

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**PLANEAMIENTO VIAL  
CONTRA TSUNAMIS  
EN LAS COSTAS BAJAS DEL CALLAO**

**TESIS**  
Para optar el Título Profesional de  
**INGENIERO CIVIL**

**Augusto Luis Iwamoto Ito**

Lima - Perú  
1992

## **AGRADECIMIENTOS**

---

*Este trabajo, fue asesorado por los Ingenieros Julio Kuroiwa Horiuchi y Samuel Mora Quiñones, pertenecientes al Centro de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) y al Area de Topografía y Vías de Transportes de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI respectivamente; quienes dieron los derroteros, observaciones y sugerencias necesarias dentro de sus correspondientes especialidades, para que la preparación y conclusión de la presente investigación llegara a tener el éxito deseado, para ellos mi sincero agradecimiento.*

*Mi reconocimiento al Ing. Gonzalo Brazzini Silva, del Area de Topografía y Vías de Transportes de la UNI, por su apoyo incondicional en las diferentes etapas de elaboración de los planos de la Av. Costanera. Asimismo, he de expresar mi gratitud a muchos colegas y amigos que brindaron su generosa asistencia moral y material, proporcionando planos, datos e informes bibliográficos, necesarios para documentar el estudio realizado, facilitados a través de diferentes entidades que son en particular:*

*Dirección de Hidrografía y Navegación de La Marina; CORDE-CALLAO; Area de Topografía y Vías de Transportes de la UNI; Departamento de Mecánica de Suelos de la UNI; Laboratorio Central del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; INVERMET; Secretaría de Transporte*

*Urbano del Callao; Municipalidades del Callao, La Punta, La Perla y San Miguel; Ministerio de Vivienda y Construcción; Instituto Nacional de Defensa Civil y a la Cía. Salvadora Callao Nro. 9, perteneciente al Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú, por haber permitido desarrollar mi vocación de servicio, sumergido dentro de la labor altruísta que lo identifica y a sus miembros por haber apoyado con entusiasmo e interés, la realización de las diferentes investigaciones de campo.*

*Finalmente mi sincero agradecimiento al Arq. José Sato Onuma, Jefe del Departamento de Planeamiento y Mitigación de Desastres del Centro de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), que a través de la financiación de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), puso interés en la presente tesis de grado, al auspiciar su publicación.*

**A MIS PADRES LUIS Y MARTHA  
A MIS HERMANOS CESAR Y ROBERTO**

***Quienes con sus sacrificios, no  
han dejado de apoyarme en todas  
las etapas de mi vida de  
estudiante.***

***POR LA CIUDAD QUE ABRIGO A MIS ANCESTROS  
POR LA SEGURIDAD, BIENESTAR Y DESARROLLO DE SUS POBLADORES  
Y POR LA ALEGRÍA DE SERVIR  
EL ESFUERZO Y DEDICACION DE ESTE ESTUDIO***

***A LA MEMORIA DE MIS ABUELOS,  
DE MI TIA ROSA Y POR LA SALUD  
DE MIS FAMILIARES Y AMIGOS***

## **RESUMEN**

---

*Los planes desarrollados para afrontar cualquier caso de emergencia en caso de tsunamis en la Provincia Constitucional del Callao, aún cuando están basados en condiciones específicas, no son estáticos y deben ser analizados, actualizados y refinados constantemente. Por ello resulta importante el diagnóstico y prevención actual del área inundable, debido a los cambios producidos durante el período establecido desde la formulación de los planes existentes hasta hoy, tratando con lo antes mencionado de presentar la actualización del proceso de preparación para la atención de desastres, en relación con los tsunamis.*

*Para efectos del presente estudio, el área inundable estará delimitado al Norte por el río Rímac, al Sur y Oeste por el Océano Pacífico, y al Este por la cota topográfica + 7 mts., que corresponde aproximadamente a los límites con el distrito de Bellavista. Dentro del área inundable, la proyección para el año 1991 registra una población aproximada de 223,122 habitantes, lo que representa el 29.1% del total provincial, comprendiendo políticamente tres zonas denominadas La Punta, Chucuito y parte del Callao Central.*

*Con respecto a la problemática vial del área en estudio, se evaluará su*

*infraestructura actual y su relación con otros factores inherentes a ella, tratando de estudiar y corregir los tramos donde es posible que ocurran conflictos vehiculares, de forma que no resulten en un conjunto desequilibrado; estableciendo luego una serie de recomendaciones que permitirán asegurar un promedio aceptable, buscando con ello optimizar las acciones de evacuación en las zonas comprometidas para el caso de ocurrencia de los tsunamis.*

*Dentro de los límites geográficos impuestos para el presente estudio, podemos ver que la ubicación del distrito de La Punta, es el más vulnerable a los efectos de los tsunamis dentro del área inundable. Teniendo presente lo antes mencionado la totalidad de la población de este distrito tendría forzosamente que evacuar, buscando el cauce vehicular a través de las avenidas Grau y Bolognesi que corren paralelas a lo largo de la península, para luego internarse en la parte central del Callao, donde los evacuantes se encontrarían con una serie de obstáculos que provocarían el retardo de las acciones de escape hacia las zonas de seguridad.*

*Considerando que el tiempo crítico para abandonar la zona inundable está entre los 20 y 30 minutos, es necesario optar como una de las vías alternativas de evacuación de los pobladores de La Punta y parte del Callao, a la Av. Costanera en el tramo correspondiente desde Chucuito hasta su intersección con la Av. Santa Rosa en la Perla, asegurando de esta forma una vía de rápido ascenso hacia la zona de seguridad constituida*

*por la franja litoral superior.*

*Los estudios particulares para el diseño de la Av. Costanera como vía de evacuación alternativa, se desarrolla en la zona de playas pertenecientes a la bahía de Miraflores, más conocida como Mar Brava debido a sus aguas agitadas, con rompiente significativa y playa inabordable; a lo largo de esta franja se establece una población de bajos recursos, quienes sufren los problemas propios de la marginalidad social, en este sentido los niveles de delincuencia y violencia muestran registros bastante elevados.*

*La complejidad de una serie de fenómenos físicos que en forma constante han provocado problemas de erosión al perfil litoral en su zona de contacto con el mar, obliga a efectuar una serie de estudios orientados a adoptar soluciones que buscando lograr la estabilidad de los acantilados y formación de playas, permita la operatividad de la vía de evacuación y la utilización de mayores áreas estables a lo largo de la ribera.*

*Dentro de las alternativas para darle operatividad a la vía de evacuación, evitar el retroceso de la línea de costa, reducir la acción erosiva de las olas al pie de los acantilados, se propone la construcción de un enrocado longitudinal de protección de los taludes de la vía y la conformación de espigones que posibiliten la formación de playas con un arenamiento artificial, debido a la limitada cantidad de arena transportada a lo largo del litoral cuyos espaciamientos y longitudes dependerán de los estudios*

*particulares referidos al comportamiento oceanográfico propio de la zona.*

*El reconocimiento del terreno muestra la existencia de material de desmonte, conformado por suelos gravo-arenosos con contenido variable de arcilla y limo, presencia de cascotes de ladrillos, bloques de concreto de hasta 2 metros por lado, etc., cuyo espesor va incrementándose desde los niveles superficiales de las vías colindantes existentes hasta más de 3 metros de altura. Bajo esta capa de relleno se encuentra normalmente un estrato de material aluvional, que constituye el suelo natural.*

*La presencia del gran volumen de desmonte a lo largo del trazo de la vía proyectada, ameritó dentro de la investigación la necesidad de plantear el diseño estructural del pavimento. Para ello como primer paso fue necesario hacer un reconocimiento del terreno con ingenieros especialistas en suelos, con quienes se formuló una variedad de posibles soluciones muchas de ellas impracticables por el costo y por otras diferentes razones.*

*Finalmente se optó por la extracción de 2 muestras de suelos, que fueron las más desfavorables a lo largo del eje de la Av. Costanera, para posteriormente ser analizadas y ensayadas en el laboratorio, obteniéndose resultados que podrían adelantar el comportamiento del terreno, luego de brindarles un tratamiento especial. Se recomienda que en el futuro se tomen las muestras necesarias, para obtener un diseño estructural real a lo largo del trazo de esta nueva vía.*

*Dentro del diseño geométrico de la Av. Costanera se han considerado 3 accesos, tomando como base el distrito de La Punta como el área más vulnerable a los tsunamis, la zona de seguridad intermedia en el límite de la zona inundable a una cota de 7 m.s.n.m. y la zona de refugio ubicada a 22 m.s.n.m.. Deberá evitarse otros accesos intermedios, que puedan afectar el tránsito de los vehículos, tanto en condiciones normales de uso de la vía, como en el caso de ser utilizado como vía de ascenso rápido hacia las zonas de seguridad.*

*Dentro del diseño se han considerado la elección de la rasante, influenciada por los niveles de las vías anexas a los límites de propiedades colindantes, de las posibilidades de pendiente adecuada en función de las características del suelo y considerando el nivel de la marea más alta registrada en el Callao que para nuestro caso es de 1.20 metros sobre el nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias. Se han determinado los volúmenes del movimiento de tierras y de materiales necesarios para la conformación de las defensas litorales con enrocado longitudinal y espigones, quedando en claro que los valores así obtenidos son estimados y que requerirán un estudio detallado durante el proceso correspondiente a la ingeniería de detalle, obteniendo de esta forma los posibles presupuestos del proyecto propuesto.*

*No podemos escatimar la posibilidad de reacondicionamiento paralelo de este sector, que actualmente agobia a un porcentaje importante del área del*

