes de vehículos de carga basándose en las matrices de origen y destino de este tipo de vehículos. La generación de viajes corresponde a los departamentos que forman parte del área de influencia. Las tasas de crecimiento calculadas para estos períodos son las siguientes:

<i>Período</i>	<i>Tasa de crecimiento</i>
<i>1976 - 1987</i>	<i>1.0%</i>
<i>1990 - 1996</i>	<i>5.7%</i>
<i>Tasa Promedio</i>	<i>3.4%</i>

Como puede apreciarse que las tasas de crecimiento del PBI son mayores en el período 1990-96 que en el período 1976-87, por lo que se ha definido dos períodos de crecimiento. En el primer período, que comprende desde el año base hasta el año 10 de operación de la carretera, se ha adoptado una tasa de crecimiento de 5.7% igual a la del período 1990-96 y que esta de acuerdo a las metas del gobierno, para una economía con un crecimiento sostenido. Para el segundo período que comprende del año 11 al año 20 de operación, se ha adoptado la tasas de 3.4% de crecimiento del PBI. Por lo tanto, las tasas de crecimiento adoptadas para los fines de este estudio son las siguientes:

<i>Período 2006-2016</i>	<i>5.7%</i>
<i>Período 2017-2026</i>	<i>3.4%</i>

Cálculo de tráfico total proyectado.**Tráfico Normal Proyectado**

El tráfico futuro se calculará con la siguiente fórmula:

$$T_n = T_o (1+r)^n$$

Donde:

T_n = Tráfico en el año n

T_o = Tráfico actual o en el año base

r = Tasa de crecimiento

n = Año para el cual se calcula el volumen de tráfico

Las tasas de crecimiento anual del volumen de tráfico se han calculado utilizando las siguientes fórmulas:

Para vehículos ligeros y ómnibus:

$$r_{VP} = (1 + r_{PBIh} * E_{vp}) (1+r_h) - 1$$

Donde:

r_{VP} = Tasa de crecimiento anual de tráfico de vehículos de pasajeros

r_{PBIh} = Tasa de crecimiento anual del PBI per cápita

r_h = Tasa de crecimiento anual de la población

E_{VP} = Elasticidad de la demanda de tráfico de vehículos de pasajeros con relación al PBI per cápita.

Para el caso de vehículos de carga:

$$r_{VC} = r_{PBI} * E_{VC}$$

Donde:

r_{VC} = Tasa de crecimiento anual de tráfico de vehículos de carga

r_{PBI} = Tasa de crecimiento anual del PBI

E_{VC} = Elasticidad de la demanda de tráfico de vehículos de carga con relación al PBI per cápita.

Aplicando las fórmulas se ha determinado las siguientes tasas de crecimiento promedio anual.

PERIODOS	VEHÍCULOS LIGEROS	ÓMNIBUS	CAMIONES
2006-2016	5.8%	5.1%	6.1%
2017-2026	3.6%	3.1%	3.9%

Cuadro Nº 1.3 – Tasas de crecimiento del tráfico.

Tráfico Inducido o Generado

Este tipo de tráfico es el que se presentará como consecuencia del mejoramiento en la superficie de rodadura y la construcción de banquetas de parada. Se le denomina inducido porque es un tráfico que no existiría si no se efectúa las mejoras de la carretera.

Las mejoras a realizar en la carretera Cocachacra - Tomamesa, disminuirán los costos de operación de los vehículos, sin embargo no influyen en el volumen del tráfico existente.

Tráfico Derivado o Desviado

Es el tipo de tráfico que se genera cuando la carretera mejorada atrae flujo vehicular de otras vías. En el caso de la carretera en estudio, se presentará mientras no se materialice el proyecto de mejorar la carretera Lima- Canta – La Viuda – Unish.

Tráfico Total

En los cuadros Nº 1.4 y 1.5 se presentan las proyecciones con y sin proyecto Cocachacra - Tomamesa.

PROYECCIÓN DEL TRAFICO SIN PROYECTO

TRAFICO NORMAL

Cuadro N° 1.4 – Proyección del tráfico sin proyecto.

TIPO DE VEHÍCULO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Automóvil	711	752	796	842	891	943	998	1,055	1,117	1,182	1,231	1,324	1,372	1,421	1,472	1,525	1,580	1,631	1,696	1,757	1,820	1,888
Camioneta	359	380	402	425	450	476	504	533	564	597	632	689	693	718	744	771	799	828	858	889	921	954
Camioneta Rural	151	160	169	179	189	200	212	224	237	251	266	281	291	301	312	323	335	347	359	372	385	399
Microbus	150	159	168	178	188	199	211	223	238	250	265	280	290	300	311	322	334	346	358	371	384	398
Omnibus 2E	264	277	291	308	322	338	355	373	392	412	433	455	469	484	499	514	530	546	563	580	598	617
Omnibus 3E	132	139	146	153	161	169	178	187	197	207	218	229	238	243	251	259	267	275	284	293	306	311
Camion 2E	809	858	910	968	1,025	1,088	1,154	1,224	1,299	1,378	1,462	1,551	1,611	1,674	1,739	1,807	1,877	1,950	2,026	2,105	2,187	2,272
Camion 3E	355	377	400	424	450	477	506	537	570	605	642	681	708	736	765	795	826	858	891	926	962	1,000
Camion 4E	38	40	42	45	48	51	54	57	60	64	68	72	75	78	81	84	87	90	94	98	102	106
Semitrailer	522	554	588	624	662	702	745	790	838	889	943	1,001	1,040	1,081	1,123	1,167	1,213	1,260	1,309	1,380	1,413	1,468
Trailer	56	59	63	67	71	75	80	85	90	95	102	107	111	115	119	124	129	134	139	144	150	156
IMD	3,547	3,755	3,975	4,200	4,457	4,718	4,997	5,280	5,600	5,980	6,281	6,680	6,896	7,151	7,425	7,801	7,977	8,271	8,577	8,825	9,284	9,567

PROYECCIÓN DEL TRAFICO CON PROYECTO

TRAFICO NORMAL

TIPO DE VEHÍCULO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Automóvil	711	752	795	842	891	943	998	1,056	1,117	1,182	1,251	1,324	1,372	1,421	1,472	1,525	1,580	1,637	1,696	1,757	1,820	1,886
Camioneta	359	380	402	425	450	476	504	533	564	597	632	689	693	718	744	771	799	828	858	889	921	954
Camioneta Rural	151	160	169	179	189	200	212	224	237	251	265	281	291	301	312	323	335	347	359	372	385	399
Microbus	150	159	168	178	188	199	211	223	236	250	265	280	290	300	311	322	334	346	358	371	384	398
Omnibus 2E	264	277	291	306	322	338	355	373	392	412	433	455	469	484	499	514	530	546	563	580	598	617
Omnibus 3E	132	139	146	153	161	169	178	187	197	207	218	229	236	243	251	259	267	275	284	298	302	311
Camion 2E	809	858	910	968	1,025	1,088	1,154	1,224	1,299	1,378	1,462	1,551	1,611	1,674	1,739	1,807	1,877	1,950	2,026	2,105	2,187	2,272
Camion 3E	355	377	400	424	450	477	506	537	570	605	642	681	708	736	765	795	826	858	891	926	962	1,000
Camion 4E	38	40	42	45	48	51	54	57	60	64	68	72	75	78	81	84	87	90	94	98	102	105
Semitrailer	522	554	588	624	662	702	745	790	838	889	943	1,001	1,040	1,085	1,123	1,167	1,213	1,260	1,309	1,360	1,413	1,468
Trailer	56	59	63	67	71	75	80	85	90	95	101	107	111	115	119	124	129	134	139	144	150	156
IMD	3,547	3,755	3,974	4,209	4,457	4,718	4,997	5,289	5,600	5,930	6,280	6,670	6,896	7,155	7,416	7,891	7,977	8,271	8,577	8,900	9,224	9,586

TRAFICO GENERADO

TIPO DE VEHÍCULO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Automóvil	0	150	159	168	178	188	199	211	223	236	250	265	275	285	295	305	317	328	340	352	365	378
Camioneta	0	76	80	85	90	95	101	107	113	120	127	134	139	144	149	154	160	166	172	178	184	191
Camioneta Rural	0	32	34	36	38	40	42	44	47	50	53	56	58	60	62	64	66	68	70	73	76	79
Microbus	0	32	34	36	38	40	42	44	47	50	53	56	58	60	62	64	66	68	70	73	76	79
Omnibus 2E	0	55	58	61	64	67	70	74	78	82	86	90	93	96	99	102	105	108	111	114	118	122
Omnibus 3E	0	28	29	30	32	34	36	38	40	42	44	46	47	48	49	51	53	55	57	59	61	63
Camion 2E	0	172	182	193	205	218	231	245	260	276	293	311	323	336	349	363	377	392	407	423	439	456
Camion 3E	0	75	80	85	90	95	101	107	114	121	128	136	141	146	152	158	164	170	177	184	191	198
Camion 4E	0	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Semitrailer	0	111	118	125	133	145	150	159	169	179	190	202	210	218	227	236	245	255	265	275	286	297
Trailer	0	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
IMD	3,547	4,506	4,769	5,050	5,348	5,664	5,994	6,344	6,718	7,114	7,533	7,996	8,271	8,580	8,893	9,222	9,565	9,917	10,283	10,669	11,059	11,469

Cuadro Nº 1.5 – Proyección del tráfico con proyecto.

TEMA: "EMPLEO DE MANTAS DE CONTROL DE EROSION Y MALLA HEXAGONAL CONTRA LA CAIDA DE ROCAS. TRAMO COCACHACA - TORUMESA".
 AUTOR: BACHILLER EN INGENIERIA GUILLERMO HIROYASU ZAMBRANO

Ejes equivalentes a 8.2 toneladas acumulados.

Con los factores destructivos del pavimento corregidos por presión de inflado de llantas, el IMDA y las tasas de crecimiento del tráfico se ha calculado la cantidad acumulada de ejes equivalentes a 8.2 toneladas.

El cálculo se ha efectuado para dos períodos. El primer período comprende el año de puesta en marcha del proyecto (2007) hasta el año 10 de vida útil (2016). El segundo período abarca del año 11 (2017) al año 20 (2026)

Para el cálculo de los ejes acumulados equivalentes a 8.2 toneladas se ha usado la siguiente fórmula:

$$EALS = \sum (IMDA_i * FDP * FPLL) * (1+r)^n - 1 / r$$

Donde:

EALS: Cantidad acumulada de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 toneladas.

IMDA_i: Volumen promedio de tráfico para el tipo de vehículo i

*FD*FPLL: Factor destructivo corregido por presión de inflado de llantas para el tipo de vehículo i.*

r : Tasa de crecimiento

n : Período para el cual se está calculando los EALS.

Se observan diferencias entre los ejes equivalentes a 8.2 toneladas, acumulados en 10 y 20 años, según el sentido del tráfico. En la dirección Tomamesa - Cocachacra la cantidad de EAL es mayor por que los camiones de más de 3 ejes viajan cargados con minerales provenientes de La Oroya y Cerro de Pasco, madera y frutas de Chanchamayo y Pucallpa. En cambio muchos de estos camiones realizan el viaje de regreso, es decir en la dirección Cocachacra-Tomamesa, sin carga.

En el Cuadro N° 1.6 se presenta un resumen de los Ejes Equivalentes a 8.2 toneladas acumulados durante 10 años de vida útil del pavimento (año 2007 – 2016) y durante los 10 años siguientes (año 2017-2026).

EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS

TASAS DE CRECIMIENTO	Veh. Ligero	Bus	Camiones
	58%	51%	6.10%
	38%	31%	3.20%

DIRECCION COCACHACRA - TORNAMESA

VEHICULOS	IMDA - 2007	IMDA - 2016	IMDA - 2026	FD*FPLL	EAL - 2007	EAL - 2016	EAL - 2026
2 EJES	147	230	311	256	377	589	798
3 EJES	72	116	157	122	88	141	191
TOTALES	218	346	488		465	730	989
2 EJES	417	711	1510	346	193	329	393
3 EJES	182	310	495	133	243	413	307
4 EJES	20	38	56	197	40	75	111
ARTICULADOS	303	515	756	155	470	800	1172
TOTALES	922	1574	2766		946	1617	1983

PERIODO	EAL
2007-2016	8,563,780.00
2017-2023	19,039,324.00
2007-2023	21,608,134.00

DIRECCION TORNAMESA - COCACHACRA

VEHICULOS	IMDA - 2007	IMDA - 2016	IMDA - 2026	FD*FPLL	EAL - 2007	EAL - 2016	EAL - 2026
2 EJES	144	225	306	263	379	593	804
3 EJES	146	113	154	121	192	149	203
TOTALES	290	338	460		571	742	1007
2 EJES	493	840	1772	104	514	875	1846
3 EJES	418	371	545	211	460	783	1150
4 EJES	18	34	50	205	37	69	102
ARTICULADOS	348	593	593	383	1383	2269	3326
TOTALES	1277	1838	2960		2394	3996	6424

PERIODO	EAL
2007-2016	17,296,368.00
2017-2023	27,121,939.00
2007-2023	24,418,307.00

Cuadro Nº 1.6 -- Ejes equivalentes acumulados.

1.5 Estudio Geotécnico

Trabajos de Campo

Como parte de la evaluación geotécnica del suelo que compone la subrasante y el pavimento existente en el tramo en estudio, se realiza un programa de exploración de campo, excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en laboratorio.

Es preciso mencionar que para este Informe, los datos de campo se tomaron del Estudio de Rehabilitación de la Carretera Héroes de la Breña. Tramo 2: Cocachacra – Matucana, dicha información ha sido verificada con nuestros propios datos obtenidos en la salida de campo del 20, 21 y 22 de Enero del 2006. Los trabajos de campo realizados fueron los siguientes:

- *Reconocimiento del área y exploración del terreno natural existente mediante excavaciones manuales a cielo abierto o calicatas hasta una profundidad de 1.50m o hasta encontrar imposibilidad de un mayor avance debido a la presencia de la napa freática, la existencia de suelos cementados o mantos rocosos. Los trabajos de exploración de campo, para la rehabilitación mencionada, fueron realizados en los meses de Abril y Mayo del 2000. Estos trabajos consistieron en la excavación manual de 06 calicatas de 1.50 m de profundidad, ubicadas en las bermas al borde de la superficie de rodadura.*
- *Se identificaron los diferentes estratos en cada una de las excavaciones y se obtuvieron muestras disturbadas representativas que fueron llevadas al laboratorio para efectuar los ensayos de sus características físicas. Para los trabajos de rehabilitación, se obtuvieron un total de 13 muestras representativas disturbadas de las calicatas, los cuales sirvieron para los ensayos de clasificación y se extrajeron 05 muestras para la realización de ensayos CBR.*
- *En la rehabilitación ejecutada se determinó la densidad de campo de la subrasante.*

Ensayos de Laboratorio

Con las muestras de suelo que se obtienen de las excavaciones se realizan los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, estándar y de compactación, a fin de identificar el tipo de suelo y determinar sus propiedades de capacidad de soporte.

Los ensayos de laboratorio, para la verificación; fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI.

Los ensayos estándar realizados fueron:

- **Análisis Granulométrico por Tamizado - ASTM D-422**
- **Límite Líquido y Límite Plástico - ASTM D-4318**
- **Contenido de Humedad - ASTM D-2216**

Estos ensayos fueron necesarios para clasificar los suelos según el sistema SUCS (ASTM D-2487) y el sistema AASHTO.

Los ensayos de compactación, consistieron en:

- **Próctor Modificado - ASTM D-1557**
- **Relación de Soporte de California (C.B.R.) - ASTM D-1883**

Para la rehabilitación, se tomaron valores porcentuales de C.B.R. para 100% y 95% de la máxima densidad seca para cada material, determinándose además, de la misma curva densidad-CBR, el valor de soporte correspondiente a la densidad de campo.

Perfil Estratigráfico

Con la finalidad de preparar el perfil estratigráfico se realiza la medición de las capas constituyentes del pavimento existente y del suelo de subrasante, obteniéndose los resultados siguientes:

- **Carpeta Asfáltica**

De espesor variable a lo largo de toda la carretera, sin embargo en nuestro tramo de estudio tiene la siguiente característica:

<u>Km.</u>	al	<u>Km.</u>	<u>Espesor</u>
53+000		56+000	20 cm. (buen estado)

- **Base Granular**

De igual forma, su espesor es variable entre 15 y 40 cm. siendo su espesor en el tramo de estudio de 20 cm.

- **Subbase**

Esta capa estructural, sólo fue detectada en una calicata, ubicada en las proximidades del Km. 53+000 con un espesor de 25 cm., lo que para el análisis del pavimento se considera solamente la carpeta asfáltica y la base granular.

Los ensayos de laboratorio permiten clasificar correctamente los suelos existentes y, en el caso de la subrasante, determinar su condición de compactación y de capacidad de soporte.

En general los suelos que integran el pavimento y subrasante están formados por material granular, gravas limosas y arcillosas de baja plasticidad, encontrándose en zonas aisladas arenas con finos de baja plasticidad.

Evaluación de Resultados

Puede comentarse que la estructura de pavimento esta formada básicamente por carpeta y base, sin que se haya detectado la capa de sub-base en un espesor constante.

La carpeta asfáltica presenta espesores considerables, hasta de 20 cm, debido a los anteriores trabajos de rehabilitación que principalmente han consistido en la colocación de repapeos de 5 a 8 cm. de espesor.

Los suelos que forman la base granular están formados principalmente por gravas bien y mal graduadas con pocos finos limosos y arcillosos, apoyados sobre una sub-rasante formada igualmente por material granular de características similares al de base, pero con contenido de finos y plasticidad ligeramente mayor. El espesor de la capa de base 20 cm.

El grado de compactación de la sub-rasante es de 93 % en promedio por lo que se considera un poco baja.

El CBR determinado a la densidad del lugar es muy variable, de 22 a 49 %; sin embargo, estos valores se consideran representativos de una sub-rasante de buena calidad, proporcionando un soporte adecuado al pavimento.

Para los trabajos de rehabilitación mencionados, se tuvieron en cuenta las características de los suelos que integran la estructura de la vía, delimitándose por zonas, basándose para ello en el tipo de material existente y en el espesor de las capas del pavimento, debiéndose señalar que las propiedades de los suelos fueron muy similares, con contenido de finos y plasticidad bajos; sin embargo, debido a que el tramo en estudio presentaba zonas con daños severos, la zonificación se hizo teniendo en cuenta la relación de las fallas existentes, obteniendo lo siguiente:

Base granular:**Km. *al* Km.****53+000 54+000 *Predominando las gravas limo-arcillosas, (GM-GC)*****54+000 56+000 *Predominando las gravas limosas mal graduada, (GP-GM)*****Subrasante:****Km. *al* Km.****53+000 56+000 *Predominado las gravas limosas y arcillosas, bien y mal graduadas.***

La zonificación de acuerdo al espesor de las capas de pavimento está regida principalmente por la variación en el espesor de la carpeta y secciones predominantes.

1.6 Evaluación Socioeconómica del Proyecto

IDENTIFICACIÓN

Situación Actual

La Carretera Cocachacra – Tomamesa, tiene una longitud de 3+051.42 Km. de los cuales actualmente cuentan con una superficie de rodadura de asfalto, y presenta una transitabilidad buena, topografía llana y bermas de hasta 0.60 m asfaltadas.

Para realizar la evaluación se requiere saber cual es la situación actual de la vía, por lo que para realizar este análisis trabajaremos con el inventario vial realizado por CESEL el año 2000, las mismas que se describen a continuación:

Del Km. 53+000 – 54+750

Tiene un ancho de 7.20m, índice de rugosidad de 4.0, presenta daños superficiales del pavimento son: 13% de deformaciones, 64.4% fisuramientos y 43.1% de disgregaciones.

Del Km. 54+750 – 56+000

Tiene un ancho de 7.20m, índice de rugosidad de 8.9, los daños superficiales del pavimentos son: 0.4% de deformaciones y 56.2% de fisuramientos.

Características del Problema Existente

- *Los problemas más notorios están relacionados al tráfico vehicular, el transito de vehículos se realiza en forma lenta, incomoda e insegura, debido a las condiciones de la superficie, lo que origina deterioro de las unidades vehiculares que circulan por la vía.*
- *La lentitud en el transporte que circula, ocasiona una elevación en los precios, tanto del transporte público como del transporte de mercancía y productos, si tenemos en cuenta que su población mayormente realiza turismo.*

- *Presenta curvas horizontales que no cumplen con el radio mínimo de curvatura de acuerdo a las normas, así mismo no hay la suficiente distancia de visibilidad de parada en las curvas existentes.*
- *Por corresponder a una carretera de penetración a la sierra, afecta de igual forma el transporte de mercancías y pasajeros a los lugares del área de influencia. La falta de una vía adecuada retrasa y debilita el desarrollo de las actividades productivas y turísticas de esta importante zona, reflejándose en el bajo nivel de vida de la población.*

Causas y Efectos del Problema Central

Analizadas las características del problema podemos identificar las causas que dan orígenes al problema.

Causas

Dentro de las causas del Problema tenemos:

- *Mal estado de la Infraestructura Vial.*
- *Falta de mantenimiento de la vía.*
- *Deficiente distancia de visibilidad de parada en las curvas existentes.*
- *No presenta banquetas de parada.*

Efectos

Podemos apreciar claramente que los efectos que ocasionan el problema son los altos costos de transportes, perdidas económicas a las empresas, limitado acceso a servicios básicos y contaminación del medio ambiente, los mismos que se traducen en un menor flujo vehicular, generándose los siguientes efectos:

Efecto Directo

- *Incremento de tiempo de viaje de los usuarios.*
- *Congestión Vehicular frente a desperfectos de los vehículos en la carretera.*
- *Incremento de costos de mantenimiento del vehículo.*

Efectos Indirectos

- *Elevación de los costos de transporte.*
- *Menor flujo vehicular.*
- *Bajo nivel de comercialización de los productos alimenticios.*
- *Bajo nivel de actividad turística.*
- *Elevación de costos de los productos de primera necesidad.*
- *Bajo nivel de la actividad turística.*

Objetivo del Proyecto

El objetivo es un Adecuado nivel de transitabilidad en la carretera Central tramo: Cocachacra - Tomamesa, que tiene como usuarios a los pobladores de los Departamentos de Lima, Junín, Huanuco, Ucayali, y Pasco; brindándoles una infraestructura apropiada que garantice la circulación permanente del tráfico vehicular de transporte de mercancías y pasajeros, con el fin de mejorar los niveles socio económicos de nuestra área de influencia.

Alternativas de solución

Habiéndose identificado el problema, determinado el objetivo del proyecto y realizado un análisis de las posibles soluciones y/o alternativas al problema central planteado, considerando las limitaciones de algunas de ellas, se ha llegado a las siguientes alternativas:

Situación Sin Proyecto (Optimizado)

Alternativa Optimizada

- *Mantenimiento rutinario anual consistente en trabajos de limpieza de la capeta asfáltica, limpieza de drenes y alcantarillas, mantenimiento de señales y equipos.*
- *Mantenimiento Periódico está comprendido por los trabajos de bacheo de la superficie dañada, sello de 10mmm de espesor y refuerzo de 75 mm para mejorar el IRI, la cual servirá para restablecer la serviciabilidad de la vía.*

Situación con Proyecto**Alternativa 1**

- *Mejoramiento de la carretera a nivel de carpeta asfáltica en caliente a lo largo de los 3.05 Km., incluyendo señalización, el mejoramiento de las obras de drenaje y la construcción de muros de contención.*
- *Mejorado la carretera, se aplicará la política de mantenimiento, consistente en efectuar un mantenimiento rutinario durante los 20 años del horizonte del proyecto. Considera bacheo del 100% de la superficie dañada, cuando estos se produzcan; sello de 10 mm. de espesor cada cinco años y un refuerzo de 75 mm al décimo año.*

Alternativa 2

- *Mejorado la carretera, se aplicará la política de mantenimiento, consistente en efectuar un mantenimiento rutinario durante los 20 años del horizonte del proyecto. Considera bacheo del 100% de la superficie dañada, cuando estos se produzcan, sello de 10 mm de espesor cuando el área dañada llegue al 10% y un refuerzo de 75 mm cuando el IRI llegue a 4.5.*

Proyección de la demanda.

Para hacer la proyección de la demanda trabajaremos con los datos que nos proporcionó el estudio de tráfico las cuales se muestran a continuación:

TASAS DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO			
PERIODOS	VEHICULOS LIGEROS	ÓMNIBUS	CAMIONES
2006-2016	5.1%	4.2%	6.4%
2017-2026	4.1%	3.4%	5.2%

Cuadro N° 1.7 – Tasas de crecimiento de tráfico.

Para las proyecciones del tráfico se ha utilizado la siguiente función:

Fórmula : $P_f = P_0(1+T_c)^n$

Donde:

P_f = Tráfico final o tráfico a estimarse

P_0 = Tráfico inicial (año base 2002)

T_c = tasa de crecimiento por tipo de vehículo

N = Año a estimarse

Se ha considerado un incremento en el tráfico del 20%, para todo tipo de vehículo sólo para el primer año luego de realizada la inversión, (el siguiente año de construido el proyecto). A partir del segundo año después de realizada la inversión el crecimiento anual viene a ser igual que para el caso de la alternativa sin proyecto, se ha considerado que el mejoramiento de la superficie de rodadura tiene efectos generadores o creadores de tráfico que antes no existía en el área de influencia del proyecto.

Análisis de la Oferta

Oferta en la Situación Sin Proyecto

Para el presente análisis se ha tomado como oferta la carretera que actualmente se utiliza para llegar a los lugares del área de influencia.

Oferta en la Situación Con Proyecto

Con la ejecución del proyecto se logrará contar con una carretera con menor índice de rugosidad, con un espesor de asfalto de 150mm, con un número estructural de 4.2.

Balance Oferta-Demanda.

Las características técnicas del proyecto están de acuerdo con la demanda proyectada. La carretera proyectada se considera de tercer nivel y estará en condiciones de atender la demanda existente, ya que ha sido diseñada y proyectada teniendo en cuenta los volúmenes de tráfico que transitan por esta vía.

Costo del Proyecto

Identificación de los costos financieros por alternativas

- a) En la situación "Sin proyecto" optimizada, los costos están dados por el mantenimiento rutinario y periódico (necesario para conservar la transitabilidad permanente) y los correspondientes costos operativos vehiculares.*
- b) Los costos en la situación "Con proyecto", están dados por el monto de inversión en los estudios definitivos de ingeniería, en la ejecución de la obra, los costos de mantenimiento de las mismas y los costos operativos vehiculares.*

Costos en la situación "sin proyecto"

Esta dado por el Mantenimiento rutinario anual consistente en trabajos de limpieza de la capeta asfáltica, limpieza de drenes y alcantarillas, mantenimiento de señales y equipos.

Mantenimiento Periódico está comprendido por los trabajos de bacheo de la superficie dañada, sello de 10mmm de espesor y refuerzo de 75 mm para mejorar el IRI, la cual servirá para restablecer la serviciabilidad de la vía.

Alternativa Optimizada

Alternativa base de comparación. Constituye la alternativa "sin proyecto", mediante su comparación con las otras alternativas "con proyecto" se establece la rentabilidad del proyecto.

Consiste en no aplicar la política de construcción; pero, en cambio se lleva a cabo un mantenimiento rutinario anual que incluye drenaje, limpieza de vegetación en bermas, bacheos menores, mantenimiento de señales, tareas que

normalmente se ejecutan, las mismas que se encuentran detallados en los cuadros N° 1.8 y 1.9.

Costos Financieros de Mantenimiento

Concepto	Unidad	Total US\$	M. Obra Calificada	M. Obra No Calificada	Mat y Eq. Nacional	Mat y Eq. Importado
Bacheo	\$/m2	12.89	2.84	1.81	4.77	3.47
Sello	\$/m2	1.28	0.28	0.18	0.48	0.34
Refuerzo	\$/m2	4.40	0.97	0.61	1.63	1.20
M. Rutinario	\$/km-año	2508.06	551.77	351.13	927.99	677.17

Fuente:

CESEL

Elaboración: propia

Cuadro N° 1.8 – Costos Financieros de Mantenimiento

Costos Económicos de Mantenimiento

Concepto	Unidad	Total US\$	M. Obra Calificada	M. Obra No Calificada	Mat y Eq. Nacional	Mat y Eq. Importado
Bacheo	\$/m2	10.81	2.38	1.52	4.00	2.91
Sello	\$/m2	1.08	0.24	0.15	0.40	0.29
Refuerzo	\$/m2	3.69	0.81	0.51	1.36	1.01
M. Rutinario	\$/km-año	2103.90	462.85	294.55	778.45	568.05

Fuente:

CESEL

Elaboración: propia

Cuadro N° 1.9 – Costos Económicos de Mantenimiento

Costos en la Situación “Con Proyecto”.

Alternativa N ° 01

Rehabilitada la carretera, se aplicará la política de mantenimiento, consistente en efectuar un mantenimiento rutinario durante los 20 años del horizonte del proyecto. Considera bacheo del 100% de la superficie dañada, cuando estos se produzcan; sello de 10 mm. de espesor cada cinco años y un refuerzo de 75 mm al décimo año, el mantenimiento rutinario se realizará anual y el periódico cada 3 años.

Alternativa N° 02

Rehabilitada la carretera, se aplicará la política de mantenimiento, consistente en efectuar un mantenimiento rutinario durante los 20 años del horizonte del proyecto. Considera bacheo del 100% de la superficie dañada, cuando estos se produzcan, sello de 10 mm de espesor cuando el área dañada llegue al 10% y un refuerzo de 75mm cuando el IRI llegue a 4.5, considerando que el mantenimiento rutinario se realizará anual y el periódico cada 5 años.

El costo de inversión del proyecto a precios de mercado se detalla en el cuadro N° 1.10, asimismo los costos de mantenimiento son de acuerdo a los cuadros N° 1.8 y 1.9 para las alternativas 1 y 2.

**INVERSIÓN DEL PROYECTO PLANTEADO
PRECIOS DE MERCADO
TRAMO: COCACCHACRA - TORNAMESA**

I	COSTOS FIJOS(1)	S/. 2,872,511.44
A	COSTO DE LA INFRAESTRUCTURA	S/. 2,819,521.92
B	COSTOS AMBIENTALES	S/. 52,989.52
C	COSTO DE EXPROPIACIÓN	S/. 0.00
II	COSTOS INTANGIBLES(2)	S/. 181,952.97
A	SUPERVISIÓN (5% Costo Directo)	S/. 90,976.49
B	EXPEDIENTE TÉCNICO (5% Costo Directo)	S/. 90,976.49
III	CAPITAL DE TRABAJO (3)	S/. 292,425.21
A	Adelanto (20% Costo Directo)	S/. 370,745.11
B	Comisión del Banco	S/. 4,170.88
C	Garantía Bancaria	S/. 74,149.02
	TOTAL INVERSIÓN (1+2+3)	S/. 3,346,889.62

Elaboración: Propia

Cuadro N° 1.10 – Inversión del proyecto a precios de mercado.

Para realizar la evaluación económica del proyecto se realizará una ampliación de metas, la misma que se describe en el siguiente cuadro:

METAS A REALIZARSE

Ítem	Descripción	TRAMO (*)		TOTAL (**)	
		Unid.	Metrado	Unid.	Metrado
01.00.00	OBRAS PRELIMINARES	GLB	1.00	GLB	1.00
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS	M3	2995.61	M3	2995.61
03.00.00	PAVIMENTOS				
03.01.00	FRESADO	M2	15300.93	M2	91805.58
03.02.00	PARCHADO LOCALIZADO PROFUNDO	M2	468.00	M2	2808.00
03.03.00	PARCHADO SECTORIZADO SUPERFICIAL	M2	8074.80	M2	48448.80
03.04.00	CAPA DE RODADURA NUEVA	M2	27645.05	M2	165870.30
03.05.00	PLAZOLETAS	M2	325.00	M2	1950.00
04.00.00	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				
04.01.00	CUNETAS	M	846.00	M	1692.00
04.02.00	ALCANTARILLAS	Unid.	4.00	Unid.	8.00
05.00.00	TRANSPORTE	M3K	8967.43	M3K	53804.58
06.00.00	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL	Unid.	5.00	Unid.	30.00

Elaboración: propia

Cuadro N° 1.11 – Metas a Realizarse.