*Callao, mostrando un semblante con problemas sociales, deterioro y servicios básicos deprimentes. Para ello es necesario una renovación urbana que aperture la zona y mejore la calidad de vida de sus habitantes, dotándolas de las condiciones básicas de habitabilidad, seguridad y desarrollo. Es necesario evitar el asentamiento de comercios en la franja litoral que creen focos de concentración de personas, que a la postre puedan provocar problemas vehiculares durante el uso normal de la vía o durante el proceso de evacuación, alternativamente considerar a lo largo de la franja costera, el desarrollo de un complejo de recreación no masiva con malecones, losas multideportivas, etc.,*

*Como es de conocimiento, el Proyecto Costa Verde trata de dar una alternativa de vinculación expresa, evitando así el acceso forzado por el centro de la ciudad; las primeras etapas, han logrado conectar distritalmente Chorrillos, Barranco, Miraflores, San Isidro, Magdalena y el sector Sur-Este de San Miguel. Además dentro de los alcances del proyecto, se encuentra la integración vial de los distritos de la zona Nor-Oeste de San Miguel, La Perla, Callao y La Punta.*

*De lo antes mencionado la ejecución de estos tramos se haría desde San Miguel a La Punta, según las futuras etapas consideradas dentro del proyecto. Por ello es necesario viabilizar la posibilidad de reprogramar su ejecución, con el fin de brindar a la población de la zona inundable, esta vía de evacuación vehicular lo más pronto posible.*

## **INDICE GENERAL**

---

### **AGRADECIMIENTOS**

<b>RESUMEN</b> .....	<i>i</i>
<b>INDICE GENERAL</b> .....	<i>vii</i>

### **CAPITULO I: MARCO DE REFERENCIA DEL ESTUDIO**

	<i>Pag.</i>
<b>1.1</b> <i>Introducción</i> .....	<i>1</i>
<b>1.2</b> <i>Antecedentes</i> .....	<i>3</i>
<b>1.3</b> <i>Objetivos del Estudio</i> .....	<i>5</i>
<b>1.3.1</b> <i>Objetivos Generales</i> .....	<i>5</i>
<b>1.3.2</b> <i>Objetivos Específicos</i> .....	<i>6</i>
<b>1.4</b> <i>Alcances</i> .....	<i>7</i>
<b>1.5</b> <i>Metodología</i> .....	<i>8</i>

### **CAPITULO II: ASPECTOS GENERALES**

<b>2.1</b> <i>Contexto Histórico</i> .....	<i>11</i>
<b>2.2</b> <i>Localización del Estudio</i> .....	<i>20</i>
<b>2.2.1</b> <i>Ubicación y Extensión de la Provincia Constitu-</i> <i>cional del Callao</i> .....	<i>20</i>
<b>2.2.2</b> <i>Ubicación y Extensión del Estudio</i> .....	<i>21</i>

2.3	<i>Aspectos Demográficos y Sociales</i>	24
2.3.1	<i>Población por Distritos</i>	24
2.3.2	<i>Estadística Poblacional en Zonas Inundables</i>	26
2.3.3	<i>Niveles Socio-Económicos</i>	27
2.4	<i>Aspectos Naturales del Litoral</i>	29
2.4.1	<i>Topografía</i>	32
2.4.2	<i>Suelos</i>	33
2.5	<i>Aspectos Oceanográficos</i>	35
2.5.1	<i>Batimetría Costera</i>	36
2.5.2	<i>Oleaje Frente al Litoral</i>	38
2.5.3	<i>Mareas</i>	40
2.5.4	<i>Vientos Locales</i>	41
2.5.5	<i>Corrientes Marinas</i>	42
2.6	<i>Climatología</i>	43

**CAPITULO III: DIAGNOSTICO VIAL ACTUAL Y CARACTERISTICAS DE LOS TSUNAMIS EN EL AREA INUNDABLE**

3.1	<i>Diagnóstico Vial en la Provincia Constitucional del Callao</i>	48
3.1.1	<i>Infraestructura Vial Existente</i>	49
3.1.2	<i>Jerarquización de Vías</i>	50
3.1.3	<i>Condición de la Infraestructura Vial</i>	52
3.1.4	<i>Intensidad Vehicular</i>	55
3.1.5	<i>Flujos de Transporte de Carga</i>	57
3.1.6	<i>Capacidad y Congestión Vial</i>	58
3.1.7	<i>Rutas de Transporte Público</i>	59

3.2	<i>Características de los Tsunamis en el Callao</i>	60
3.2.1	<i>Alerta y Alarma en Caso de Tsunamis</i>	60
3.2.2	<i>Tiempo de Llegada de la Primera Ola</i>	62
3.2.3	<i>Altura de la Ola en la Costa y Límite de la Zona Inundable</i>	63

## **CAPITULO IV: PLANEAMIENTO VIAL Y AFINES EN CASO DE TSUNAMIS**

4.1	<i>Actualización para la Vigencia del Plan de Preparación en Caso de Tsunamis para el Callao y La Punta</i>	64
4.1.1	<i>Refugios Temporales en Caso de Tsunamis</i>	64
4.1.2	<i>Estimación del Tiempo de Evacuación</i>	69
4.1.3	<i>Selección de las Rutas de Evacuación</i>	69
4.1.4	<i>Control de Tráfico</i>	71
4.1.5	<i>Seguridad, Orden Interno y Control de Tráfico</i>	73
4.2	<i>Componentes Críticos y Medidas de Prevención a Considerarse en el Area Inundable</i>	77
4.2.1	<i>Comercio Ambulatorio</i>	77
4.2.2	<i>Servicio de Transporte Público</i>	78
4.2.3	<i>Transporte Local de Carga y Materiales Peligrosos</i>	80
4.2.4	<i>Parqueo de Vehículos</i>	81
4.2.5	<i>Grifos de Abastecimiento de Gasolina</i>	83
4.2.6	<i>Viviendas en la Zona Inundable por Tsunamis</i>	84
4.2.7	<i>Trabajos en la Vía Pública</i>	86
4.2.8	<i>Iluminación en Vías</i>	87
4.2.9	<i>Ubicación de Astilleros en la Zona Inundable</i>	88
4.2.10	<i>Alternativas de Atención Hospitalaria en Caso de Desastres</i>	90

<b>4.3</b>	<b><i>Construcción, Mejoramiento, Rehabilitación y Mantenimiento</i></b>	
	<i>Vial en la Zona Inundable</i> . . . . .	92
4.3.1	<i>Construcción de Nuevas Vías</i> . . . . .	93
4.3.2	<i>Ampliación y Mejoramiento de Avs. Principales</i> . . . . .	94
4.3.3	<i>Rehabilitación, Mantenimiento de Vías</i> . . . . .	95

**CAPITULO V: DISEÑO DE LA AVENIDA COSTANERA**

5.1	<i>Objetivos del Estudio de la Vía Costanera</i> . . . . .	98
5.2	<i>Desarrollo del Trazo</i> . . . . .	99
5.3	<i>Antecedentes</i> . . . . .	100
5.4	<i>Estabilidad de Taludes</i> . . . . .	102
	5.4.1 <i>Geomorfología General</i> . . . . .	102
	5.4.2 <i>Geomorfología de los Acantilados</i> . . . . .	104
	5.4.3 <i>Geotecnia de los Acantilados</i> . . . . .	105
	5.4.4 <i>Aspectos Geosísmicos</i> . . . . .	106
5.5	<i>Protección Contra la Erosión Provocada por la Acción</i> <i>del Mar y de Formación de Playas</i> . . . . .	108
	5.5.1 <i>Estudio de Defensas</i> . . . . .	108
	5.5.2 <i>Infraestructura Existente en el Area del Pro-</i> <i>yecto</i> . . . . .	109
	5.5.3 <i>Problemática Actual de Diseño de Espigones y</i> <i>Defensas</i> . . . . .	110
	5.5.4 <i>Investigación del Transporte de Sedimentos</i> . . . . .	112
5.6	<i>Alternativas de Defensa y Formación de Playas</i> . . . . .	113
5.7	<i>Diseño Geométrico</i> . . . . .	116
	5.7.1 <i>Alineamientos y Curvas Horizontales</i> . . . . .	117
	5.7.2 <i>Perfil Longitudinal</i> . . . . .	118
	5.7.3 <i>Secciones Transversales</i> . . . . .	119

5.7.4	<i>Accesos</i>	121
5.8	<i>Diseño Estructural del Pavimento</i>	124
5.8.1	<i>Reconocimiento del Terreno</i>	124
5.8.2	<i>Obtención de Muestras y Ensayos de Laboratorio</i>	125
5.8.3	<i>Diseño Estructural del Pavimento</i>	128
5.9	<i>Consideraciones para la Construcción</i>	130
5.10	<i>Volúmenes Estimados de Material</i>	134

## **CAPITULO VI: CONSIDERACIONES FINALES**

6.1	<i>Etapas para la Ejecución de la Avenida Costanera</i>	136
6.2	<i>Especificaciones de Uso de la Av. Costanera</i>	139
6.2.1	<i>Uso en Condiciones Normales</i>	139
6.2.2	<i>Sentidos de Flujo Vehicular de Evacuación</i>	141
6.3	<i>Reacondicionamiento y Desarrollo del Frente Costanero</i>	142

## **CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1	<i>Conclusiones y Recomendaciones</i>	147
7.1.1	<i>Area Inundable</i>	147
7.1.2	<i>Zona de Refugio</i>	149
7.1.3	<i>Avenida Costanera</i>	149

	<b>MATERIAL FOTOGRAFICO</b>	155
--	-----------------------------	-----

	<b>PLANOS</b>	166
--	---------------	-----

	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	173
--	---------------------	-----

	<b>ANEXOS</b>	
--	---------------	--

## INDICE DE FIGURAS

	<i>Pag.</i>
<i>Fig. 2.1 Evolución del Puerto del Callao</i>	
<i>Su Conformación en 1746. . . . .</i>	<i>18</i>
<i>Fig. 2.2 Evolución del Puerto del Callao</i>	
<i>Su Conformación en 1826. . . . .</i>	<i>18</i>
<i>Fig. 2.3 Evolución del Puerto del Callao</i>	
<i>Su Conformación en 1876. . . . .</i>	<i>18</i>
<i>Fig. 2.4 Evolución del Puerto del Callao</i>	
<i>Su Conformación en 1917. . . . .</i>	<i>18</i>
<i>Fig. 2.5 Evolución del Puerto del Callao</i>	
<i>Su Conformación en 1934. . . . .</i>	<i>19</i>
<i>Fig. 2.6 Ubicación y Extensión del Estudio . . . . .</i>	<i>23</i>
<i>Fig. 2.7 Situaciones Sucesivas del Retroceso del Litoral</i>	
<i>por la Acción Erosiva de las Olas . . . . .</i>	<i>31</i>
<i>Fig. 2.8 Levantamiento Batimétrico de las Bahías del Callao</i>	
<i>y Miraflores . . . . .</i>	<i>37</i>
<i>Fig. 4.1 Zona de Refugio Temporal "Yahuar Huaca" y Otras</i>	
<i>Instalaciones de Emergencia . . . . .</i>	<i>68</i>
<i>Fig. 4.2 Vías de Evacuación Vehicular y Puntos de Control</i>	
<i>de Tráfico . . . . .</i>	<i>76</i>
<i>Fig. 4.3 Componentes Críticos en el Area Inundable. . . . .</i>	<i>89</i>
<i>Fig. 5.1 Condiciones de Estabilidad de los Acantilados en</i>	
<i>la Costa Verde . . . . .</i>	<i>107</i>
<i>Fig. 6.1 Condiciones Actuales y Desarrollo del Sector Cos-</i>	
<i>tanero . . . . .</i>	<i>143</i>
<i>Fig. 6.2 Aproximación del Perfil Costanero Propuesto a lo</i>	
<i>Largo de la Franja Costera . . . . .</i>	<i>146</i>

## INDICE DE CUADROS

	<i>Pag.</i>
* <i>Superficie de la Provincia Constitucional del Callao, según Distritos . . . . .</i>	<i>21</i>
* <i>Población por Distritos . . . . .</i>	<i>25</i>
* <i>Estadística Poblacional en Zonas Inundables . . . . .</i>	<i>26</i>

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

	<i>Pag.</i>
<i>Foto # 1 Oleaje Destruyendo la Defensa Costanera. Tsunami del 9 de Abril de 1958 . . . . .</i>	<i>156</i>
<i>Foto # 2 Aguas Inundando la Ciudad del Callao. Tsunami del 20 de Enero de 1960 . . . . .</i>	<i>156</i>
<i>Foto # 3 Calle Paralela a la Mar Brava, Altura Molino Santa Rosa. Tsunami del 26 de Mayo de 1963 . . . . .</i>	<i>157</i>
<i>Foto # 4 Aspecto General de la Inundación del Callao. Tsunami del 26 de Mayo de 1963 . . . . .</i>	<i>157</i>
<i>Foto # 5 Congestionamiento Vehicular durante Horas Punta en la Av. de Evacuación Principal Miguel Grau . . . . .</i>	<i>158</i>
<i>Foto # 6 Problemas Ocasionados por el Desarrollo de la Containerización en el Puerto del Callao . . . . .</i>	<i>158</i>
<i>Foto # 7 Vivienda Típica de Quincha (Caña y Barro), en Inminente Peligro de Desplome dentro de la Zona Antigua del Callao . . . . .</i>	<i>159</i>
<i>Foto # 8 Vías Adoquinadas de 1 Solo Carril en la Zona Monumental del Callao . . . . .</i>	<i>159</i>

<i>Foto # 9</i>	<i>Cruce de Embarcaciones de Gran Eslora, Obstaculizando el Tráfico Vehicular a lo Largo de la Avenida Miguel Grau . . . . .</i>	<i>160</i>
<i>Foto # 10</i>	<i>Calles de Poca Accesibilidad Detrás de la Mar Brava con Pistas, Viviendas y Servicios Deteriorados . . . . .</i>	<i>160</i>
<i>Foto # 11</i>	<i>Presencia de Bloques de Concreto a lo Largo del Trazo de la Proyectada Av. Costanera . . . . .</i>	<i>161</i>
<i>Foto # 12</i>	<i>Cascotes de Ladrillo y Bolonería de Concreto como parte del Desmonte a lo Largo de la Franja Costanera . . . . .</i>	<i>161</i>
<i>Foto # 13</i>	<i>Estratigrafía Visible del Talud Existente, con Presencia de Material Orgánico y desmonte en el Trazo de la Av. Costanera . . . . .</i>	<i>162</i>
<i>Foto # 14</i>	<i>Toma de Muestras del Material Existente, a lo Largo del Eje de la Vía de Evacuación Propuesta en Caso de Tsunamis . . . . .</i>	<i>162</i>
<i>Foto # 15</i>	<i>Asentamiento de la Pista en un Tramo del Circuito Costa Verde . . . . .</i>	<i>163</i>
<i>Foto # 16</i>	<i>Tramo de la Costa Verde Afectado por la Acción Erosiva de las Olas . . . . .</i>	<i>163</i>
<i>Foto # 17</i>	<i>Viviendas Asentadas en las Areas No Ocupadas de la Mar Brava, después del Sismo de 1940, conocida como los "Barracones" del Callao . . . . .</i>	<i>164</i>
<i>Foto # 18</i>	<i>Altura Saloom, A.H.M. Alan García y Unidad Modelo. Véase la Diferencia de Niveles entre el Techo de las Viviendas y el Desmonte . . . . .</i>	<i>164</i>

<i>Foto # 19</i>	<i>1er. Espigón "Te" a la Altura de la Cuadra 2 de la Av. Miguel Grau. Nótese el Tamaño de Roca Utilizada</i> . . . . .	<i>165</i>
<i>Foto # 20</i>	<i>Desarrollo del Sector Costanero Propuesto con Areas de Recreación No Masiva. Losas Deportivas, Malecones, etc.</i> . . . . .	<i>165</i>

**INDICE DE PLANOS**

<i>P-1</i>	<i>Planta y Perfil Longitudinal.</i> <i>Av. Costanera (Km 0+000 al 0+800)</i> . . . . .	<i>167</i>
<i>P-2</i>	<i>Planta y Perfil Longitudinal.</i> <i>Av. Costanera (Km 0+800 al 1+700)</i> . . . . .	<i>168</i>
<i>P-3</i>	<i>Planta y Perfil Longitudinal.</i> <i>Av. Costanera (Km 1+700 al 2+600)</i> . . . . .	<i>169</i>
<i>P-4</i>	<i>Planta y Perfil Longitudinal.</i> <i>Av. Costanera (Km 2+600 al 3+420)</i> . . . . .	<i>170</i>
<i>P-5</i>	<i>Plano Clave, Señalización y Accesos.</i> <i>Av. Costanera</i> . . . . .	<i>171</i>
<i>P-6</i>	<i>Integración Vial Costanera y Protección Litoral</i> <i>Propuesta y Existente</i> . . . . .	<i>172</i>

# **CAPITULO I**

## **MARCO DE REFERENCIA DEL ESTUDIO**

---

### **1.1 Introducción**

*El planeamiento para la atención de desastres se basa en la investigación que oriente a la comunidad para anticiparse a ellos, por medio de una evaluación de los peligros a que está sometida, revisando pasados acontecimientos y efectuando un minucioso estudio de su mapa de riesgos. Para el caso supuesto de la ocurrencia de los tsunamis, el presente trabajo forma parte de una serie de estudios que se han desarrollado recientemente, con el fin primordial de prevenir a la población inundable de la Provincia Constitucional del Callao.*

*Según la Regionalización Sismo Tectónica, el Perú por su localización geográfica, en el Círculo de Fuego Circumpacífico, se halla dentro de la*

*zona de alta sismicidad en el mundo. Estudios previos han determinado que el Departamento de Lima, tiene una potencialidad sísmica con profundidades mayores a 60 Kms., con posibles intensidades de grado VIII en la escala de Mercalli Modificada, cuyo mayor porcentaje de ocurrencias se localizan frente a las costas del Callao.*

*Dada la potencialidad de ocurrencia, se ha determinado que un sismo con foco debajo del fondo marino de magnitud igual o mayor a 8 en la escala de Richter, puede causar un tsunami cuya primera ola llegaría a la costa en 20 ó 30 minutos después de producido el sismo, tiempos considerados como críticos para tsunamis de origen cercano.*

*El área de probable inundación, por efecto de una ola de 7 metros de altura, serían según las áreas distritales el 100% de La Punta, 30% de Ventanilla y parte del Callao Central. De lo antes mencionado se desprende que la conformación geológica y geomorfológica así como la acción dinámica del mar juegan un papel importante en la seguridad física del litoral, por el gran riesgo que ofrecen.*

*El crecimiento socio-económico y urbanístico de la provincia, por su ubicación frente al litoral y área de elevada sismicidad, requiere de una seguridad física para el desenvolvimiento de las actividades económicas y humanas, para lo cual es necesario señalar los posibles riesgos de sismos y tsunamis.*

*Teniendo en cuenta los acontecimientos de estos fenómenos y en particular el presentado el año 1746, que hizo desaparecer el puerto del Callao causando la muerte del 97% de más de 5,000 habitantes; resulta conveniente tomar las medidas preventivas para salvaguardar la vida, la salud y la economía, tomando acciones tendientes a la defensa del litoral que garanticen la tranquilidad de la población, así como el mejor aprovechamiento de las áreas adyacentes al mar, habilitando y /o mejorando la red vial local e interurbana que sirvan para la evacuación durante el pre-impacto de un tsunami potencial.*

## **1.2 Antecedentes**

*Es raro que un solo tipo de desastre natural azote a un asentamiento o población. En la mayoría de los casos se desarrolla una cadena de acontecimientos y el resultado es un efecto acumulativo de fenómenos y formas secuenciales. Investigaciones previas, indican que el Callao es altamente vulnerable ante terremotos, tsunamis, inundaciones e incendios.*