(*) Comprende el tramo en estudio de desde Cocachacra a Tornamesa (Km. 52+948.58 – 56+000)

(**) Comprende el tramo en estudio de desde Cocachacra a Matucana (Km. 52+948.58 – 74+295)

Por tanto: la inversión total para el proyecto que comprende desde Cocachacra a Matucana (Km. 52+948.58 – 74+295) es como se detalla en el cuadro N° 23(b), a precios de mercado:

INVERSIÓN DEL PROYECTO TOTAL**PRECIOS DE MERCADO****TRAMO: COCACCHACRA - MATUCANA**

I	COSTOS FIJOS(1)	S/. 15,746,697.47
A	COSTO DE LA INFRAESTRUCTURA	S/. 15,428,760.35
B	COSTOS AMBIENTALES	S/. 317,937.12
C	COSTO DE EXPROPIACIÓN	S/. 0.00
II	COSTOS INTANGIBLES(2)	S/. 995,668.37
A	SUPERVISIÓN (5% Costo Directo)	S/. 497,834.18
B	EXPEDIENTE TÉCNICO (5% Costo Directo)	S/. 497,834.18
III	CAPITAL DE TRABAJO (3)	S/. 1,570,666.85
A	Adelanto (20% Costo Directo)	S/. 1,991,336.73
B	Comisión del Banco (4.5%)	S/. 22,402.54
C	Garantía Bancaria (20%)	S/. 398,267.35
TOTAL INVERSIÓN (1+2+3)		S/. 18,313,032.69

Elaboración: Propia

Cuadro N° 1.12– Inversión total del proyecto a precios de mercado.

Para realizar la evaluación socioeconómica del proyecto es necesario tener el costo de inversión a precios sociales, por lo que para determinar el costo social de la inversión se multiplicará por 0.79 al costo de la inversión a precios de mercado, de donde se tiene como resultado lo siguiente:

Inversión a Precios Sociales = 0.79 Inversión a Precios de mercado*

Inversión a Precios Sociales = 0.79 18,313,032.69*

Inversión a Precios Sociales = 14'467,295.82

Beneficios

Los beneficios en el presente proyecto se han medido vía la valoración de los recursos en el mercado de transportes; es decir, provienen de los ahorros de recursos valorados a su costo de oportunidad para la sociedad, entre la situación base (sin proyecto optimizada) y la con proyecto. Bajo este enfoque se ha considerado los beneficios por:

Ahorro de recursos en la operación vehicular (COV).

Constituye parte de los beneficios directos más importantes en los proyectos de carreteras, especialmente cuando el proyecto incluye mejoras en las características de la vía; en términos prácticos este beneficio corresponde a la diferencia del costo total de operación vehicular de la situación "sin proyecto optimizada" y la situación "con proyecto", durante el horizonte del análisis.

Para el presente estudio se está asumiendo que la situación de la carretera se encuentra en un estado regular – malo, para realizar el cálculo de COV a precios sociales y privados, la misma que se muestra en el cuadro N° 1.13.

Sin Proyecto	Alternativa 1	Alternativa 2
Costa	Costa	Costa
Accidentado	Accidentado	Accidentado
Asfaltado	Asfaltado	Asfaltado
Malo y regular	Bueno	Bueno
Mantenimiento 1	Mantenimiento 2	Mantenimiento 3
La superficie de rodadura se encuentra en pésimo estado. Para el cálculo de los COV en la situación sin proyecto se ha promediado los correspondientes al estado malo y regular.		

Cuadro N° 1.13– Características asumidas para determinar valores de los cov.

La estimación de los costos de operación vehicular (COV) se ha realizado en base a precios sociales, por lo que previamente se ha convertido los precios de mercado a precios sociales, por el factor de conversión 0.74, tal como se refleja en los cuadros N° 1.14 y 1.15.

En términos generales se puede indicar que cuando se mejora las características físicas (geometría, tipo de pavimento, obras complementarias) y características funcionales de un camino, menor será el consumo de combustible, menor el desgaste de los neumáticos, menor la incidencia de gastos de reparación y mantenimiento y mayor la vida útil de los vehículos que la utilizan.

COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR
En US \$ x Veh-Km a Precios Sociales
TRAMO : Cocachacra - Tornamesa

Tipo de Vehículo	Sin Proyecto (Alt. 1)	Con Proyecto	
		Alternativa 2	Alternativa 3
Automóvil	0.255	0.210	0.210
Camioneta	0.265	0.240	0.240
Camioneta Rural	0.265	0.240	0.240
Microbús	0.550	0.470	0.470
Ómnibus 2E	0.585	0.530	0.530
Ómnibus 3E	0.585	0.530	0.530
Camión 2E	0.835	0.580	0.580
Camión 3E	1.040	0.790	0.790
Camión 4E	1.040	0.790	0.790
Semitráiler	1.250	1.030	1.030
Trailer	1.250	1.030	1.030

Elaboración: propia

Cuadro N° 1.14– Costos de operación vehicular (us \$ x veh-km a precios sociales)

COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR
En US \$ x Veh-Km a Precios Privados
TRAMO : Cocachacra - Tornamesa

Tipo de Vehículo	Sin Proyecto (Alt. 1)	Con Proyecto	
		Alternativa 2	Alternativa 3
Automóvil	0.345	0.284	0.284
Camioneta	0.358	0.324	0.324
Camioneta Rural	0.358	0.324	0.324
Microbús	0.743	0.635	0.635
Ómnibus 2E	0.791	0.716	0.716
Ómnibus 3E	0.791	0.716	0.716
Camión 2E	1.128	0.784	0.784
Camión 3E	1.405	1.068	1.068
Camión 4E	1.405	1.068	1.068
Semitrailer	1.689	1.392	1.392
Trailer	1.689	1.392	1.392

Elaboración: propia

Cuadro N° 1.15– Costos de operación vehicular (US \$ x Veh-Km a Precios Privados)

Ahorro de recursos de mantenimiento de la infraestructura

El ahorro de recursos por mantenimiento vial se ha calculado por diferencias entre los costos de la situación con proyecto y sin proyecto, en la forma de un flujo monetario anual, este beneficio se refiere a los menores costos de mantenimiento de la vía que se incurrirían al realizar el proyecto.

El deterioro de un camino es función del paso del tiempo, de las condiciones ambientales en que se sitúe, de los flujos vehiculares que lo soliciten y de las acciones de conservación que se realicen.

Para la debida cuantificación de beneficios por mantenimiento, se ha convertido los costos privados de mantenimiento a sus costos sociales aplicando el factor de conversión 0.75.

Evaluación Económica

Para llevar a cabo la evaluación económica, lo usual es comparar las alternativas versus la situación sin proyecto optimizada. Por lo tanto, para el presente análisis, la evaluación es la siguiente: comparar todos los costos que origina mantener a la carretera en el tramo correspondiente con las características actuales optimizadas versus los costos de proveer una carretera con mejores características de diseño, en este caso a nivel de carpeta en asfalto en caliente en un estado bueno después de la ejecución del proyecto, frente a la situación actual de la carretera en un estado regular – malo.

La evaluación social se hizo convirtiendo los valores financieros de inversión y mantenimiento a económicos por medio del factor de conversión para perfiles igual a 0.79 y 0.75 respectivamente; en caso del valor financiero de los COV, se aplico el factor de conversión 0.74. Se utilizó una tabla del Costo Modular de Operación Vehicular a Precios Financieros en US\$/Veh/Km, realizada por la Dirección de Estudios Económicos de la Oficina General de Planificación y Presupuesto (OPP) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Los montos de inversión y mantenimiento; son promedios estimados, las mismas que fueron elaborados durante el desarrollo del curso, así como datos proporcionados por la Dirección de Estudios Viales, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Los costos operativos vehiculares se obtuvieron del manejo del modelo VOC.

La tasa Social de Descuento, es la sugerida por la Dirección General de Programación Multianual del Sector Público (DGPM) y que corresponde al 14%. La tasa Social de Descuento, representa el costo en que incurre la sociedad cuando el sector público extrae recursos de la economía para financiar sus proyectos. Se utiliza para transformar a valor actual los flujos futuros de beneficios y costos de un proyecto en particular. La utilización de una única tasa de descuento permite la comparación del valor actual neto de los proyectos de inversión pública.

Análisis de Sostenibilidad

La institución encargada de la ejecución en la etapa de inversión será el MTC, con la cual se garantiza la encargatura del proyecto en su etapa de inversión.

El financiamiento del proyecto estará a cargo del MTC, a través de Provias departamental.

Con la finalidad que el proyecto sea sostenible en el horizonte del tiempo, deberá considerarse en el presupuesto del sector los mantenimientos rutinarios y periódicos, previstos en el análisis. Los recursos que se proyecten y/o presupuesten serán administrados por el MTC.

Impacto Ambiental

Durante la ejecución del proyecto y posterior fase de operación y mantenimiento no se producirá efectos negativos que alteren o modifiquen el medio ambiente local y/o de las localidades vecinas, las razones que contribuyen a afirmar lo mencionado son las siguientes:

- *La obra a ejecutarse, deberá adecuarse a las condiciones físicas del terreno y guardar armonía con el paisaje local.*
- *El espacio aéreo local no será afectado durante la ejecución del proyecto a través de la emisión de gases contaminantes, por cuanto no se utilizarán aditivos tóxicos durante la manipulación de los materiales a emplearse en su ejecución.*

Selección y Priorización de Alternativas

Para decidir la conveniencia de realizar un proyecto de inversión se ha comparado los beneficios y costos incrementales de la situación con proyecto, con las correspondientes a la situación base.

Para que un proyecto de inversión pública sea económicamente rentable el VAN, descontado a la tasa social debe resultar positivo ($VAN > 0$).

Así mismo el criterio de decisión indica que si la TIR del proyecto es mayor que la tasa social de actualización, el proyecto es conveniente. En caso contrario no es propicio ejecutarlo.

En consecuencia, un proyecto público rentable debe necesariamente arrojar una TIR mayor que la tasa social de descuento.

Utilizando los índices de evaluación, la alternativa más rentable económicamente en este tramo es la alternativa 2, el mismo que ha obtenido un VAN, a precios sociales, de S/.373,988.34 y una TIR de 268.67%.

CAPITULO 2: ASPECTOS GENERALES DE PROBLEMAS EN TALUDES.

2.1 Definiciones Empleadas.

Estructuras de contención rígidas.

Construidas con materiales que no aceptan cualquier tipo de deformación (ej.: concreto ciclópeo, emboquillado de piedras, etc.).

Son muy utilizadas, pero presentan algunas limitaciones técnicas y de aplicación que son:

- Exigen buen terreno de fundación (no aceptan deformaciones o asentamientos);*
- Necesitan de un eficiente sistema de drenaje;*
- En general, el relleno no puede ser hecho antes de la total culminación de la estructura.*

Estructuras de contención flexibles.

Formadas por materiales deformables y que pueden, dentro de límites aceptables, adaptarse a las deformaciones y movimientos del terreno, sin perder su estabilidad y eficiencia. La elección del tipo de contención ideal es un proceso juicioso e individualizado, en función de diferentes factores:

- Físicos: altura de la estructura, espacio disponible para su implantación, dificultad de acceso, sobrecargas etc.*
- Geotécnicos: tipo de suelo a contener, presencia de nivel freático, capacidad de soporte del suelo de apoyo, etc.*
- Económicos: disponibilidad de materiales y de mano de obra calificada para la construcción de la estructura, tiempo de ejecución, clima local, costo final de la estructura etc.*

Resistencia al corte de los suelos.

La resistencia al corte puede ser definida como el máximo valor que la tensión cortante puede alcanzar, a lo largo de un plano cualquiera en el interior del macizo, sin que se verifique la rotura de la estructura del suelo. Siendo que una

gran parte de esta resistencia proviene de la fricción entre las partículas del suelo, ésta depende de la tensión normal aplicada sobre este plano.

Geomantas.

Estructura plana a base de polímeros (naturales o sintéticos) constituida por una red densa y regular cuyos elementos están ligados por nudos o por procesos térmicos, y cuyas aberturas tienen dimensiones superiores a las de sus constituyentes, usadas en contacto con el suelo o con otros materiales.

2.2 Movimientos de Masas.

Se entiende por movimiento de masas al desplazamiento del terreno que constituye una ladera o un talud, hacia el exterior del mismo y en sentido descendente. Los movimientos pueden ser agrupados según sus mecanismos.

2.2.1 Desprendimientos.

Es un movimiento con predominio de la trayectoria vertical que se origina por el despegue de una masa de suelo o roca de una pared empinada y posterior descenso por caída libre a través del aire y rebote o rodadura final.

La rotura tiene lugar por mecanismos de deslizamiento o vuelco de pequeña envergadura que proporcionan a la masa despegada una velocidad inicial en el momento de caída libre. El movimiento es de muy rápido a extremadamente rápido.



Figura Nº 2.1 – Desprendimiento de roca.

2.2.2 Vuelcos.

Es un movimiento de giro de bloques conformados por fracturación vertical, consiste en la rotación hacia adelante y hacia el exterior de una ladera de una masa de suelo o roca alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad. Las fuerzas desestabilizadoras son la gravedad y las fuerzas ejercidas por el terreno adyacente o por fluidos en las grietas.

Se puede presentar el vuelco por flexión, que tiene lugar cuando las discontinuidades del macizo forman columnas semicontinuas en voladizo que, cuando se doblan hacia adelante, rompen por flexión.

También se considera el desplome que se produce en bordes de acantilados rocosos o de materiales areno-arcillosos compactados, donde la masa movida cae inicialmente con un movimiento y giro apoyado en la base inferior y posteriormente un movimiento vertical de colapso, al deshacerse el apoyo en dicha zona.



Figura N° 2.2 – Desplome del terreno

2.2.3 Deslizamientos.

Son movimientos ladera abajo de masas de suelo o roca sobre una o unas superficies de rotura o zonas relativamente delgadas con intensa deformación de cizalla, en los que se preserva a grandes rasgos la forma de la masa desplazada.



Figura N° 2.3 – Deslizamiento del Terreno.

2.3 Medidas de Mitigación en Taludes Rocosos.

La inestabilidad natural en un talud rocoso generalmente se debe a un desequilibrio entre las condiciones geotécnicas del macizo y la morfología de la superficie. En los macizos rocosos, la situación se simplifica resolviendo un problema geométrico que incluye la orientación de la debilidad planar (discontinuidades) en aquellos.

En aquellos taludes con fuerte pendiente y donde el pie del mismo esta muy cercano a una vía de comunicación, puede no existir espacio suficiente para excavar una cuneta de captación de rocas o para construir una pantalla. En estos casos es necesario aplicar una serie de medidas de estabilización de los taludes, como retirar el material rocoso, o reforzar el talud, entre otras.

Dentro de las medidas de retiro del material se pueden mencionar la remoción de material (desquinche) y saneado del talud.

Así mismo, dentro de las medidas de reforzar el talud se pueden mencionar los anclajes pasivos, muros de contención y contrafuertes de concreto, concreto proyectado, drenaje y mallas o redes metálicas para cubrir el talud.

En el cuadro N ° 2.1 podemos observar estos tipos de medidas de mitigación en los taludes rocosos según el tipo al que corresponden.