*Con relación a los tsunamis, durante el transcurso de 4 siglos se produjeron 49 tsunamis, ocurridos en la costa occidental de América del Sur, de los cuales 21 afectaron el Callao y en la cual se reconocen 2 etapas tsunamiac-tivas entre 1560-1751 y 1819-1878.*

*Los 2 más destructivos fueron generados por terremotos con epicentro en el*

*mar frente a la costa central del Perú, donde se ubica dicha ciudad. El 20 de octubre de 1687, un tsunami causó la muerte de 300 habitantes en el Callao. El 28 de octubre de 1746 un terremoto de magnitud Richter 8.4, destruyó Lima, y el Callao fue arrasado por olas de tsunami de unos 6 a 7 metros de altura y dejó a su paso 4,800 desaparecidos y 200 sobrevivientes.*

*El riesgo en el cual se concentra según Brady la posible generación de tsunamis, es de 12° a 28° de Latitud, de potencial sísmico moderado y cuyo emplazamiento compromete a la ciudad del Callao.*

*En 1981, se realizaron varios estudios, sobre los probables efectos de los tsunamis en los 100 Kms. de las costas de Lima Metropolitana, comprendidos entre Ancón y Pucusana, teniendo como punto focal el Callao.*

*Según estudios precedentes sobre las características de los tsunamis más probables que afectan la costa central del Perú, donde se ubican Lima y Callao, se determinaron los tiempos de llegada de la primera ola del tsunami, aproximadamente a unos 20 ó 30 minutos después de ocurrido el terremoto tsunamigénico. Este es el tiempo que se dispondría para evacuar a la población, coincidiendo los resultados obtenidos con las informaciones históricas de 1746.*

## **1.3 Objetivos del Estudio**

### **1.3.1 Objetivos Generales**

*El objetivo general es la prevención ante la ocurrencia potencial de los tsunamis en el Callao, que involucrará un proceso continuo y permanente orientado a minimizar los riesgos y su consecuente potencialidad de los daños y pérdidas, a través del desarrollo de normas, regulaciones, obras, proyectos y acciones, así como el desarrollo de capacidades para afrontar las tareas durante la emergencia.*

*La importancia de carácter social, radica en la buena ejecución de planes elaborados bajo fines altruístas; por lo que se considera la prevención como uno de los puntos básicos de este estudio. Si la prevención ha sido sustentada en hechos y antecedentes históricos de lo ocurrido en el ámbito potencial del suceso, en sus áreas de influencia o en las que influyen en ella, en la realidad de los acontecimientos que están ocurriendo y/o en los conocimientos o indicios que pronto podrán suceder, se podrá obtener una protección anticipada que disminuirá la condición del riesgo, reduciendo significativamente la potencialidad del mismo. Tratando de esta manera de salvar la vida y proteger la salud de las personas propensas a sufrir el impacto de los desastres, dentro del contexto particular ocupado.*

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- \* *Lograr la evacuación pre-impacto, hacia los refugios y otras zonas de seguridad, de los habitantes de las áreas inundables por tsunamis del Callao, a través de la red vial existente.*
  
- \* *Actualizar el plan de emergencia para casos de tsunamis en la Provincia Constitucional del Callao, manteniendo su vigencia.*
  
- \* *Diseñar la Avenida Costanera, en el tramo comprendido desde La Punta hasta la Av. Santa Rosa en La Perla, como vía de evacuación de ascenso rápido hacia las zonas de seguridad de la población de La Punta y parte de la población del distrito del Callao.*
  
- \* *Continuar y culminar las obras de circulación vial, defensa ribereña y estabilización de taludes, por ser de utilidad pública, en la franja costera y superior correspondiente a la Mar Brava del Callao.*

## **1.4 Alcances**

- \* *Aperturar la zona de los Barracones altamente tugurizada y con problemas de seguridad social. La nueva Av. Costanera así concebida, elevaría el valor de los terrenos facilitando de esta manera su renovación urbana.*
  
- \* *Con la apertura de la Av. Costanera, proceder a la construcción de edificios de apartamentos, con un diseño sismo-tsunami resistente, en la zona denominada "Barracones". Lográndose incrementar las áreas verdes, manteniendo la densidad poblacional actual.*
  
- \* *Proporcionar una vía de enlace a un vasto sector de los distritos de La Punta, el Callao, La Perla y anexos, considerando sobre todo que en el futuro el circuito de playas Costa Verde se extenderá desde Chorrillos hasta La Punta del Callao, constituyendo una vía expresa de tránsito fluido.*

## **1.5 Metodología**

*La metodología general adoptada para la elaboración del presente estudio, ha sido desarrollado en base a la secuencia presentada por los capítulos estructurados en el índice, salvo en informaciones que se hallaron simultáneamente desordenadas dentro del proceso de investigación, como de aquellos que no se encontraron al alcance en relación al orden establecido y que merecieron búsqueda especial, lográndose finalmente ser obtenidas extemporáneamente debido a diferentes razones. A continuación se resumirán los pasos secuencialmente ordenados en su forma capitular.*

*En el Capítulo I, se plantea el marco de referencia del estudio, tales como antecedentes, objetivos y alcances, que permitieron establecer las pautas para la recopilación de información y el análisis generalizado de los diferentes aspectos prioritarios relacionados con el proyecto.*

*En el Capítulo II, se aplican los procedimientos y técnicas de investigación apropiadas acorde con los objetivos, recopilando informaciones disponibles en coordinación con diferentes instituciones que posibilitaron descubrir la realidad del área definida en el estudio.*

*El Capítulo III, se aboca especialmente al análisis y diagnóstico de la problemática en sus diferentes aspectos particulares relacionados con la infraestructura vial y su problemática, dentro de los límites establecidos de*

*inundación por efectos del tsunami potencial de la hipótesis en sus condiciones más críticas. Así como también se recopilan algunas de las características básicas de los tsunamis en este sector, que permitieron establecer los parámetros del diseño de la nueva Av. Costanera.*

*En el Capítulo IV, se establece el planeamiento vial y afines, para asumir el pre-impacto potencial de los tsunamis, determinando las medidas y variantes de actualización para la vigencia del plan de prevención existente, estableciendo mejoras dentro de la red vial existente y detallando las directivas para mantener una coordinación inter-institucional óptima, y poder llevar a cabo la evacuación de la población ubicada dentro del área inundable hacia las zonas de seguridad.*

*En el Capítulo V, se centran las investigaciones a la problemática particular del litoral perteneciente a la bahía de Miraflores en la franja correspondiente al desarrollo de la nueva Av. Costanera, desde La Punta hasta su intersección con la Av. Santa Rosa en el distrito de La Perla, para que sirva como una vía alternativa de evacuación en caso de tsunamis. Asimismo se presenta el diseño geométrico, las alternativas de solución a los problemas naturales propios de la zona entre otros aspectos relacionados dentro del tramo establecido.*

*En el Capítulo VI, se dan las consideraciones finales, estableciendo las etapas de ejecución de esta avenida, las especificaciones de uso que asegu-*

*ren su operatividad en condiciones tanto normales como en el caso de servir de vía vehicular de evacuación y finalmente la propuesta para el reacondicionamiento y desarrollo paralelo que logre la armonía con el entorno costanero a nivel local y metropolitano.*

*Finalmente en el Capítulo VII se resumen las conclusiones y recomendaciones, producto del estudio realizado dentro del área inundable y su entorno.*

## **CAPITULO II**

### **ASPECTOS GENERALES**

---

#### **2.1 Contexto Histórico**

*En la evolución e historia de la Provincia Constitucional del Callao, se puede distinguir cinco períodos que manifiestan la trascendencia económica, política y social por la que ha pasado, así como sus repercusiones en el desarrollo local y nacional.*

*En ésta somera descripción, se puede observar la presencia de esta vigente y siempre renovada labor de la Ingeniería Civil relativa a los desastres y la influencia de las vías de comunicaciones en su expansión y desarrollo.*

**Primer Período: (Desde sus inicios hasta el año 1746).**- *El Callao de los Incas estuvo en el área geográfica de Chucuito y La Punta, que como núcleo de organización social compuesta de población nativa, recibió el*

*nombre de Pitipiti Viejo, que fue arrasado por el tsunami de 1746, el Pitipiti nuevo formado en las cercanías de la desembocadura del Rímac sobrevivió al cataclismo.*

*Las murallas ciclópeas de Maranga son restos arqueológicos que resistiendo el embate de los siglos revelan no sólo la genial característica del Ayllu Precolombino, sino también la formación originaria del Callao. Fueron pues estos aborígenes provenientes de las serranías, los primeros habitantes en lo que después sería el Puerto del Callao, y los que vieron ingresar a los conquistadores que se establecieron en dicho lugar.*

*Los españoles siguiendo los contrafuertes del valle del Rímac, internándose en los dominios indígenas, determinaron donde debía fundarse Lima; y al recorrer la ribera del mar por la costa Sur hasta la desembocadura del río Rímac, indicaron además el lugar donde debía asentarse sobre los caseríos existentes, el Callao, puerto natural de Lima, por sus bondades hidrográficas inmejorables de abrigo, fondo y amplitud. El puerto fue ubicado entre Pitipiti Viejo por Chucuito, y el Pitipiti Nuevo por el lado que actualmente ocupa la Base Naval del Callao.*

*Teniendo en cuenta estos informes, Francisco Pizarro dejó la ciudad de Jauja en el interior del Perú que funcionaba como Capital para fundar Lima el 18 de enero de 1535. Es evidente que su cercanía al "Puerto de la Mar", el Callao, influyó en la determinación del establecimiento de Lima*