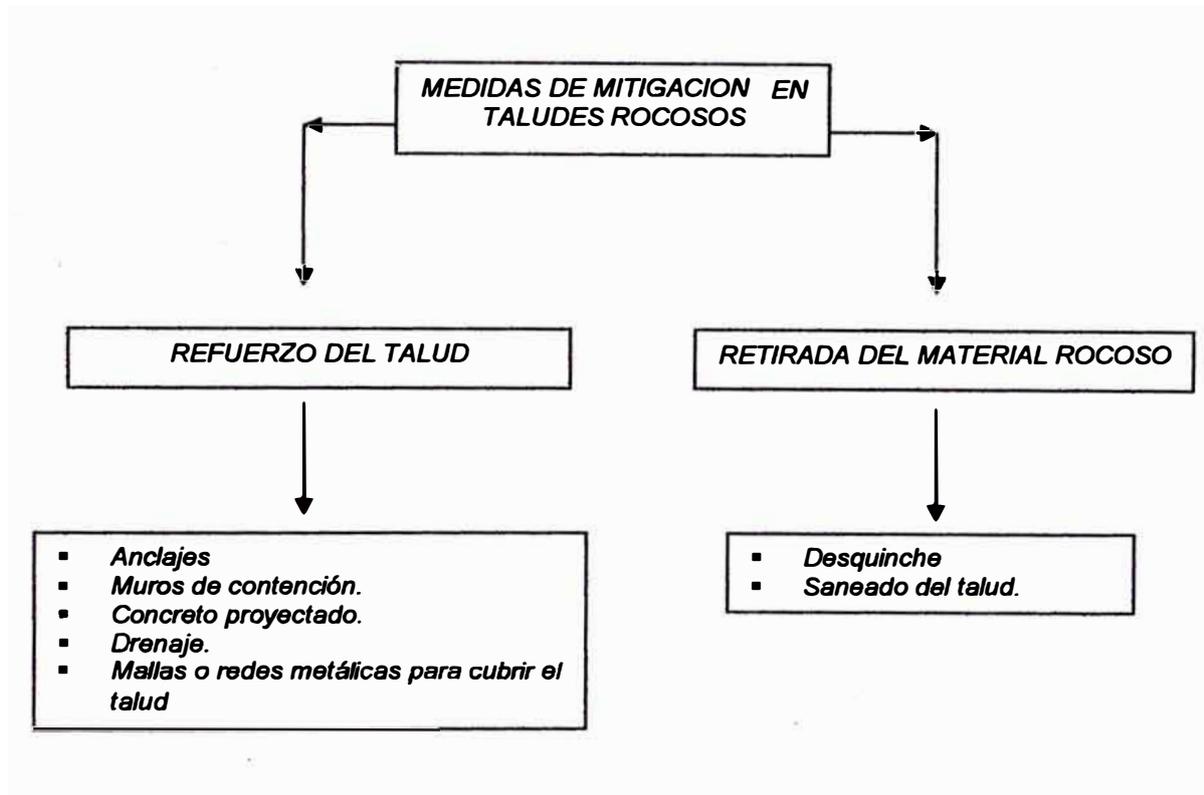


Grafico N° 2.1 – Medidas de mitigación en taludes rocosos.

2.3.1 Retirada de material rocoso.

La estabilización de los taludes rocosos puede conseguirse mediante el retiro de las rocas potencialmente inestables. Sin embargo, solo debería emplearse si es seguro que la nueva cara del talud será estable y si la realización de estos trabajos en las vías de comunicación puede llevarse a cabo de forma eficiente, segura y sin provocar grandes interferencias en el tráfico.

Desquinche.

Cuando existe un recubrimiento o roca meteorizada en la parte más alta de un talud, normalmente es necesario realizar el desmonte de este material dejando un talud con un ángulo más tendido que el de la roca competente situada por debajo.

Debido a que estas obras de ataluzado se efectúan con el empleo de equipos, tales como retroexcavadoras y tractores, el talud debe diseñarse de tal forma que estos equipos puedan manejarse con seguridad en dichas zonas, por lo que se recomienda una berma mínima de 6 metros.

Saneado del talud.

Esta medida consiste a la retirada de las rocas sueltas, el suelo y la vegetación de la cara de un talud empleando herramientas manuales, tales como palancas y palas. En aquellos taludes con fuertes pendientes, los operarios se suspenden mediante cuerdas ancladas en la cabeza del talud. De esta forma se va limpiando desde la cima del talud hacia el pie del mismo, asegurándose que no hay presencia de rocas sueltas encima de ellos.

Una componente importante en la operación del saneado del talud en zonas con climas húmedos es la retirada de árboles y la vegetación que crece en la cara de este y a una distancia de varios metros por detrás de la cabeza del talud. Las raíces de los árboles que crecen a través de las grietas abiertas de las rocas pueden abrirlas mas, provocando a veces la caída de bloques rocosos. De igual forma el movimiento producido por los árboles por efecto del viento.

2.3.2 Medidas de refuerzo de taludes.

Las técnicas destinadas al refuerzo de los macizos rocosos inestables poseen una característica común que es la de minimizar la relajación del macizo rocoso que se observa como consecuencia de la excavación del mismo. Tras la descompresión, se produce una holgura en las juntas que limitan los bloques que configuran el macizo rocoso y a la vez se produce una disminución de la resistencia al corte.

Una vez que la descompresión ha tenido lugar en el macizo rocoso, no es posible invertir el proceso. Por esta razón, el refuerzo en los taludes resulta más efectivo si se practica antes de realizar la excavación. A este proceso se le conoce como prerefuerzo.

Anclaje.

El anclaje es una técnica de sostenimiento que consiste en anclar en el interior de las rocas una barra de metal resistente que aporta una resistencia a la tracción y confinando al macizo rocoso, permite aprovechar las características resistentes propias de las rocas facilitando así su sostenimiento.

Los anclajes colaboran a la estabilidad del talud de la manera siguiente:

- *Proporcionando una fuerza contraria al movimiento de la masa deslizante.*
- *Incrementando las tensiones normales en la superficie de rotura potencial, aumentando así la resistencia al deslizamiento en dicha superficie.*

Muros de contención.

Este método se emplea cuando existe una superficie potencial de deslizamiento en macizos rocosos intensamente fracturados. Además, las rocas sostenidas por estos muros no deben ser retiradas, dado que tras de ellas cederían grandes volúmenes de roca que quedaron en estado inestable. Estos muros, por lo general, son de concreto armado y son construidos en el lugar. Además, la fuerza estabilizadora viene dada por anclajes profundos y tensados.

Concreto proyectado o lanzado.

En aquellas zonas de roca fracturada o degradada pueden protegerse con la aplicación de una delgada capa de concreto proyectado sobre la cara del talud. La función principalmente del concreto proyectado es la de controlar tanto el desprendimiento y la caída de pequeños bloques

rocosos. Sin embargo, el concreto proyectado proporciona un escaso sostenimiento ante el deslizamiento del talud en conjunto, es por ello que por lo general es aplicado conjuntamente con mallas metálicas.

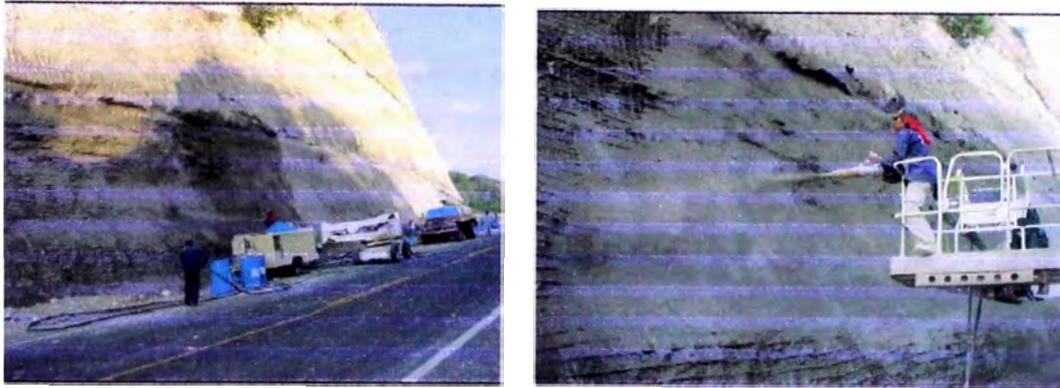


Figura N° 2.4 y 2.5 – Aplicación de Concreto Proyectado

Drenaje.

La presencia de agua subterránea es frecuentemente un factor que contribuye a crear la inestabilidad en los taludes practicados en roca. El método más usado para reducir las presiones de agua consiste en efectuar perforaciones de drenaje al pie del talud con el fin de crear una serie de salidas para el agua.

Los objetivos principales de estas perforaciones de drenaje son:

- Reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie de deslizamiento.
- Disminuir el peso total sobre el talud y, por tanto, las fuerzas desestabilizadoras.

Mallas o redes metálicas.

Este sistema consiste en la colocación sobre la superficie del terreno una superficie formada por paños de red y cables, anclada en la zona estable del terreno, permitiendo la contención de los empujes ejercidos por el terreno en las actuaciones con carácter pasivo. En las de carácter activo se aplican cargas a la superficie de deslizamiento a la vez que se realiza

la contención de la zona inestable. Las cargas ejercidas anclajes son transmitidas a los cables de acero, los cuales traccionan la red en todo su perímetro. La red funciona como elemento final de transmisión continua de carga del bulonado al terreno.

2.4 Medidas de Mitigación en Taludes en Suelos

Se hace una revisión de algunas de estas medidas de mitigación, siempre que se trate de terrenos constituidos por materiales sueltos procedentes de la erosión y la degradación de un macizo rocoso.

Estos métodos se pueden agrupar en remodelado geométrico de los taludes, muros, drenajes y refuerzos.

2.4.1 Remodelado Geométrico de los Taludes.

Consiste en modificar la geometría del terreno con la intención de alcanzar condiciones que permitan garantizar la estabilidad de la nueva morfología adoptada.

2.4.2 Descargas de Taludes.

Técnica utilizada para reducir las fuerzas que pueden provocar que una masa de terreno se deslice. El tipo más común de descarga de un talud es la excavación de material de la cabecera de una masa deslizante.

La excavación es el procedimiento que se lleva a cabo para incrementar la estabilidad de una pendiente, ya que se reducen las fuerzas que favorecen a los movimientos. Puede consistir en quitar peso de la parte más alta del talud, retirar todos los materiales inestables o potencialmente inestables, tender los taludes y banqueado o banquetado.

2.4.3 Muros.

Técnica utilizada para contrarrestar las fuerzas desestabilizadoras en un talud mediante la aplicación de una fuerza externa que incrementa las fuerzas resistentes.

Tomando en cuenta la funcionalidad del muro, se puede establecer tres categorías:

- **Muros de Recubrimiento**, cuya función principal es la de crear una protección superficial contra los agentes erosivos y la meteorización.
- **Muros de Sostenimiento**, su función es mantener estable la infraestructura que se pretenda construir. Se realizan alejados del terreno para, posteriormente, rellenar el hueco que se deja con material adecuadamente seleccionado.
- **Muros de Contención**, Su función es el de contener el material suprayacente.

2.4.4 Drenajes.

Métodos efectivos en cuanto a la estabilización de un talud, pero viendo los drenajes como una solución a largo plazo no se podría predecir o establecer sus efectos, ya que no es común el brindarle un mantenimiento permanente a estos.

Las funciones principales de los drenajes son el control del movimiento del agua superficial, control de la influencia del agua infiltrada en el comportamiento hidráulico subterráneo del talud y la reducción de la presión intersticial en profundidad.

Los drenajes reducen las fuerzas hidrostáticas desestabilizadoras y las tensiones provocadas por el agua de infiltración, así como el riesgo de procesos erosivos o de sifonamiento.

2.4.5 Refuerzos.

Comúnmente usados en aquellas situaciones en las que no existe la posibilidad de usar contrafuertes, bien por problemas de espacio para instalar un muro de contención o por que existen dificultades para realizar la expropiación de los terrenos afectados por las obras. Entre las técnicas más empleadas se tiene:

Anclajes.

Los anclajes en suelos consisten en unos cables colocados dentro de perforaciones y tensionados después que ha sido inyectado el concreto en

los mismos. En el caso de excavaciones poco profundas, los anclajes en los suelos trabajan más como elementos estructurales de sujeción.

También se pueden usar para estabilizar taludes y para aumentar la resistencia de un suelo ya consolidado.

Mallas y redes metálicas.

La fijación de mallas y redes metálicas a la superficie inmoviliza o amortigua el deslizamiento de materiales procedentes de la descomposición del sustrato y contribuye a la consolidación definitiva de dicho talud, favoreciendo a veces la colonización vegetal.

Las mallas de cable surgen como una alternativa a los métodos tradicionales en algunos casos. Entre las ventajas que se pueden obtener de la utilización de este tipo de soluciones destacan las siguientes:

- No requieren espacio para su instalación, por lo que no es necesario realizar obras de excavación, ni ocupar terrenos para el depósito de tierras.*
- No generan riesgos potenciales de caída de material, por lo que estos se reducen.*
- Las redes de cable permiten la actuación directa sobre el talud.*
- En el caso de ser una actuación sobre un talud de carretera en servicio, no se entorpece excesivamente la circulación, ya que la ocupación de la calzada es mínima.*
- Las redes de cable ancladas en profundidad permiten que la zona tratada pueda ser revegetada, quedando disimulada en un corto periodo de tiempo.*

CAPITULO 3: APLICACIÓN – ZONA DE DESARROLLO DEL PROYECTO.

En todo estudio, donde lo que se busca es dar solución o prevenir un problema, se debe tener como punto de partida una definición clara del problema; luego se debe hacer una evaluación de sus posibles causas, para de esta forma saber donde se origina y poder controlar el desarrollo de éste y finalmente es necesario hacer los estudios técnicos, los cuales darán una idea de las posibles alternativas más recomendables por emplear.

Una de las variables que influirá notablemente en la selección de la alternativa para este caso particular será el poco espacio con el que se cuenta en la sección de la vía. En este tramo de carretera contamos con un ancho de calzada de 7.2 metros, y con una berma que varía entre los 0.10 y 0.60 metros. Luego, a ambos lados de la vía contamos con cunetas triangulares cuyo tirante máximo es de 0.4 metro en promedio y una abertura superior de 1.0 metro. Las secciones típicas en este tramo de carretera las presentamos a continuación en las gráficas N ° 3.1 y N ° 3.2.

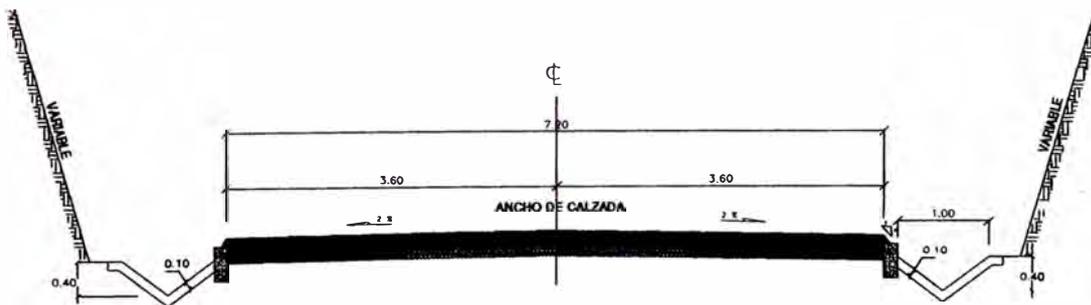


Gráfico N° 3.1 – Sección típica N° 1 de la carretera en el tramo de estudio.

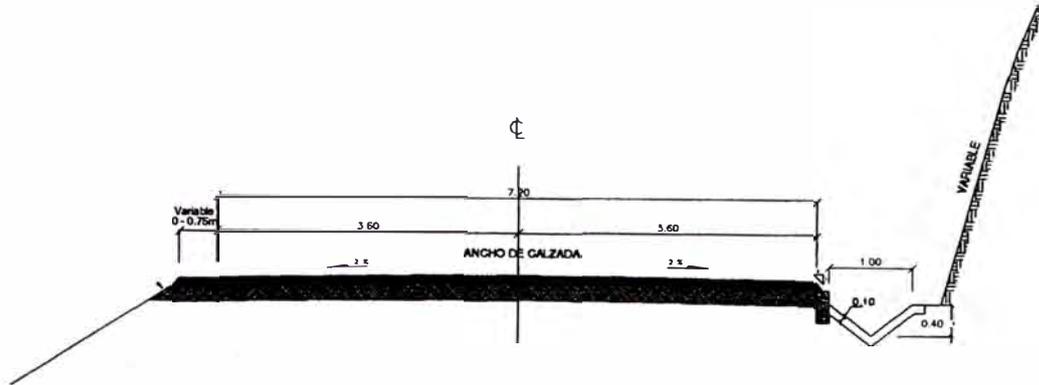


Grafico N° 3.2 – Sección típica N° 2 de la carretera en el tramo de estudio.

3.1 Problemas Encontrados en la Zona

Dentro de los principales problemas potenciales relacionados con los taludes de la zona podemos ver:

- *Possible caída de rocas a la vía.*
- *Erosión de taludes.*
- *Presencia de rocas de tamaño considerable en las cabeceras de taludes*

3.1.1 Problema: (A) Caída de Rocas

Definición del Problema:

El problema consiste en la caída de rocas provenientes de los taludes que se encuentran a un lado o a ambos lados de la carretera. Lo cual podría originar la ocurrencia de accidentes a los vehículos que transitan por dicha carretera.

Lo que finalmente se traduciría en la posibilidad de pérdidas humanas y pérdidas económicas.

Evaluar Posibles Causas:

Dentro de las posibles causas podríamos mencionar:

- *La pérdida de finos y materiales cohesivos en los taludes por efecto de las lluvias.*

- *Pérdidas y desprendimiento de material fino por efecto del viento.*
- *Los taludes se encuentran casi verticales en algunas zonas.*
- *El material se va soltando por efectos de movimientos sísmicos.*
- *Efectos de gravedad.*

Evaluación de las Alternativas:

La elección de la alternativa estará en función de:

- *La energía de caída de la roca. (En caso sea una pantalla)*
- *El espacio con que se cuenta para la construcción de los muros de protección.*
- *Los materiales con que contamos en la zona.*
- *La facilidad en los procesos constructivos.*
- *Los inconvenientes en el tránsito de vehículos por la vía a la hora de la construcción.*
- *Beneficios de la inversión.*
- *Vida útil de la alternativa seleccionada.*
- *Costos de mantenimiento.*
- *Comportamiento de la alternativa ante las condiciones del lugar.*

3.1.2 Problema: (B) Erosión de Taludes

Definición del Problema:

El problema es la presencia de pequeños deslizamientos, que a su vez van reduciendo el estado de equilibrio en el talud al formar cavidades en este. Lo cual podría originar la ocurrencia colapsos o desplomes en el talud. Consecuentemente originaría posibles accidentes a los vehículos que transitan por la carretera.

Lo que se traduciría en la posibilidad de pérdidas humanas y pérdidas económicas.

Evaluar Posibles Causas:

Dentro de las posibles causas tenemos:

- ***La pérdida de finos y materiales cohesivos en los taludes por efecto de las lluvias.***
- ***Pérdidas y desprendimiento de material fino por efecto del viento.***
- ***Escasa cohesión en los materiales del talud.***
- ***Ángulo de inclinación del talud mayor que el ángulo de reposo de los materiales que los conforman.***
- ***El material se va soltando por efectos de movimientos sísmicos.***
- ***Efectos de gravedad.***

Evaluación de las Alternativas:

La elección de la alternativa estará en función de:

- ***Topografía del lugar.***
- ***Potencia de los materiales del talud.***
- ***Materiales que forman el talud.***
- ***Los inconvenientes en el tránsito de vehículos por la vía a la hora de la construcción.***
- ***Beneficios de la inversión.***
- ***Facilidad de procedimientos constructivos.***
- ***Costos de mantenimiento.***
- ***Comportamiento de la alternativa ante las condiciones del lugar.***

3.2 Inventario en la Zona

A continuación se muestra la presencia de algunos problemas potenciales en el recorrido de la vía:

- En la foto N° 3.3 se observa la presencia de un talud casi vertical, el cual se encuentra conformado con material conglomerado. Además, podemos notar que la distancia entre la calzada y el pie del talud es muy reducida,

de aproximadamente 1.30 metros, lo que nos podría hacer descartar la idea de colocar barreras estáticas o la construcción de muros pantallas para evitar el impacto de las rocas que podrían desprenderse.

Por otro lado, se debe recordar que este talud se encuentra en una zona curva, por lo que se deberá tener especial cuidado al momento de elegir la alternativa, ya que esta podría reducir la visibilidad a los conductores cuando circulen por esta zona.

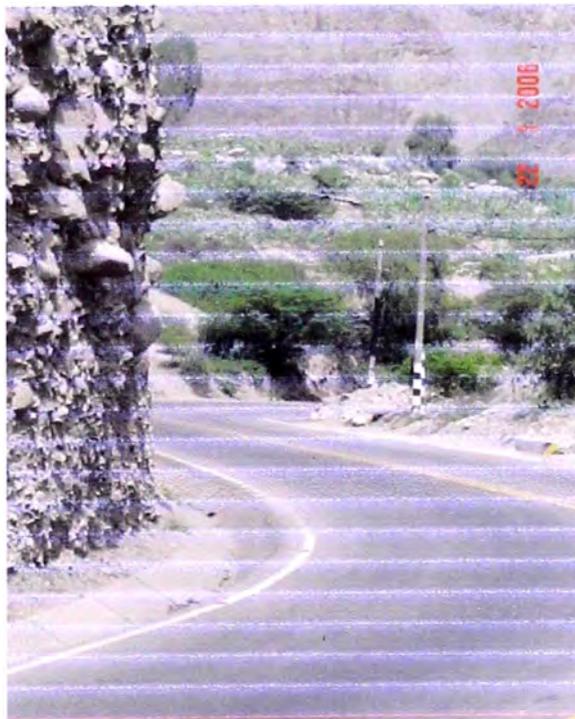


Foto N° 3.3 – Inclinación del Talud. (Alt. Progresiva Km. 55 +310)

- En la Foto N° 3.4 se observa un talud de aproximadamente 15 metros de altura, el cual se encuentra conformado de material conglomerado. La pendiente del talud es aproximadamente de 75°. El problema observado en esta foto, es la presencia de rocas casi sueltas en la cara del talud, debido a la erosión sufrida, donde por efecto del viento y de algunas lluvias del lugar han perdido los finos dejando en consecuencia algunas rocas sueltas.

El problema potencial consiste en la caída de rocas sueltas a la carretera, donde el riesgo de accidentes es mayor debido a que la vía no cuenta con berma en este trecho y que la distancia entre la carretera y el pie del talud es aproximadamente de 1.3 metros.

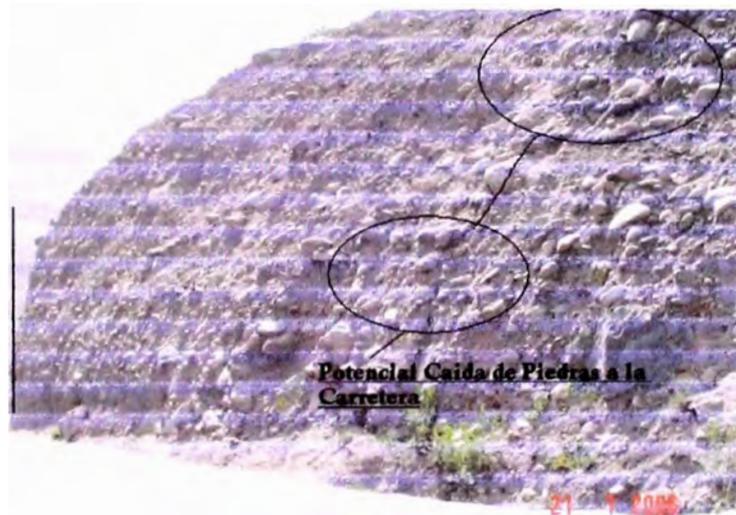


Foto N° 3.4 – Potencial desprendimiento de rocas (Atl. Progresiva Km. 55+ 150).

- En la Foto N° 3.5 se muestra la presencia de algunas rocas casi sueltas, una roca de tamaño considerable apoyada en la cabecera del talud, la cual podría rodar hacia la vía en presencia de algún movimiento sísmico.

El problema principal que puede resaltar en la foto; sería el desprendimiento de rocas considerando la cercanía del pie de talud a la vía.

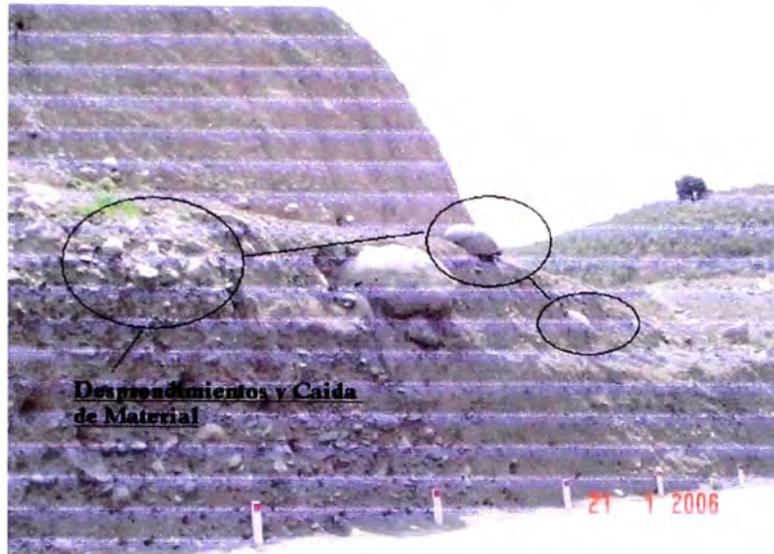


Foto N° 3.5 – Potencial desprendimiento de rocas (Atl. Progresiva Km. 55+ 110).

- En la Foto N° 3.6 se observa un talud el cual se encuentra formado por material coluvial y conglomerado, donde por efecto de algunas lluvias el talud ha sido erosionado, lo cual lleva posteriormente a la pérdida del estado de equilibrio del talud y una posibilidad de falla.

En esta zona, el problema sería la erosión que sufren los taludes lo cual afecta progresivamente el estado de equilibrio de estos.

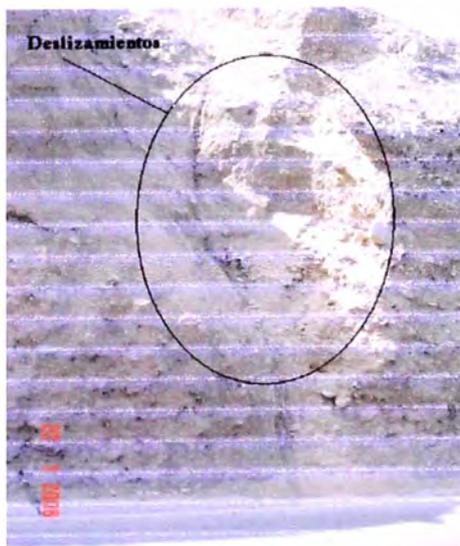


Foto N° 3.6 – Erosión del talud por efecto de lluvias.
roca

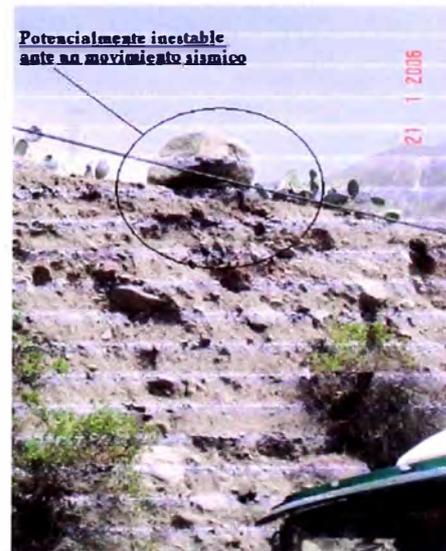


Foto N° 3.7 – Potencial caída de roca

- En la Foto N° 3.7 se observa una roca de aproximadamente 0.7 metros de diámetro, la cual se encuentra en la cabecera del talud. El problema es semejante al de algunas de las tomas anteriores mostradas. Por ello, sería recomendable trabajos de limpieza de las cabeceras de los taludes.

CAPÍTULO 4: ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN

De acuerdo a las características geométricas en la vía, se puede decir que las alternativas más adecuadas serán aquellas que no requieran de mucho espacio para ser emplazadas. Esto debido a que nuestro ancho de vía es de 7.2 metros, no presenta berma, cuenta con cunetas longitudinales de 1.00 metro a los dos lados de esta; y un valor promedio entre el borde de la vía al pie del talud es de 1.4 metros. Por otro lado, el material del cual está conformado el talud es de un material coluvio-aluvial, lo que de cierta forma nos indica que si pensamos en hacer la revegetación del talud, deberíamos pensar en conseguir tierra de cultivo. Además, la inclinación del talud es aproximadamente 70° lo que nos dificulta el trabajo y pensar en efectuar una siembra sobre el mismo talud.

Los taludes en la zona tienen hasta una altura de 20 metros en promedio, lo que nos hace pensar en buscar algún método de fácil colocación y que no perjudique al tráfico que circula en la vía.

De acuerdo a estos requerimientos y considerando los problemas de erosión del talud y caída de material, podríamos decir que las alternativas más prácticas serán:

La colocación de mantas para control de erosión.

Las mallas de protección contra caída de material.

Con estas alternativas se podrá evitar el desprendimiento de rocas sueltas hacia la carretera, así como reducir la erosión que se presenta en el talud.

4.1 Mantas para Control de Erosión

Las mantas para control de erosión fueron concebidas con la intención de solucionar problemas relacionados con la erosión del suelo. Estas mantas han sido diseñadas para una serie específica de aplicaciones de control de erosión y revegetación, desde taludes severos que requieren protección contra la erosión hasta canales de alta velocidad y líneas costeras de impacto moderado que necesitan un refuerzo permanente de la vegetación. Las mantas pueden clasificarse en biomantas y geomantas.

4.1.1 Biomantas

Las Biomantas son mantas biodegradables compuestas por elementos naturales como pueden ser la paja, fibra de coco, etc. con redes livianas de polipropileno para brindarle resistencia. Las biomantas tienen como función principal proteger la siembra en los taludes del impacto de las gotas de lluvia, mientras que las semillas van germinando. Conforme la vegetación se va desarrollando las biomantas se van degradando. Además, estas presentan características particulares dependiendo de la proporción en que se usen sus componentes. Por ejemplo:

Las biomantas con 100% de paja agrícola y de una o dos redes livianas de polipropileno fotodegradables, ofrecen un adecuado control de erosión en taludes con una inclinación máxima de 30°, y ofrecen una longevidad funcional de casi 12 meses.

Las Biomantas compuestas por 70% de paja agrícola y 30% de fibra de coco, encerradas dentro de una red pesada de polipropileno estabilizada contra los rayos UV, se utilizan normalmente en taludes con inclinaciones de 30° hasta 45°, en canales de descarga media, y en áreas en donde se necesite protección por más de una temporada de crecimiento.

Las Biomantas compuestas por 100% de fibra de coco, encerradas dentro de dos redes pesadas de polipropileno estabilizadas contra los rayos UV, le permiten ofrecer un control de erosión superior en taludes con inclinación mayor a 45°, en canales de descarga alta donde la vegetación natural permanente resistirá descargas de diseño, o en lugares que requieren protección hasta aproximadamente por 3 años.

4.1.2 Geomantas

Las Geomantas son mantas no degradables compuestas por 100% de fibra de polipropileno estabilizado contra los rayos UV, capaces de proporcionar un control de la erosión y refuerzo permanente de la vegetación en taludes severos.

Estas Geomantas están compuestas de filamentos de polipropileno fundidos en sus puntos de contacto con un 90% de vacíos, que constituyen un excelente confinador de suelos fértiles para producir el efecto deseado de la revegetación sobre suelos no apropiados para ello. En una primera etapa protege al suelo del lavado por efecto de la lluvia y la escorrentía superficial y en la segunda etapa, refuerza las raíces de la vegetación de manera permanente.

4.2 Malla Hexagonal

La malla hexagonal brinda una contención pasiva y se usa en el control de procesos erosivos en taludes, debido a su resistencia y forma, conservando la cobertura vegetal y contribuyendo muchas veces al desarrollo de esta.

El revestimiento de taludes con estas mallas, evita la caída de bloques y piedras de menores tamaños sobre carreteras, vías, etc.

4.3 Productos en el Mercado

4.3.1 Biomanta "BIOMAC". Producto de Maccaferri

Descripción

La manta BIOMAC es una mezcla de fibras biodegradables completa y debidamente integradas durante su fabricación. Es un producto de gran resistencia y de baja higroscopicidad, pudiendo ser ofrecida en diferentes resistencias, higroscopicidad y degradabilidad.

Las fibras están reforzadas con una malla de polímero fino reforzada por ambos lados para formar una malla más fuerte y acolchada, con un espesor de 1 cm.

Tipos de Biomantas "BIOMAC"

Dependiendo del tipo de fibras que se usen, la manta BIOMAC se divide en dos tipos:

- BIOMAC C: formada con fibras de coco*
- BIOMAC S/C: consiste en una mezcla de fibras de coco y paja,*

La manta BIOMAC C provee al suelo de una alta protección contra la erosión combinada con una baja tasa de pérdida.