*en el lugar que desde entonces ocupa.*

*La catástrofe más espantosa que soportó el Callao y Lima fue el tsunami generado por el terremoto del 28 de octubre de 1746, producido a las 22.30 hrs., pocos minutos fueron necesarios para destruir la obra paciente de 200 años. No quedó en el Callao una sola casa en condiciones seguras de habitabilidad, pues las oleadas hechas montañas, quisieron demostrar que en un tiempo existió una hermosa ciudad.*

*De los 5,000 habitantes que tenía el Callao, apenas 200 chalacos quedaron con vida, una tormenta de desgracia había enlutado al Callao. Cronistas detallan que en las cercanías fue hallada la Imagen del Señor (imagen de una iglesia que fue arrastrada por las olas) al que los trabajadores del puerto lo aclamaron como Señor del Mar, su patrón y protector.*

**Segundo Período: (1747 - 1851).**- *Este período se inicia con la reconstrucción física del Callao, destacando la construcción del Castillo Real Felipe, cuyos trabajos comenzaron el 1ro de agosto de 1747, en el área del arruinado presidio del Callao; esta obra fue construída en 26 años.*

*Ante la catástrofe de 1746, y a fin de evitar otra tragedia semejante, el virrey del Perú, José Manco de Velazco, dispuso que la nueva ciudad del puerto se construya alejada del mar; por decreto del 20 de enero de 1747, se señala como sitio para la construcción de la nueva ciudad, con bodegas*

*y otros servicios, en las tierras altas de la hacienda Aguilar. Esta acertada determinación nos muestra la presencia de la microzonificación en el pretérito.*

*A raíz de la aparición de corsarios y piratas que atacaban las diferentes rutas marítimas del tráfico español entre sus colonias y las metrópoli, el mismo virrey ordena la construcción de una fortaleza inexpugnable, acorde a los conceptos y adelantos de la época.*

*El plan de reconstrucción del Callao fue encomendado al ingeniero francés Luis Godin, quien consideró dos obras fundamentales: la fortaleza y un puerto. De este modo el Callao, renacía como un baluarte de defensa de los intereses políticos del virreynato, y a la vez como punto de enlace comercial.*

*No obstante de construir en las vecindades del puerto, circunstancias derivadas del trabajo originaron la construcción de pequeñas casas y viviendas que albergaban a los que laboraban en el puerto.*

*La catástrofe de 1746 constituyó el despegue del Callao, dando lugar a grandes acontecimientos como la creación por el General San Martín de la Marina de Guerra Nacional con sede en el Callao, el 21 de octubre de 1821, simbolizando con ello la seguridad permanente de la soberanía territorial y el resguardo marítimo a lo largo de las costas del Perú.*

*Otro suceso del cual el Callao fue testigo acaeció, el 7 de octubre de 1826 con el Primer Combate Naval entre las naves patriotas y las naves españolas, cuyo resultado fue la retirada de la escuadra realista acosada por los cañones del Real Felipe.*

**Tercer Período: (1852 - 1940).**- *Con la construcción del ferrocarril, el país inicia un auge en el desarrollo socio-económico que repercutió básicamente en la economía de explotación, producto de la actividad extractiva, así como al desarrollo de las comunicaciones y el transporte.*

*De esta manera Lima y Callao van a tener un aumento de sus poblaciones, tanto por las necesidades de mano de obra local, como por las migraciones del campo a la ciudad, por estas razones la expansión urbana se desarrolla, en las márgenes de la vía del ferrocarril.*

*La Convención Nacional del 22 de abril de 1857 le otorgó al Callao el título de "Provincia Constitucional" en mérito al triunfo del Ejército Constitucional de Castilla sobre el Ejército Regenerador de Vivanco y como ejecutora de sus virtudes cívicas.*

*A medida que el Callao alcanza su desarrollo, las poblaciones se organizaron y la administración local se adecuó a las nuevas circunstancias, tal es así que por Ley N° 2141 del 6 de octubre de 1915 se crean los Distritos de Bellavista y La Punta.*

*En mayo del año 1940, Lima y Callao sufrieron uno de los mas devastadores terremotos, que tuvo 8.2 de magnitud en la escala de Richter. A raíz del colapso de muchas de las viviendas ubicadas en la provincia del Callao, muchas familias se establecieron en terrenos no ocupados cercanos a la ribera de la Mar Brava, asentamientos que reciben la denominación de los Barracones del Callao.*

**Cuarto Período: (1941 - 1972).**- *A comienzos de este período el crecimiento de Lima y Callao corresponde tanto a particularidades derivadas de la Segunda Guerra Mundial como al desarrollo de la economía de exportación de minerales, algodón, harina de pescado, etc., lo cual favoreció a la economía portuaria.*

*Por Decreto Supremo N° 781 del 1 de agosto de 1947, el Presidente de la República estableció la soberanía territorial de las 200 Millas, la cual se extenderá a la plataforma submarina o zócalo continental o insular adyacente a las costas continentales e insulares del territorio nacional, así como al mar adyacente cualquiera sea su profundidad y extensión, con la finalidad de reservar, proteger, conservar y utilizar los recursos naturales que se encuentren en o debajo de dicho mar.*

*Años más tarde, en los terrenos que pertenecían a las haciendas San Agustín, La Taboada y Bocanegra se construyó el aeropuerto internacional Jorge Chávez que reemplazó al aeropuerto de Limatambo, sumando el trá-*

*fico aéreo al tráfico marítimo. De esa manera el Callao reafirma y completa su condición de gran terminal internacional.*

*Otro aspecto fundamental que da valor, eficiencia y operatividad al primer puerto fue la construcción de la Refinería de La Pampilla, que actualmente es el más importante dentro de su género, abasteciendo aproximadamente el 60% del consumo nacional.*

*Hasta 1972 la industria de la pesca en el Perú, convirtió al país en el primer productor de harina de pescado en el mundo, lo que lo llevó a un crecimiento económico, que favoreció a los dedicados a esta industria.*

*La aparición del fenómeno de "El Niño" en 1972, originó la práctica desaparición de la biomasa marina, trayendo como consecuencia el colapso de la industria pesquera en el país, que afectó a 27,000 trabajadores que constituían la mano de obra de esta industria.*

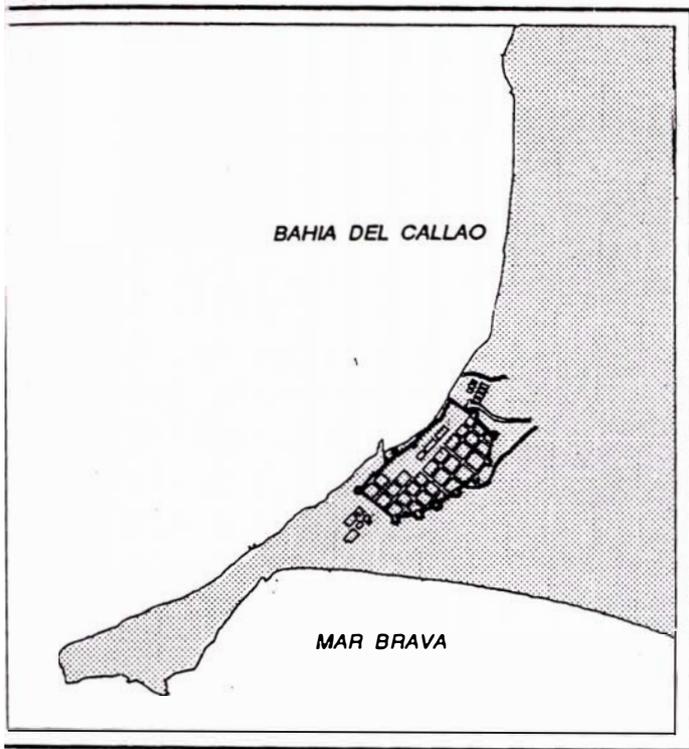


FIG. 2.1 EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO. SU CONFORMACION EN 1746.

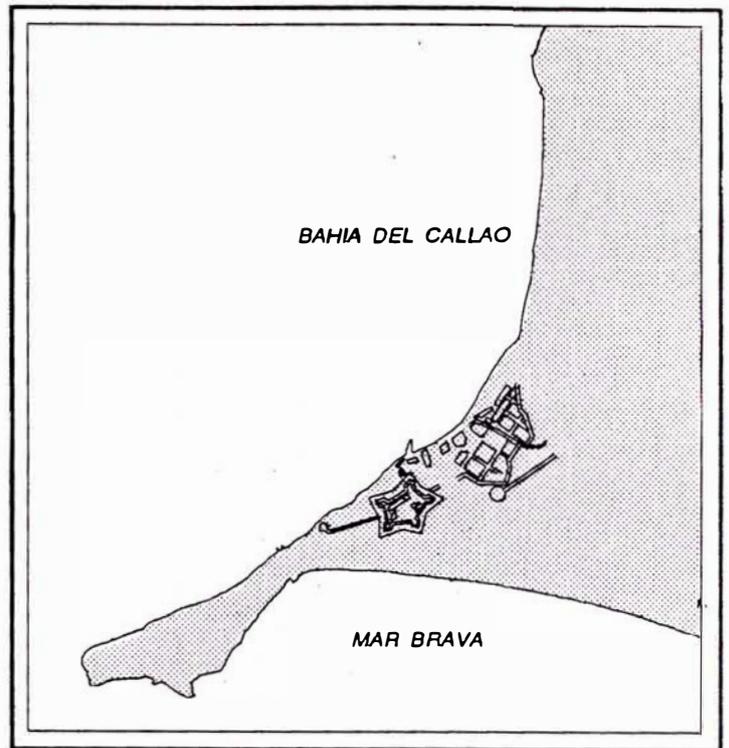


FIG. 2.2 EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO. SU CONFORMACION EN 1826.