Se recomienda su uso en las siguientes áreas:

- *Taludes escalonados*
- *Áreas con alta precipitación*
- *Grandes escurrimientos*
- *Suelo con características favorables a la erosión*
- *Bajas condiciones de estabilidad*

La Manta BIOMAC S/C, con la adición de la paja incrementa la humedad retenida, haciéndola más susceptible a la colocación de semillas. Se recomienda para:

- *Taludes moderados*
- *Poco escurrimiento*
- *Suelo con características poco erosivas*
- *Periodo de germinación óptimo*

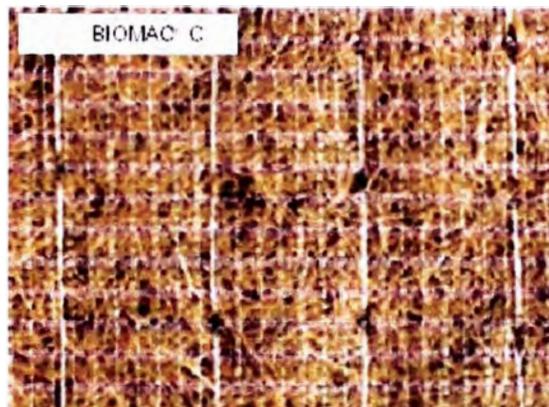


Grafico N° 3.8– *Textura de la biomanta Biomac C*

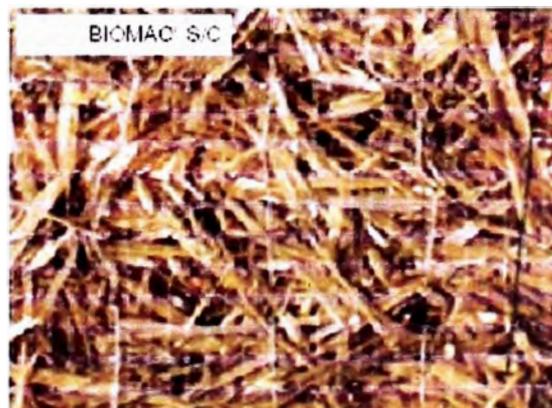


Grafico N° 3.9 – *Textura de la biomanta Biomac S/C*

Especificaciones del Biomac

Tipo de Producto	Ancho (m) / Tolerancia	Largo (m) / Tolerancia	Fibra	Contenido de Fibra	Peso (gr/m²)
BIOMAC S/C	2 – 2.4 / + - 5%	24 – 50 / + -1%	Paja / Coco	70 % P –30 % C	300 - 450
BIOMAC C	2 – 2.4 / + - 5%	24 – 50 / + -1%	Coco	100 % C	300 - 450

Cuadro Nº 3.1 – Características de la biomanta Biomac S/C y Biomac C.

Masa (g/m²)	450
Material	Fibras sin tratamiento 100% del coco
Red	Polipropileno estabilizado UV
Peso medio (kilogramos.)	25
Tamaño de la fuente	Rolls - 25m x 2 m Rolls - 50m x 2 m (a petición)

Cuadro Nº 3.2 – Características de la biomanta Biomac C**Colocación de las biomantas.**

Las biomantas se colocan directamente sobre los taludes previamente mejorados con nutrientes (si fuese necesario) y previamente sembrados con semillas. Luego se colocan estacas de fijación sobre el terreno, dependiendo de la morfología de la zona. Se recomienda que la manta sea sujeta usando grapas de acero galvanizado o estacas de madera dependiendo del tipo de suelo del talud o de la longitud a cubrir.

Lo deseable es que la superficie del talud sea lo más regular posible, para que las biomantas puedan adherirse totalmente a la superficie. El acierto y regularización pueden hacerse manual o mecánicamente, con el objetivo de eliminar surcos erosivos, o el relleno de los espacios vacíos y el anclaje de los sedimentos sueltos.

Las concavidades del terreno y las negatividades de los taludes deben retirarse, para evitarla formación de nuevos focos erosivos y desmoronamientos.

Preparación del Suelo

Después de la regularización de la superficie del talud y después de la construcción del sistema de drenaje, se inicia la preparación del suelo, que consiste en efectuar huecos, o sea, cavidades pequeñas próximas entre ellas y con profundidad suficiente, de manera que se retengan todos los insumos que van a aplicarse, como fertilizantes, adhesivos y semillas. Estos insumos pueden aplicarse manualmente o por vía acuosa (hidrosiembra). La cantidad de los insumos que va a aplicarse debe establecerse previamente por el técnico responsable del proyecto.

Aplicación de la Biomanta

Las biomantas vienen acondicionadas en bobinas. La aplicación debe iniciarse por la parte alta del talud, desenrollando la bobina, fijándola y moldeándola sobre una cuneta escavada de 30 cm. de longitud y 30 cm. de profundidad aproximadamente, dejando pasar 30 cm. más allá de la cuneta.

El anclaje se realiza con el grapado de la biomanta en el fondo de la cuneta y a continuación se aplica suelo compactado manualmente. Se aplican fertilizantes y semillas, se doblan los 30 cm. sobrantes de la biomanta sobre la cuneta y se promueve su fijación con grapas con un espaciamiento mínimo a cada 40 cm., en toda la extensión del ancho de la biomanta. Esta fijación en la parte alta del talud es preponderante para el desempeño del producto.

Las bobinas deben desenrollarse siempre en el sentido de la declividad del talud. Su fijación, así como la cantidad y especificación de las grapas, debe seguir la recomendación técnica establecida en el proyecto, en función del material e inclinación del talud. Los traslapes laterales de las biomantas deben ser de 3 a 5 cm., y los traslapes longitudinales deberán ser de como mínimo 5 cm.

Fijación de las Biomantas

La buena fijación de las biomantas garantizará el éxito del trabajo. Esta fijación podrá hacerse con grapas de acero, madera, o bambú, de tamaños y formas variadas, debiendo aplicarse según se detalla en el proyecto, de acuerdo con las características específicas del local que va a protegerse o recuperarse.

Es importante destacar que mientras mejor sea la fijación de la biomanta al suelo, más seguridad tendrá el proyecto. La fijación inadecuada de la biomanta producirá dificultad para que la vegetación la traspase, lo que podrá generar focos erosivos en el local de mala adherencia, debido al desagüe libre del agua en la superficie del talud sin contacto con la biomanta.

El número de grapas por unidad de área depende de la inclinación del talud, susceptibilidad a la erosión, tipo de material, seguridad requerida para el local y regularización del área. Los taludes ya totalmente regularizados exigen menor rigor en la fijación. Los taludes parcialmente regularizados, sin regularización, de gran inclinación o con gran susceptibilidad a la erosión, deben utilizar un mayor número de grapas por área. En suelos no cohesivos y arenosos deberán utilizarse grapas más largas.



Grafico N° 3.10 – Desenrollado de la Biomanta.

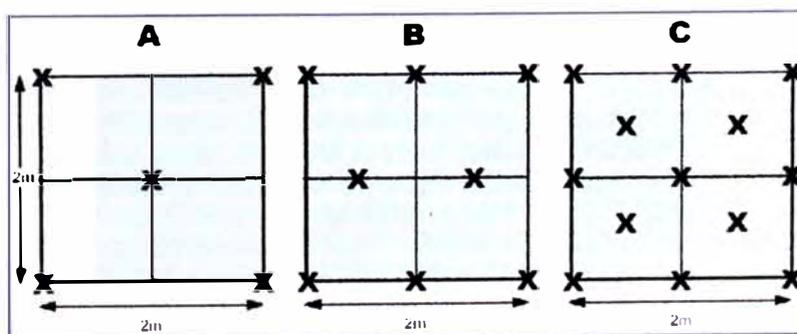


Grafico N° 3.11 – Formas de fijación de las Biomantas.

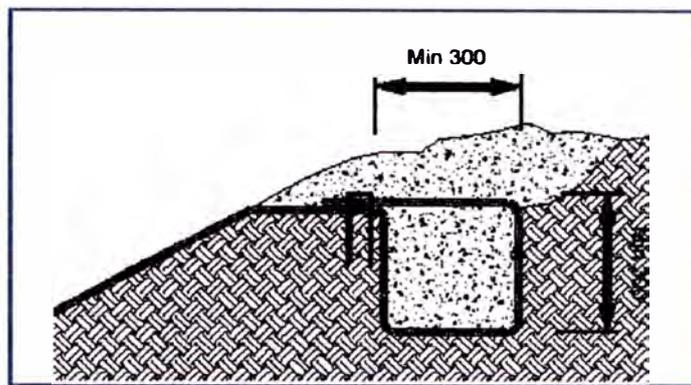


Grafico Nº 3.12 – Fijado de la Biomanta en la parte superior del talud.

4.3.2 Geomanta “MACMAT” Producto de Maccaferri

Descripción

El MacMat es una geomanta fabricada con filamentos gruesos de poliamida (nylon) que, fundidos en los puntos de contacto, forman una estructura tridimensional bastante densa que presenta vacíos en más del 90% de su volumen. Su función es confinar las partículas de suelo, garantizando una buena interacción suelo/material y la consecuente estabilización de la superficie revestida, resultando un ambiente propicio para la germinación de semillas. Además del desenvolvimiento de la vegetación, el MacMat pasa a actuar como refuerzo permanente para las raíces. La presencia del MacMat evita que el suelo sea transformado en una superficie estéril y llena de surcos por la acción de las aguas de lluvia y del viento.



Grafico Nº 3.13 – Geomanta “Macmat”

Tipos

Actualmente esta disponible tres tipos de MacMat: MacMat L, MacMat S y MacMat R.

- MacMat - L

MacMat-L es una geomanta usada generalmente en taludes secos, donde solamente son afectados por las lluvias y viento, esta geomanta tiene un espesor de 10 mm.

- MacMat - S

MacMat-S es una geomanta usada generalmente en cursos de agua bastante suaves, bajas pendientes y velocidades.

- MacMat - R

MacMat-R es una geomanta reforzada compuesta por MacMat-L y malla hexagonal de acero a doble torsión. Esta combinación combina las propiedades de control de erosión de la geomanta tridimensional y las propiedades muy conocidas de la malla de doble torsión, extendiendo la diversidad de aplicaciones.

Características:

- Excelente resistencia en las uniones de los filamentos, debido a una absoluta fusión;
- Resistente a todos los agentes químicos y biológicos normalmente encontrados en el suelo y en el agua;
- Alta resistencia a la intemperie y a la fotodegradación;
- Baja inflamabilidad.

MacMat	L	S	R
Gramaje (g/m²)	520	500	1670
Espesor (mm)	10	16	10
Ancho (m)	2	2	2
Largo (m)	50	50	25
Área (m²)	100	100	50
Peso de rollo (Kg.)	52	50	83.5

Cuadro Nº 3.3 – Características de la Geomanta "Macmat"

Propiedades Físicas		
Espesor (mm)	10	ASTM D5199
densidad (g/m ²)	520	ASTM D5261
Proporcion de vacios (%)	>90	
Esperso del filamento (mm)	0,65	
Color	Negro	
Polimero	Polipropileno	
Densidad del polímetro (g/m ³)	905	ASTM D792
Resistencia del polímetro a rayos UV	Estabilizado	ASTM D4355
Propiedades Mecánicas		
Esfuerzo de tensión Longitudinal (kN/m)	3,0	ASTM D4595
Elongacion de rotura (%)	64	ASTM D4595
Esfuerzo de tensión transversal (kN/m)	1,2	ASTM D4595
Elongacion de rotura (%)	57	ASTM D4595
Medidas		
Area (m ²)	100,00	
Acho (m)	2,00	
Longitud (m)	50,00	
Diametro (m)	0,70	
Peso del Rollo (kg)	52	

Cuadro N° 3.4 – Características de la Geomanta "Macmat - L"

Colocación de las geomantas.

Las geomantas se colocan directamente sobre el talud, previamente mejorado con nutrientes (si fuese necesario). Luego se esparce suelo y semillas (o hidrosiembra) directamente sobre la geomanta, hasta garantizar el relleno de su estructura.

Procedimiento

- *Perfilar el talud y rellenar las depresiones, para proporcionar una superficie homogénea.;*
- *Anclar la geomanta en una zanja paralela a la cresta del talud, luego rellenarla y compactarla;*
- *Desenrollar la geomanta hacia la parte baja del talud. Traslapar los rollos adyacentes de 100 a 150mm.*
- *Estacar la geomanta en el talud. Las estacas dependen de las condiciones topográficas, el material que conforma el talud y teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la zona.*
- *Colocar el suelo orgánico o hidrosiembra hasta cubrir por completo la geomanta.*

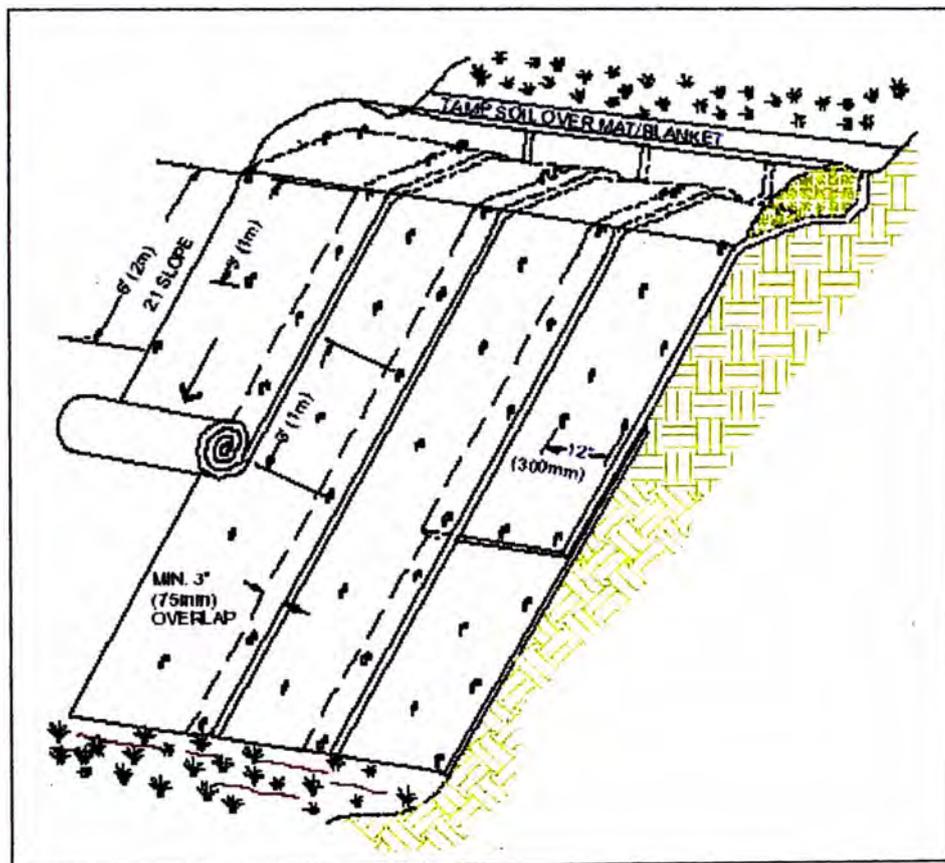


Grafico Nº 3.14 – Colocación de la Geomanta

4.3.3 Malla Hexagonal de Doble Torsión (Producto De Maccaferri)

Descripción

Esta malla hexagonal (a doble torsión) está diseñada especialmente para dar soluciones a los problemas de taludes rocosos, ya que la red tejida de la malla hexagonal no se desenreda cuando los alambres se raspan. Las ventajas de esta alternativa de protección de taludes rocosos, se basa en las características de flexibilidad por el hecho de no ser soldada, su facultad de no desenredarse tan fácilmente por su doble torsión y su resistencia ante la corrosión.

Colocación

La colocación de la red contra la caída de rocas puede variar de acuerdo a la pendiente, el material presente en el talud, de la posibilidad de anclar la parte superior y la base de la red, de acuerdo al sistema rocoso en el cual se realizará el revestimiento. Uno de los aspectos a tomar en cuenta en la malla hexagonal es que todos aquellos fragmentos rocosos que se desprenden del talud pueden removerse fácilmente, para eso la red tiene que tener la posibilidad soltarse en su base.