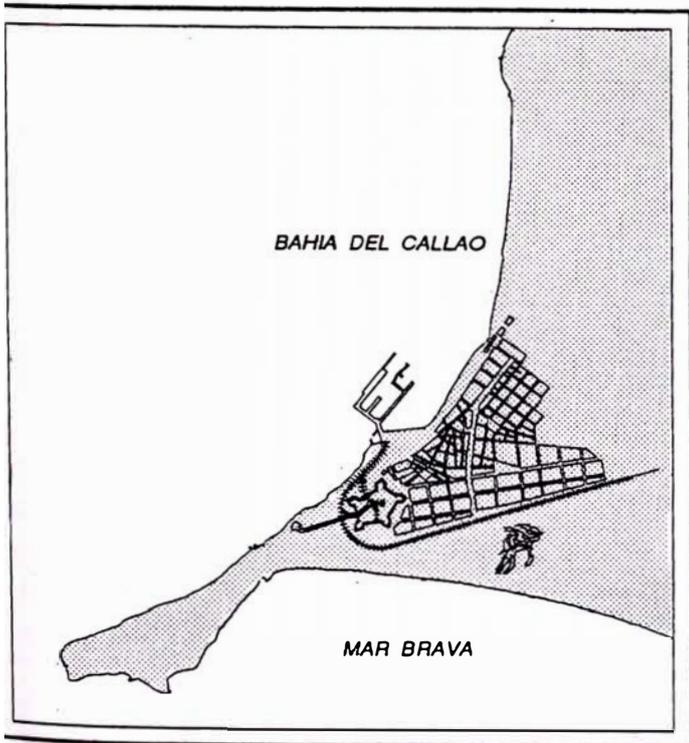


FIG. 2.3 EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO. SU CONFORMACION EN 1876.

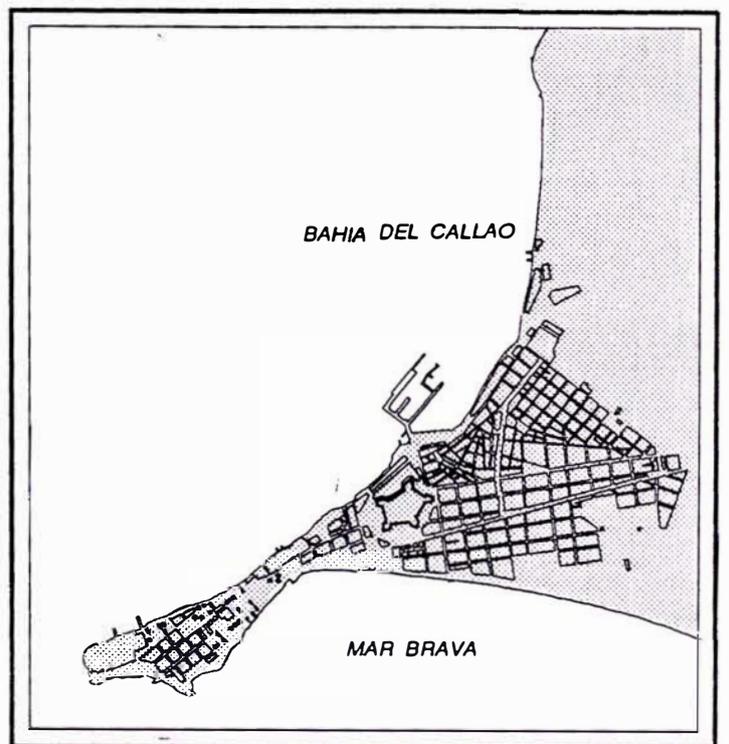


FIG. 2.4 EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO. SU CONFORMACION EN 1917.

**Quinto Período: (1973 a la actualidad).**- La sobre-explotación ictiológica en el mar peruano hasta 1972, así como la situación caótica por la que pasaba la industria pesquera en el país, agravada por los efectos del fenómeno "El Niño", motivó que el gobierno de la Fuerza Armada con fecha 7 de mayo de 1973, determinara la estatización de la industria pesquera y el monopolio sobre la producción de harina de pescado.

Como un incentivo para propulsar el desarrollo socio-económico, el 7 de diciembre de 1984, se reconoce a favor del Callao el 2% de las rentas recaudadas por las aduanas marítimas, aéreas y postales de la provincia, las mismas que constituirían recursos propios de Corde-Callao, independientemente del presupuesto que le asigna el gobierno central.

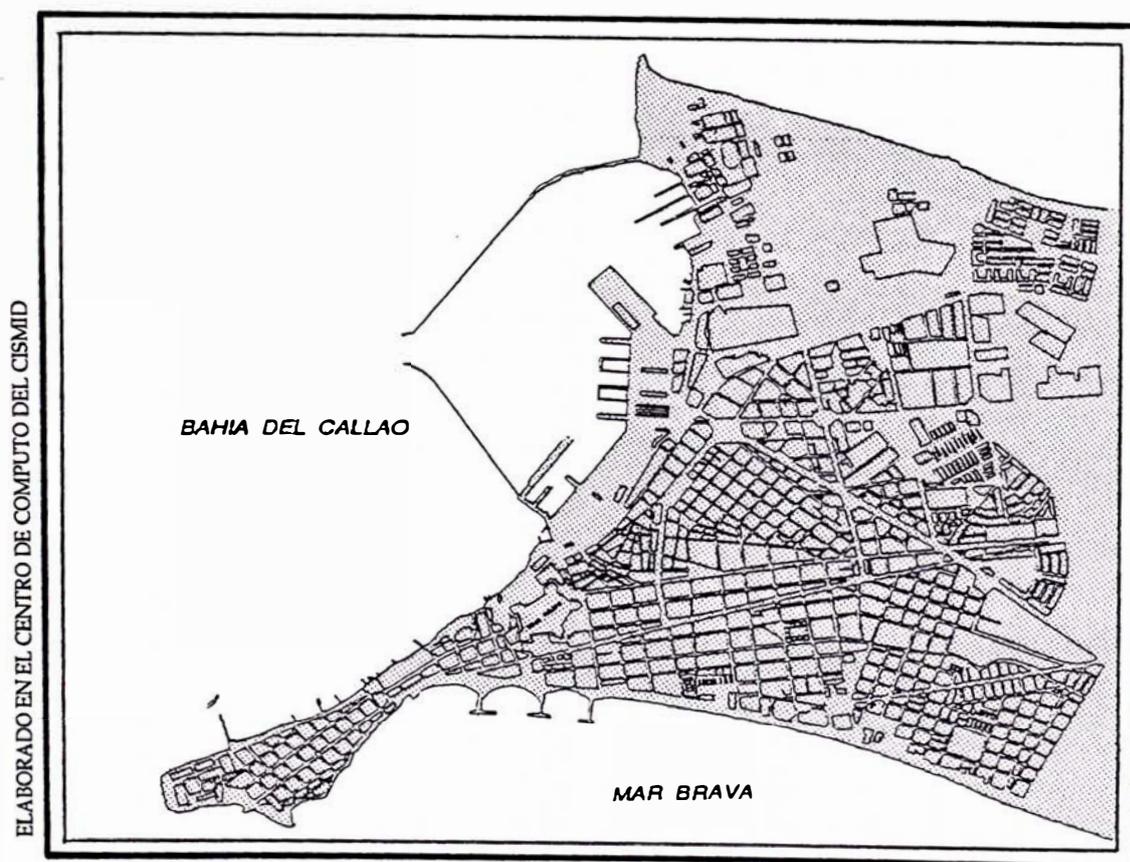


FIG. 25 EVOLUCION DEL CALLAO. SU CONFORMACION EN 1934.

## **2.2 Localización del Estudio**

### **2.2.1 Ubicación y Extensión de la Provincia Constitucional del Callao**

*La Provincia Constitucional del Callao, está situada en la región costa del Perú, sector centro occidental del Departamento de Lima y se halla entre los 11°48' y 12°08' de Latitud Sur y entre los 77°05' y 77°15' de Longitud al Oeste del meridiano de Greenwich.*

*Su capital es la ciudad del Callao. Políticamente, está conformada por los distritos: Callao (Cercado), Bellavista, La Perla, La Punta, Carmen de la Legua-Reynoso y Ventanilla; asimismo, por las áreas correspondientes a las islas San Lorenzo, El Frontón y los islotes Hormigas de Afuera, Palomino y Roca Horadada.*

*Su ámbito territorial, abarca una extensión superficial terrena de 147.85 Kilómetros cuadrados, distribuidos de la siguiente manera:*

<i>Superficie de la Provincia Constitucional del Callao según Distritos (Km<sup>2</sup>)</i>	
<i>Callao (Cercado)</i>	<i>46.947</i>
<i>Bellavista</i>	<i>4.556</i>
<i>La Punta</i>	<i>0.501</i>
<i>La Perla</i>	<i>2.546</i>
<i>Carmen de La Legua-Reynoso</i>	<i>1.850</i>
<i>Ventanilla</i>	<i>73.820</i>
<i>Islas</i>	<i>17.630</i>
<i>Area Total</i>	<i>147.850</i>

### **2.2.2 Ubicación y Extensión del Estudio**

*El área inundable del Callao, para efectos del planeamiento vial contra tsunamis, está delimitado al Norte por el río Rímac, al Sur y Oeste por el Océano Pacífico, y al Este por la cota topográfica + 7 mts., que corresponde aproximadamente a los límites con el distrito de Bellavista. El área comprende políticamente tres zonas denominadas La Punta, Chucuito y el Callao Central, sin embargo considerando la necesidad de evacuar a los pobladores hacia las zonas de seguridad y refugio, se tomarán en cuenta los distritos anexos de Bellavista y La Perla.*

*La Punta constituye un sector mayormente residencial y sus playas son frecuentadas durante los meses de verano, con gran incremento de población flotante. El distrito del Callao comprende la zona del puerto*

*y terminal marítimo, zona industrial, comercial y residencial de densidad media a alta, y también lugares de interés histórico. Bellavista es el distrito que le sigue en densidad poblacional y La Perla en menor grado.*

*Los estudios particulares para el diseño de la vía de evacuación alternativa, denominada en lo sucesivo como Av. Costanera, se desarrolla en la bahía de Miraflores al Sur de la bahía del Callao, las mismas que se encuentran separadas entre sí por la península de La Punta. En ésta península constituida por tierra baja, está asentado el distrito del mismo nombre, la misma que se encuentra defendida hacia su lado Sur por 2 rompeolas de enrocado de piedra que la protegen de los efectos de la mar de leva. Al término de estos rompeolas se forma el istmo de Chucuito y luego al Sur-Este la costa recurva formando una playa de guijarros que sirve de barrera a los terrenos bajos, detrás de la línea de costa de la Provincia Constitucional del Callao. Esta costa ya urbanizada es más conocida como Mar Brava, debido a sus aguas agitadas, con rompiente significativa y playa inabordable. En esta zona se han construido molos de enrocado a intervalos regulares, en forma de Te, para protegerla de las inundaciones especialmente durante las épocas de las bravesas, siendo los más intensos en los meses de invierno.*



ELABORADO EN EL CENTRO DE COMPUTO DEL CISMID

FIG. 2.6 UBICACION Y EXTENSION DEL ESTUDIO

*La costa baja de la Mar Brava continúa aproximadamente 3 Kms. hasta alcanzar los distritos de La Perla baja y la Perla alta, precisamente, en este último punto, la costa se vuelve acantilada y de regular altura, existiendo también edificaciones en su parte alta, que se extienden por los distritos de San Miguel, Magdalena, Miraflores, Barranco y Chorrillos, formando a su pie playas de cantos rodados, que son aprovechados como balnearios en épocas de verano por los moradores de los distritos aledaños y otros vecinos.*

## **2.3 Aspectos Demográficos y Sociales**

### **2.3.1 Población por Distritos**

*De acuerdo a las proyecciones realizadas para el año 1991, la población de la Provincia se concentra mayoritariamente en el distrito del Callao, alcanzando el 60.8% del total general, es decir 468,948 habitantes. En segundo término se encuentra Ventanilla, que con sus 112,102 habitantes representa el 14.5% del total. A continuación, tal como se puede observar en el cuadro siguiente, vienen Bellavista, La Perla, Carmen de La Legua-Reynoso, y La Punta.*

*El Callao ha sufrido dos tipos de modificaciones en su división política administrativa interna.*

<i>POBLACION POR DISTRITOS</i>			
<i>DISTRITO/AÑO</i>	<i>1981</i>	<i>1985</i>	<i>1991</i>
<i>Bellavista</i>	<i>67,521</i>	<i>71,294</i>	<i>78,198</i>
<i>Callao</i>	<i>264,133</i>	<i>330,303</i>	<i>468,948</i>
<i>C. de La Legua Reynoso</i>	<i>38,568</i>	<i>41,231</i>	<i>48,446</i>
<i>La Perla</i>	<i>47,225</i>	<i>50,488</i>	<i>55,826</i>
<i>La Punta</i>	<i>6,264</i>	<i>6,697</i>	<i>7,406</i>
<i>Ventanilla</i>	<i>19,702</i>	<i>20,047</i>	<i>112,102</i>
<i>Total</i>	<i>443,413</i>	<i>520,060</i>	<i>770,926</i>

*La primera de ellas es la división distrital en el año 1915, durante el cual la Provincia Constitucional del Callao, quedó compuesta por 3 distritos: Callao, Bellavista y La Punta, este ordenamiento se modifica con la creación de 2 nuevos distritos en el año de 1964: La Perla, que se desprende de Bellavista y Carmen de La Legua-Reynoso, que se desprende del Callao.*

*La segunda modificación, es la agregación de un nuevo distrito: Ventanilla (1969); que esta vez proviene del distrito de Puente Piedra de la Provincia de Lima.*

*De acuerdo a las proyecciones realizadas, casi la totalidad de la población de la provincia es urbana, habiéndose reducido notablemente las áreas agrícolas en el proceso de urbanización y habilitación.*

### **2.3.2 Estadística Poblacional en Zonas Inundables**

*El área de probable inundación, por efecto de un tsunami potencial en las costas bajas de la Provincia Constitucional del Callao, comprometería el 100% del distrito de La Punta, 50% del Cercado del Callao y 30% del distrito de Ventanilla, para el presente análisis, solo consideraremos los dos primeros distritos.*

<b>ESTADISTICA POBLACIONAL EN ZONAS INUNDABLES</b>			
<b>DISTRITO/AÑO</b>	<b>1991</b>	<b>HAB. (%)</b>	<b>AREA (Km<sup>2</sup>)</b>
<i>Bellavista</i>	78,198	10.1	4.556
<i>Callao Otras Areas Area Inundable</i>	253,232 <b>215,716</b>	32.8 <b>28.0</b>	41.349 <b>5.598</b>
<i>La Legua-Reynoso</i>	48,446	6.3	1.850
<i>La Perla</i>	55,826	7.2	2.546
<b>La Punta Area Inundable</b>	<b>7,406</b>	<b>1.1</b>	<b>0.501</b>
<i>Ventanilla</i>	112,102	14.5	73.820
<i>Islas</i>			17.630
<b>Total</b>	<b>770,926</b>	<b>100.0</b>	<b>147.850</b>

*En el área inundable, la proyección para el año 1991 registra una población aproximada de 223,122 habitantes, lo que representa el 29.1% del total provincial, descontando la población isleña debido a la restringida información que se tiene de ellas.*

*Cabe resaltar que el estimado de habitantes con residencia en la zona inundable, particularmente en La Punta, se vería incrementado por, veraneantes, población flotante, trabajadores estatales y particulares, visitantes, turistas, etc.*

### **2.3.3 Niveles Socio-Económicos**

*Al interior de la provincia, se puede apreciar una estratificación social y ubicación espacial diferenciada por los niveles de ingreso, encontrando a la población de mejor ingreso en los distritos de La Punta y pequeñas áreas de La Perla; los de medianos ingresos, distribuidos en urbanizaciones de los distritos del Callao, Bellavista y parte de La Perla y los de menores ingresos, en los PPs.JJs., y barriadas de los distritos del Callao, Ventanilla, Carmen de La Legua, La Perla y parte de Bellavista. La población ubicada en estos últimos lugares sufre de los problemas propios de la marginalidad social, en este sentido los niveles de delincuencia y violencia en el Callao, muestran registros bastante elevados.*

*En los distritos comprometidos en la franja definida en el estudio para la construcción de la nueva Av. Costanera, se puede observar que a lo largo de la ribera existen AAs.HHs.MMs., como los del Albergue Víctor Gonzales conocido como La Siberia entre Teatro y Washington, el A.H.M. Alan García entre Guisse y Saloom, el A.H.M. Víctor Raúl Haya*

*de La Torre en Cockrane, el A.H.M. San Judas Tadeo entre Contralmirante Villar y Arica y la Agrupación Canadá ubicado en la 1ra cuadra de la Av. La Paz.*

*Los desastres naturales afectan diferencialmente a la población que ocupa estas zonas, pues sus condiciones de vida y actividades económicas son más vulnerables como menores sus posibilidades de recuperación. La ocupación de estos terrenos que ofrecen poca seguridad física, son factores causales de los desastres. En realidad, el impacto de los desastres naturales es como un aspecto de otro desastre, continuo y de múltiples facetas, ya enfrentado por la mayoría pobre de estos sectores.*

*Cuando las condiciones de vida se empeoran, la gente ya no puede adaptarse a los peligros de la naturaleza, sólo puede minimizar un riesgo u otro en un juego precario de supervivencia. La población no aumenta sus riesgos a propósito. Pues este apoderamiento es la alternativa inmediata que ofrece menor riesgo.*

*Para que la mitigación sea efectiva debe convertirse en una actividad inmersa en el desarrollo, que permita a la mayoría de la población el acceso a las condiciones de vida y actividades económicas seguras y estables. Bajo este enfoque, aumentar los ingresos, redistribuir la tierra y mejorar la salud y la educación se convierten en actividades de*

*mitigación tan válidas como construir defensas ribereñas y reforzar viviendas.*

#### **2.4 Aspectos Naturales del Litoral**

*En ésta parte se tratará de comprender la formación de la ribera considerada a fin de encontrar las tendencias naturales de evolución y de las modificaciones en función de las consideraciones y de las probabilidades.*

*Las ciudades de Lima y Callao han sido construídas sobre los aluviones aportados por el río Rímac, cuyas crecidas, aún en época actual, y a pesar de los diversos trabajos efectuados en su curso superior son de temer.*

*En cierta época un aporte particularmente importante del río Rímac ha formado un inmenso cono de sedimentación. Este aporte fue intenso y brutal, debido a que la erosión marina no fue capaz de modificarlo profundamente a medida que éste se formaba.*

*Este inmenso cono de deyección aparece netamente en los planos topográficos de la Lima actual, donde las curvas de niveles sensiblemente equidistantes entre ellos forman arcos de círculos concéntricos.*

*El río Rímac ha desplazado progresivamente su lecho y luego se ha estabilizado en su emplazamiento actual. El cono de sedimentación así formado ha*

*sido inmediatamente atacado por la erosión marina que poco a poco por retoques sucesivos ha modelado la ribera y le ha dado el aspecto de hoy.*

*El litoral ha empezado a retroceder en su parte Sur y el producto de las erosiones se ha extendido en partes más profundas, sobre todo en lo que respecta a los sedimentos finos, o bien han sido transportados más al Norte. En su progresión hacia el Norte los sedimentos penetran en la zona de las islas San Lorenzo y El Frontón. Estas islas constituyeron un elemento que bloqueaba el tránsito de sedimentos los que se depositaban cada vez más en la zona protegida.*

*El litoral estuvo sometida a la erosión en el Sur-Este de la actual bahía de Miraflores y se produjo una acumulación que daba comienzo a un tómbolo en la zona en que se encuentra actualmente La Punta y el banco "El Camotal".*

*La franja que forma parte del litoral de La Punta y que marca el límite natural de las dos bahías del Callao y Miraflores, es una formación clásica de acumulación. Al Sur de La Punta bordeando la playa de la Mar Brava hasta la Punta Chorrillos, forma parte de la zona de erosión.*

*El litoral deberá, pues evolucionar hasta alcanzar una forma tal que los transportes de material a lo largo de la ribera sean en promedio nulos, en el transcurso de su formación el litoral, en su parte Norte, ha podido evo-*

lucionar del mismo modo que si se tratase de un aporte permanente de materiales y alcanzar una especie de equilibrio dinámico provisional. Parece ser que este período de transición no esté todavía terminado en lo que respecta a la bahía de Miraflores.