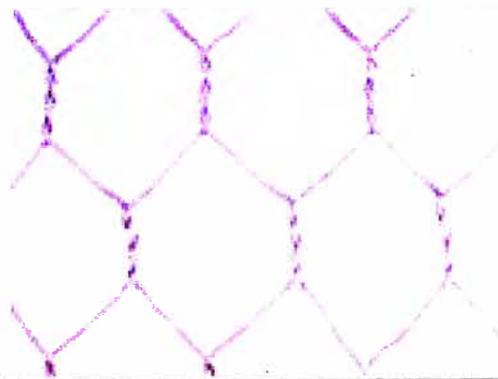


Gráfico N° 3.15 – Malla de doble torsión.

Anclaje en el Extremo Superior

En la cabecera del talud, la red debe ser firmemente anclada en el terreno y posiblemente doblada en si misma por 0,30-0,50 m, de tal manera que los anclajes traspasen dos veces a la malla.

En lo que se refiere al tipo de anclaje, es muy difícil formular una regla general sobre las modalidades de tal operación, ya que, según las condiciones y la morfología del terreno, se pueden adoptar diversos sistemas.

Casos más usuales:

a) Roca con hendiduras, dura y difícilmente deteriorable: serán usados pernos a simple y/o doble expansión, con diámetro variable entre \varnothing 10-15 mm y distanciados 1.00-2.00 m uno del otro (1cada 4 m²).

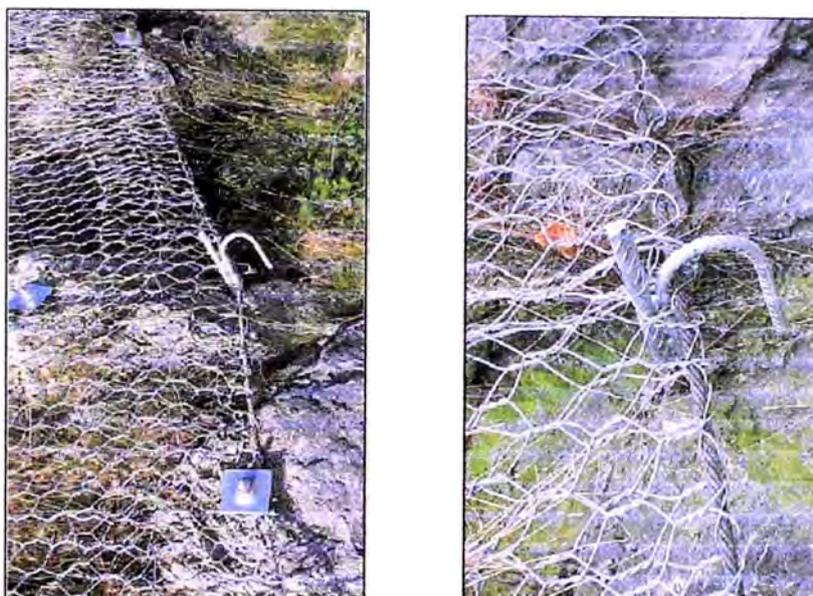


Gráfico N° 3.16 – *A la izquierda anclaje compuesto por pernos de expansión y varillas de acero, usados en rocas fisuradas, duras y no meteorizables. A la derecha anclaje compuesto por varillas de acero (\varnothing 14-24mm) colocadas (cada 1,5 – 2.0m) en perforaciones y fijadas con resinas o morteros usados en rocas compactas con posibilidad de deterioro.*

b) Roca compacta con posibilidad de deterioro: es aconsejable realizar una serie de agujeros en la roca, profundos no menos de 0,50 m, a la distancia de 1,5-2,0 m, en los cuales serán introducidas varillas de construcción (Ø14-16 mm) dobladas a garfio y en los cuales posteriormente estas serán aseguradas rellenando los agujeros con mortero de cemento o con resinas idóneas.



Gráfico Nº 3.17 – Anclaje compuesto por varillas de acero (\varnothing 20-30mm, $L = 1,0 - 1,5m$) fileteadas colocadas (cada 2,0 - 3,0m) en perforaciones llenadas posteriormente con concreto, unidas con cable de acero para repartir las cargas, en suelos sueltos. Como alternativa es posible ahogar la red en una trinchera longitudinal excavada a lo largo de la cumbre.

c) *Terreno compacto; a la misma distancia se plantarán en el terreno varillas (0 18-20 mm) largas 0,50-0,80 m dotadas, también, de un gancho donde será amarrado el paño de red. En todos los casos, es preferible unir los varillas, provistos de argollas, con un cable de acero \varnothing 8 mm que tendrá que ser amarrado a la red.*

d) *Terreno vegetal, sin consistencia: en tal caso es aconsejable ahogar los anclajes (\varnothing 14-16 mm siempre a la distancia de 1,50-2,00 m) en cubos de hormigón, a los cuales será amarrada la red por medio de un cable de acero continuo. Alternativamente, es posible excavar una valla paralelamente a la cumbre del talud, colocar en ella la extremidad de la malla doblada, sujetándola al terreno con fierros de construcción y posteriormente vaciar concreto en la misma.*

Anclajes a lo Largo del Talud

Antes de extender la red, en el caso sea necesario, deberán ser eliminados del talud todos los elementos sueltos o inestables, demoliéndolos si es necesario.

Los paños de red tendrán que ser amarrados con cuidado entre si de manera continua, utilizando alambre de acero de las mismas características y con diámetro menor del usado para la producción de la red.

En los tramos donde se registran algunas superposiciones, particularmente en los tramos en curva, es aconsejable un traslape sin cortar la red porque esto puede debilitar la estructura y llevaría a una inútil pérdida de tiempo.

Se tendrá que prever anclar oportunamente los paños a la pared en razón de un elemento cada 10-15 m² de superficie revestida cuando es necesario impedir el deslizamiento de las piedras a lo largo de las paredes.

En lo que se refiere a los tipos de anclaje, pueden ser definidos en función de las características del talud.

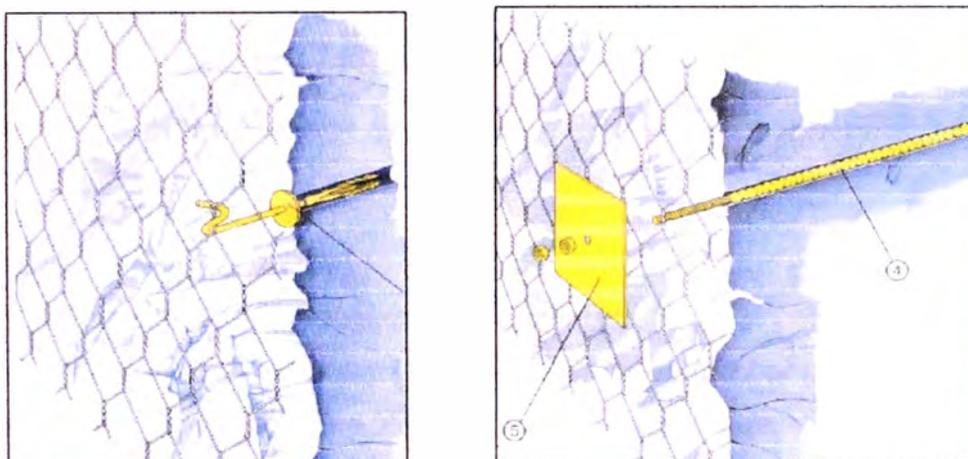


Gráfico N° 3.18 – Fijado a lo largo del talud.



Gráfico N° 3.19 – Anclaje en la parte mediana del talud compuesto por una varilla de construcción fileteada (\varnothing 20-30mm, L = 1,0 –1,5m), una placa metálica (12 x 12 cm.) con tuerca de fijación, colocada en una perforación de la roca y fijada con resina o mortero. Usado en rocas sanas, compactas, duras y sujetas a meteorización.

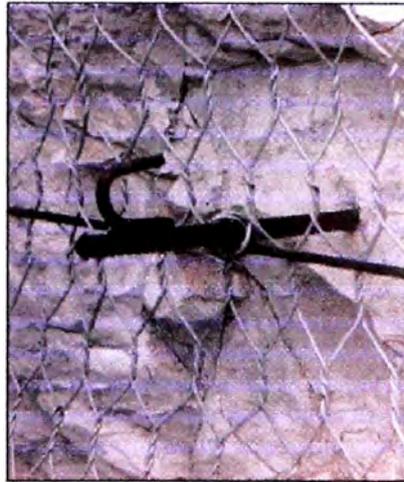


Gráfico N° 3.20 – Anclaje en la parte mediana del talud compuesto por una varilla de construcción en una extremidad de la cual ha sido soldada otra menor para formar un gancho clavada en roca. Usado en rocas fracturadas, duras y no meteorizables. En este caso, adicionalmente, es usado un cable de acero para aumentar la resistencia del revestimiento.

Sistematización al pié del Talud

Se consideran validas las siguientes alternativas:

1. Dejar simplemente libre la extremidad inferior de la red por más o menos 0,30 m, para poder remover más fácilmente los detritos que, después de haber deslizado entre red y talud, se hayan depositado en el pié.
2. Bloquear la red al pié para contener los detritos que se desprenden de la pared y se acumulan a la base del revestimiento. Tal anclaje, ejecutado según las modalidades indicadas en los puntos anteriores, tendrá que permitir periódicas y necesarias operaciones de descarga del material acumulado. Después de cada limpieza, la red deberá ser anclada nuevamente.



Gráfico N° 3.21– Fijado de la Biomanta en la parte superior del talud.



Gráfico N° 3.22– Fijado de la Biomanta en la parte superior del talud.

Uniones y Amares entre Paños

Para un primer ajuste de los paños, pueden ser usados puntos aislados para evitar movimientos antes del amarre definitivo. Para la unión de los paños es aconsejable la unión de forma continua, alternando vueltas simples y dobles.

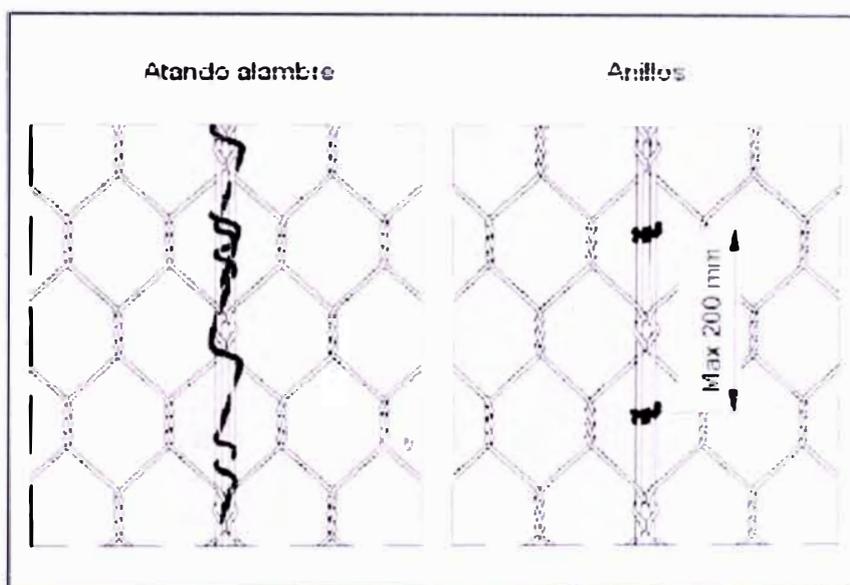


Gráfico N° 3.23 – Fijado de la Biomanta en la parte superior del talud.



Gráfico N° 3.24 – Fijado de la Biomanta en la parte superior del talud.

4.4 Ventajas y Desventajas

Desventajas de las Biomantas

- *Las biomantas son colocadas directamente sobre los taludes, y poseen una densidad de filamentos bastante elevada. Esto puede generar un impedimento al crecimiento de la vegetación luego de la germinación de las semillas, pues los tallos de las plantas buscarán la luz a través de las pequeñas aberturas de la biomanta. Solamente aquellos brotes lo suficientemente fuertes atravesarán la biomanta para recibir los rayos de sol.*
- *Al ser colocadas las biomantas directamente sobre los taludes, protegen bastante bien al suelo de las lluvias durante los inicios de la tormenta. El problema se inicia cuando la biomanta se satura y se forma un flujo entre la superficie inferior de la biomanta y la superficie del suelo. Esta escorrentía circula directamente sobre el talud de suelo, erosionándolo al alcanzar velocidades mayores a la de inicio de movimiento.*
- *Las biomantas tienen un periodo de vida que puede prolongarse hasta dos años, y depende mucho de los cambios climáticos, la humedad y la precipitación.*
- *Con el uso de biomantas se podría generar un impacto negativo por el hecho de llevar una especie que no se desarrolla en la zona. Pudiendo producir cambios en las especies vivas existentes en el lugar.*
- *Por lo mismo que tienen un periodo de funcionamiento y uso bastante reducido, su uso se limitaría solo a favorecer el crecimiento de la vegetación y en taludes con características óptimas para el crecimiento de estas.*

El Empleo de la Biomanta en la zona del proyecto no se considera apropiado debido a:

- **La pronunciada inclinación de los taludes no favorece para el cultivo.**
- **La necesidad del talud es de ser protegido de la erosión y no se lograría favoreciendo la vegetación por las características del material que lo conforman.**
- **Ofrece obviamente una menor resistencia a la tracción que una geomanta.**
- **Al no prosperar la vegetación durante el tiempo que dura la geomanta se debería pensar en otras alternativas.**

Ventajas de la Geomanta

- **Las geomantas son colocadas sobre los taludes y rellenas con suelo y semillas en su interior de más de 90% de vacíos y con abertura media de 2 a 5mm, el cual no representa un impedimento a la germinación y al crecimiento de la vegetación.**
- **Las geomantas forman un colchón de suelo reforzado por la estructura de filamentos de polipropileno distribuidos aleatoriamente, este colchón es resistente a las gotas de lluvia y a la escorrentía superficial, esta característica hace que la geomanta prolongue su campo de aplicación para ser usadas en cunetas o canales vegetados de velocidades hidráulicas moderadas.**
- **La composición de la geomanta a partir de monofilamentos de polipropileno, aseguran la vida útil del producto frente a las condiciones mas adversas en un lapso no menor a 18 meses. En situaciones normales, la geomanta puede degradarse hasta en cinco años.**

Ventajas de la Malla hexagonal de doble torsión.

- **Previene posibles desprendimientos de piedras mejorando la estabilidad superficial de la ladera.**
- **Se adecua fácilmente a la superficie del talud por el hecho de no estar soldada.**
- **Es un sistema de colocación fácil y rápida.**
- **Es una alternativa muy oportuna en ocasiones en las que no se cuenta con el espacio suficiente para colocar algún tipo de pantalla.**

Para estos problemas particulares en este tramo de carretera nuestra solución será el uso de una geomanta en combinación con la malla hexagonal de doble torsión. Quizás, podría sugerirse el uso de la Geomanta Macmat – R, la cual resulta una combinación de estos dos productos. Pero si se desea ser más precisos y pensar optimizar los recursos, se deberá hacer un estudio de los problemas más específicamente. Donde se hará uso de estos tres productos justo donde son requeridos.

La malla hexagonal de doble torsión por si sola sería usada solamente en las zonas donde el problema consiste en el potencial del desprendimiento y caída de rocas de los taludes. Seguidamente, el empleo de la Geomanta sería colocado en las zonas propensas a sufrir los efectos de la erosión, y finalmente, la combinación de éstos o el producto equivalente, sería utilizado en las zonas donde los problemas presentes consisten en la erosión del talud y el desprendimiento de las rocas del talud.

De esta forma se estará previniendo los riesgos potenciales en estos taludes. Pero no se debe olvidar que esta alternativa para el control de la erosión en los taludes sólo puede ser usada cuando el talud se encuentra geotécnicamente estable, pues si el talud ha perdido su estado de equilibrio deben pensarse alternativas más apropiadas según su caso particular.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- *En el desarrollo de los proyectos viales, es de suma importancia evaluar los impactos que pueden ser generados durante y después de la ejecución. Esto debido a que al efectuar cambios en la geometría del terreno, también se estén generando zonas potenciales a accidentes por la falta de control o inexperiencia en cuanto a las condiciones del lugar.*
- *Debemos tener siempre presente que la solución planteada como alternativa para un talud en particular, muchas veces no es la solución general para todos los taludes de la zona en que se trabaja.*
- *Debido a la presencia de taludes casi verticales en la zona, al momento de que se desprenda una roca, esta generará tensiones en la cobertura mayores que las que tendría en un talud con inclinación menos pronunciada. Esto se debe analizar al momento de elegir el tipo de cobertura y los anclajes por usar.*
- *Las características del anclaje para mantener la cobertura en el talud, debe ser de acuerdo a los estudios geotécnicos efectuados. Pues la colocación de anclajes típicos, podrían no tener un buen funcionamiento.*
- *El uso de mantas para el control de la erosión junto con la malla hexagonal de doble torsión es la alternativa mas apropiada para el presente problema particular. Dado, que retiene de forma pasiva las posibles piedras a desprenderse y contribuye al control de la erosión superficial.*

RECOMENDACIONES

- *El uso de mantas de control de erosión sólo son factibles de usar en casos donde el talud es geotécnicamente estable, ya que estas sólo controlan la erosión superficial.*
- *Es recomendable tener bien claro los problemas que presentan los taludes antes de sugerir alguna alternativa de solución. Por ello siempre es necesario efectuar un adecuado estudio geotécnico en la zona de evaluación.*
- *Es recomendable hacer uso de las biomantas en taludes con inclinación no muy pronunciada; esto debido a que estas por lo general tienen poca resistencia a la tracción.*
- *Las biomantas deben usarse en casos donde nuestro objetivo final es la revegetación del talud. Esto debido a que en un periodo de tiempo después de colocadas, estas se degradarán. Quedando sólo la vegetación con la que contribuyeron para su crecimiento, y luego éstas se ocuparán de controlar la erosión superficial del talud.*
- *Algunas veces es recomendable la combinación de las alternativas. Por ejemplo, en los taludes de la zona del proyecto, se tiene problemas de caída de rocas y erosión de la superficie del talud, para lo cual se usa la combinación de la malla hexagonal de doble torsión para prevenir la caída de rocas juntamente con la geomanta a fin de controlar la erosión superficial.*

BIBLIOGRAFIA

- *"MANUAL DE ESTABILIZACIÓN Y REVEGETACIÓN DE TALUDES "*, CARLOS LÓPEZ JIMENO, ENTORNO GRAFICO S.L (MADRID), 1998.
- *FOLLETO DE "REVESTIMIENTOS DE TALUDES"*, MACCAFERRI, 2005.
- *FOLLETO DE "GAVIONES Y OTRAS SOLUCIONES EN MALLA HEXAGONAL DE DOBLE TORSIÓN"*, MACCAFERRI, 2005.

Anexos

A.1 Especificaciones de la malla de doble torsión contra la caída de rocas (de 8 x 10)

SPECIFICATIONS
STANDARD ZINC AND PVC COATED
DOUBLE TWIST
ROCKFALL NETTING
8x10 TYPE WIRE MESH

MACCAFERRI with the additional PVC coated sleeve can be used in a polluted environment, where soils or water is acidic, in salt or fresh water or wherever the risk of corrosion is present. Installation should be in accordance with the manufacturer's instructions.

Throughout this publication the terms "**ROCKFALL NETTING & MESH** " shall refer to the Maccaferri Rockfall Netting manufactured at the Williamsport plant, Williamsport, Maryland or as otherwise specified.

SPECIFICATIONS FOR STANDARD ROCKFALL NETTING MACCAFERRI MADE OF ZINC COATED DOUBLE TWIST, 8 X 10 TYPE MESH, FITTED WITH DIAPHRAGMS.

1) GENERAL DESCRIPTION

The standard type rockfall netting shall be a flexible zinc coated rockfall netting of the type and sizes specified below. It is made of wire mesh of the type and size and selvages as specified in the following paragraphs.

MESH

The mesh shall be hexagonal woven mesh with the joints formed by twisting each pair of wires through three half turns. Because of their appearance, the joints are often termed triple twisted. The size of the mesh conforms to the specifications issued by the plant and shall be of **8 x 10 type mesh. Nominal mesh size is 3-1/4 x 4-1/2 inches.**

3) WIRE

All wire used in the fabrication of the rockfall netting and in the wiring operations during construction for the Zinc Coating and Tensile Strength shall be in accordance with the requirements of ASTM A 641-92, Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Carbon Steel Wire, for galvanized wire, class 3, soft temper, as measured before fabrication of the netting. The **nominal** diameter of the wire used in the fabrication of the netting shall be 0.120 inches.

4) ELONGATION OF WIRE

Test shall be made on the wire before fabrication of the rockfall netting on a sample twelve inches long. Elongation shall not be less than 12%, in accordance with the requirements of ASTM A 370-92, Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products.

5) ZINC COATING (GALVANIZING)

All wire used in the fabrication of the rockfall netting and in the wiring operations during construction shall be coated to ASTM A 641-92 for Zinc coated (galvanized) carbon steel wire.

The minimum weight of the zinc coating shall be according to the figures shown in the table below when tested in accordance with ASTM A 90-93.

Nominal Diameter of Galvanized Wire

Minimum weight of coating

0.0866 inches	lacing wire	0.70	ozs./sq.ft.
0.120 inches	mesh	0.85	ozs./sq.ft.
0.1535 inches	selvedge	0.90	ozs./sq.ft.

The adhesion of the zinc coating to the wire should be such that, when wrapped around a mandrel in accordance with ASTM A 641-92, the zinc coating will not crack or flake to such an extent that any zinc can be removed by rubbing with the bare fingers.

6) SELVEDGES

All edges of the standard rockfall netting including end-panels and the diaphragms, if any, shall be mechanically selvedged in such a way as to prevent unraveling of the mesh and to develop the full strength of the mesh. The wire used for the selvedge shall have a diameter greater than that of the wire used to form the mesh, namely:

For the 8 x 10 type mesh made of wire having a **nominal** diameter of 0.120 inches the selvedge shall be of wire having a **nominal** diameter of 0.1535 inches or greater.

7) DIMENSIONS FOR GALVANIZED MESH

Standard Zinc-Coated rockfall netting shall have the following dimensions:

- Nominal Length = 150 feet
- Nominal Width = 12 feet

8) Lacing Wire

Sufficient lacing and connecting wire shall be supplied with the rockfall netting for all wiring operations carried out in the construction of the mesh work. The lacing wire procedure consists of cutting a length of lacing wire approximately 1-1/2 times the distance to be laced (not to exceed 5 feet), securing one of the wire at the corner by looping and twisting, alternately lacing with single and double loops every other mesh opening at intervals of not more than six (6) inches (150 mm) and securing the other end of the wire to selvedges by looping and twisting.

The **nominal** diameter of lacing wire shall be 0.0866 inches.

8A) FASTENERS

Rings can be used in lieu of lacing wire for assembly and installation operations of the mesh. Rings shall be supplied with the same Zinc Coating as the mesh and the wire diameter of the rings shall be the same as the mesh. The wire used for the rings supplied by MACCAFERRI GABIONS, (Reference No. 11G40) shall be coated in accordance with ASTM A 641-92. Coating weight per ASTM A 90-93, also ASTM A 764-93, Class II, Type III. Tensile strength to be determined as per ASTM E 8/MTP 2004. Spacing of the fasteners must not exceed six (6) inches.

9) DIAPHRAGMS

According to engineering requirements the rockfall netting incorporate diaphragms to form cells having a length not greater than one and half the width of the mesh.

10) TOLERANCES

WIRE

Tolerances on the diameter of all wire in the above clauses shall be permitted in accordance with ASTM A 641-92 Table 3.

Tolerances of (+/-) 5% on the width, and length of the rockfall netting shall be permitted.

NOTES

All dimensions are subject to confirmation as manufacturing requirements may dictate that the **nominal** sizes shall be varied from those given in Section 7, and tolerance shall apply to these adjusted dimensions.

MACCAFERRI GABIONS, Inc. reserves the right to amend these specifications without notice and specifiers are requested to check as to the validity of the specification they are using. The date of this issue is **February, 1993**.

SPECIFICATIONS FOR STANDARD MACCAFERRI MADE OF GALVANIZED AND PVC COATED DOUBLE TWIST, 8 X 10 TYPE MESH.

1) GENERAL DESCRIPTION

The PVC coated shall be flexible zinc and PVC coated rockfall netting of the type and sizes specified below. It is made of wire mesh of the type and size and selvages as specified in the following paragraphs.

2) MESH

The mesh shall be hexagonal woven mesh with the joints formed by twisting each pair of wires through three half turns. Because of their appearance, the joints are often termed triple twisted. The size of the mesh conforms to the specifications issued by the plant and shall be of **8 x 10 type mesh. Nominal mesh size is 3-1/4 by 4-1/2 inches.**

3) WIRE

All wire used in the fabrication of the rockfall netting and in the wiring operations during construction ASTM A 641-92, Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Carbon Steel Wire, fabrication of the netting. The **nominal** diameter of the wire used in the fabrication of the netting shall be 0.1063 inches.

The **nominal** diameter of the steel wire core, used in the fabrication of the netting shall be 0.1063 inches with a PVC coating, extruded onto the wire core, having a **nominal** thickness of 0.02165 inches, with an minimum thickness of 0.015 inches. An overall **nominal** diameter of 0.1496 inches is obtained.

4) ELONGATION OF WIRE

Test shall be made on the wire before coating with PVC and fabrication of the rockfall netting on a requirements of ASTM A 370-92.

5) ZINC COATING (GALVANIZING)

All wire used in the fabrication on the rockfall netting in the wiring operations during construction shall be coated to ASTM A 641-92 for Zinc Coated (galvanized) carbon steel wire. The minimum weight of the zinc coating shall be according to the figures shown in the table below when tested in accordance with ASTM A 90-93.

Nominal Diameter of PVC Wire

Minimum weight of coating

0.0866 inches	lacing wire.....	0.70 ozs./sq.ft
0.1063 inches.....	mesh.....	0.80 ozs./sq.ft.
0.1338 inches.....	selvage.....	0.85 ozs./sq.ft.

The adhesion of the zinc coating to the wire should be such that, when wrapped around a mandrel in accordance with ASTM A 641-92, the zinc coating will not crack or flake to such an extent that any zinc can be removed by rubbing with the bare fingers.

6) SELVEDGES

All edges of the PVC coated rockfall netting including, shall be mechanically selvaged in such a way as to prevent unraveling of the mesh and to develop the full strength of the mesh. The wire used for the selvage shall have a diameter greater than that of the wire used to form the mesh, namely:

For the 8 x 10 type mesh, made of wire having a **nominal** core diameter of 0.1063 inches, the selvage shall be of wire having a **nominal** diameter of 0.1338 inches or greater.

7) DIMENSIONS OF PVC COATED

Standard PVC coated shall have the following dimensions:

Nominal Length = 150 feet

Nominal Width = 12 feet

8) LACING WIRE

Sufficient lacing and connecting PVC coated wire shall be supplied with the mesh for all wiring operations carried out in the construction of the rockfall netting work. The lacing wire procedure consists of cutting a length of lacing wire approximately 1-1/2 times the distance to be laced (not to exceed 5 feet), securing one end of the wire at the corner by looping and twisting, alternately lacing with single and double loops every other mesh opening at intervals of not more than six (6) inches (150mm) and securing the other end of the wire to selvages by looping and twisting.

The **nominal** diameter of lacing wire shall be 0.0866 inches and shall comply to the same specification as the wire used in the mesh.

8A) FASTENERS

Rings can be used in lieu of lacing wire for joining and installation operations. Rings supplied shall be stainless steel. The wire diameter of the rings shall be the same as the mesh. The wire used for the rings supplied by MACCAFERRI GABIONS, (Reference No. 1SS40) shall be in accordance with ASTM A 313-92 type 302, class I. Load tests shall conform to ASTM A 370-92. Tensile strength to be determined as per ASTM E8/MTP 2004. Spacing of the fasteners must not exceed six (6) inches.

9) P.V.C. COATING

All wire used in the fabrication of the mesh and in the wiring operations during construction shall, after zinc coating have extruded onto it a coating of polyvinyl chloride, otherwise referred to as "P.V.C.". The coating shall be grey in color of nominal thickness

0.02165 inches and shall nowhere be less than 0.015 inches in thickness. It shall be capable of resisting deleterious effects of natural weather exposure, immersion in salt water and shall not show any material difference in its initial characteristics which are:

9A) INITIAL PROPERTIES OF PVC USED IN COATING

9A/1 SPECIFIC GRAVITY

Shall be 1.30 to 1.35 kg/Dm³, in accordance with ASTM D 2287-92, Table 1 when tested as specified in ASTM D 792-91.

9A/2 DUROMETER HARDNESS

Shall be 50 to 60 Shore D, in accordance with ASTM D 2287-92, Table 1 when tested as specified in ASTM D 2240-91 (ISO 868 1985).

9A/3 VOLATILE LOSS

At 105 degree C for 24 hours = shall not be higher than 2%

At 105 degree C for 240 hours = shall not be higher than 6% in accordance with ASTM D 2287-92 when tested as specified in ASTM D 1203-89 (ISO 176-1976).

9A/4 TENSILE STRENGTH

Shall not be less than 210 Kg/cm² in accordance with ASTM D 412-92.

9A/5 ELONGATION

Shall not be less than 200% nor higher than 280% in accordance with ASTM D 2287-92, when tested as specified in ASTM D 412-92.

9A/6 MODULUS OF ELASTICITY AT 100% OF ELONGATION

Shall not be less than 190 Kg/cm² when tested as specified in ASTM D 412-92.

9A/7 RESISTANCE TO ABRASION

The loss of weight shall not be more than 0.19 g in accordance with ASTM D 1242-92

9A/8 BRITTLENESS TEMPERATURE

Cold bend temperature = shall not be higher than -30 degrees C in accordance with BSS 2782-151A (84)

Cold flex temperature = shall not be higher than +15 degree C in accordance with BSS 2782-153A.

9A/9 CREEPING CORROSION

Maximum penetration of corrosion of the wire core from a square cut end shall be 25mm when the specimen has been immersed for 2000 hours in a 50% SOLUTION HCl (hydrochloric acid 12 Be).

9B) Variation of the initial properties will be allowed, as specified hereunder, when the specimen is submitted to the following accelerate aging tests:

9B/1 SALT SPRAY TEST

According to ASTM B 117-90

Period of test - 3000 hours.

9B/2 EXPOSURE TO ULTRAVIOLET RAYS

According to ASTM D 1499-92a and ASTM G 23-93 using apparatus type E or as otherwise approved.

Period of test: 3000 hrs. at 63 degrees C or as otherwise agreed.

9B/3 EXPOSURE AT HIGH TEMPERATURE

According to ASTM D 1203-89, (ISO 176-1976), and ASTM D 2287-92

Period of test = 240 hours at 105 degree C

After the above tests have been performed the P.V.C. compound shall show the following properties:

9C) PROPERTIES AFTER AGING TESTS

9C/1 APPEARANCE OF COATED MESH

The vinyl coating shall not crack, blister or split and shall not show any remarkable change in color.

9C/2 SPECIFIC GRAVITY

Shall not show change higher than 6% of its initial value.

9C/3 DUROMETER HARDNESS

Shall not show change higher than 10% of its initial value.

9C/4 TENSILE STRENGTH

Shall not show change than 25% of its initial value.

9C/5 ELONGATION

Shall not show change higher than 25% of its initial value.

9C/6 MODULUS OF ELASTICITY

Shall not show change higher than 25% of its initial value.

9C/7 RESISTANCE TO ABRASION

Shall not show change of more than 10% of its initial value.

9C/8 BRITTLINESS TEMPERATURE

Cold Bend Temperature = Shall not be higher than -20 degree C
Cold Flex Temperature = Shall not be higher than + 18 degree C.

10) TOLERANCES

WIRE

Tolerances on the diameter of all wire in the above clauses shall be permitted in accordance with ASTM A641-92 Table 3.

ROCKFALL NETTING

Tolerances of (+/-) 5% on the width, and length of the rockfall netting shall be permitted.

NOTES

All dimensions are subject to confirmation as manufacturing requirements may dictate that the **nominal** sizes shall be varied from those given in Section 7, and tolerances shall apply to these adjusted dimensions.

MACCAFERRI GABIONS, Inc. reserves the right to amend these specifications without notice and specifiers are requested to check as to the validity of the specification they are using. The date of this issue is **February, 1993**.