En la Fig. 2.7, se muestran los perfiles sucesivos adoptados por las bahías del Callao y Miraflores, por acción erosiva de las olas y la acumulación de los sedimentos en el transcurso del tiempo.

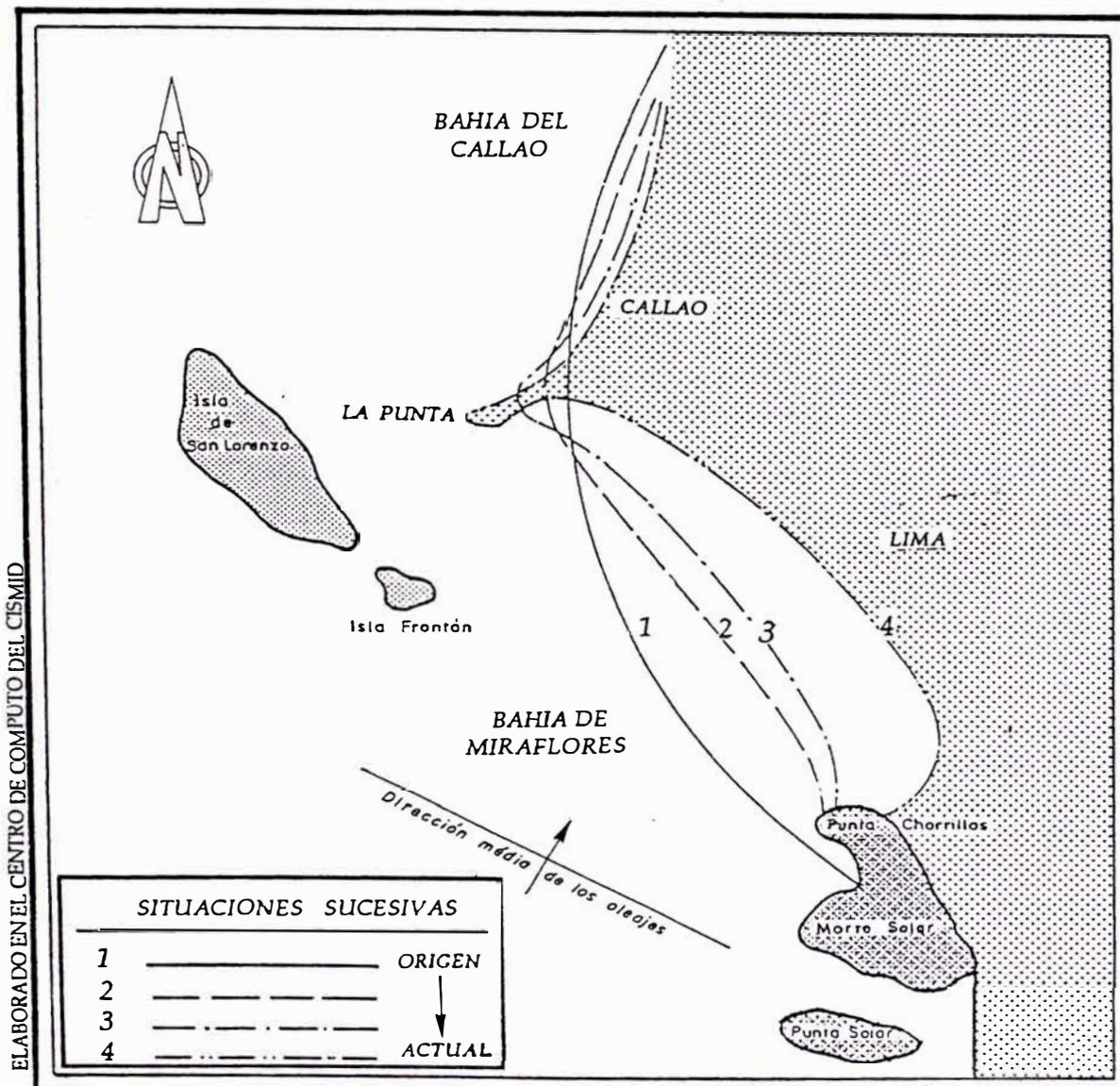


FIG. 2.7 SITUACIONES SUCESIVAS DEL RETROCESO DEL LITORAL POR LA ACCION EROSIVA DE LAS OLAS

### **2.4.1 Topografía**

*La Punta es una península de forma lobular que se extiende 2 Kms. hacia el mar; en su parte más angosta llega a medir 210 mts. entre orillas.*

*En términos generales, el terreno asciende a la cota +2.00 mts. en La Punta y continúa su ascenso suavemente sin sufrir variaciones notables, hasta la altura del mercado central del Callao, a partir de donde la pendiente se acentúa de Oeste a Este, para alcanzar la cota +10.00 m. cerca de las intersecciones de las avenidas Miguel Grau, República de Panamá y Saenz Peña, y seguir subiendo en la misma dirección.*

*La pendiente topográfica del área inundable es más o menos homogénea, presentando algunas alteraciones sólo en el litoral Sur, entre la Av. Costanera y la playa de la Mar Brava, donde se encuentra gran cantidad de material de desmonte.*

*Para los efectos del diseño de la Av. Costanera la Gerencia de Estudios y Promoción de la Corporación de Desarrollo del Callao (Corde-Callao), proporcionó el levantamiento topográfico, que comprende una franja que abarca desde la orilla del mar hasta las líneas de propiedad existentes.*

*Cabe mencionar que el límite hipotético del área inundable se encuentra*

*en la cota +7.00 mts., la cual sigue aproximadamente la dirección Norte-Sur con ligeras variantes.*

#### **2.4.2 Suelos**

*Se ha determinado que las playas del litoral están constituídas por depósitos de cantos rodados y arenas, predominando desde La Punta en el Callao hasta la Quebrada de Armendáriz. Los cantos o arenas se encuentran formando pequeñas terrazas que indican los distintos niveles de la actividad marina.*

*El Callao ha sido formado por el crecimiento del cono de deyección del río Rímac, en períodos sucesivos que se detectan a través de los estratos, desde fines del terciario superior (plioceno), hasta el cuaternario superior (holoceno), en el que el perfil del río y su desembocadura quedan en la posición actual (últimos 100,000 años aproximadamente).*

*De acuerdo a los últimos movimientos basculares y de levantamiento del holoceno, que son pequeños, en el sector del Callao quedan una serie de lagunas de poco fondo con formación de algas, que al descomponerse forman la capa superficial del suelo turboso de 1.00 a 1.20 mts. de espesor que actualmente se encuentra. Es por esta razón que los suelos arcillo-limosos del Callao son muy blandos.*

*La Punta conforma los restos de la última terraza del Rímac, su permanencia trata de explicarse por una defensa protectora de las islas frente a ella, en especial la isla San Lorenzo.*

*En la parte continental una descripción de manera generalizada, dan las siguientes características: En La Punta y Chucuito se aprecia un estrato superficial de grava con arena densa de un espesor promedio de 7 mts., debajo existe otro estrato de arena fina con lentes de limo y/o arcilla que llega hasta la profundidad de 20 mts. en promedio.*

*Este primer estrato de grava crea condiciones favorables para la cimentación de cualquier edificación proyectada para La Punta. Sin embargo desde el punto erosivo causado por los tsunamis, el estrato de grava formado por piedras pequeñas y medianas de hasta de 10 a 15 cms. de diámetro sin material cohesivo es fácilmente transportable por el agua. Este es un problema que hay que estudiar para estabilizar los suelos debajo de los edificios que existen en La Punta y Chucuito.*

*Los suelos en el Callao y Bellavista tienen un estrato de 1.00 a 1.20 mts. de espesor, con capas limo-arcillosas de baja plasticidad, con presencia de lentes de turba, seguida de arcilla blanda con humedad cercana al límite plástico. Luego existe una capa de arcilla de mediana plasticidad de aproximadamente 4.00 mts. de espesor. Dicha arcilla es de consistencia media a dura hasta una profundidad promedio de 15 metros.*

*Suelos con estas características provocan efectos negativos; por ejemplo, importantes asentamientos en pistas y veredas, tal como se puede observar en algunas de las avenidas del Callao. Este es un hecho muy importante a considerar, debido a que esas avenidas son vías de evacuación peatonal y vehicular en caso de tsunamis. Estas pueden verse seriamente afectadas, si debido al movimiento sísmico, los asentamientos se agravan produciendo fallas en el pavimento.*

*En la franja costanera por donde se proyecta construir la Avenida Costanera, que se propone utilizar como una vía rápida de evacuación vehicular de los residentes de La Punta y Chucuito, debe constituirse después de realizarse un detallado estudio de suelos, por el gran volumen existente de material de desmonte.*

## **2.5 Aspectos Oceanográficos**

*La complejidad de una serie de fenómenos físicos que en forma constante ha venido provocando problemas de erosión a la masa continental, desestabilizando el perfil litoral en su zona de contacto con el mar, obliga a efectuar una serie de estudios, orientados a adoptar soluciones que buscando lograr la estabilidad de los acantilados y formación de playas, permita la utilización de mayores áreas estables a lo largo de la ribera del litoral comprendida entre la intersección de la Av. Costanera con la Av. Santa Rosa y La Punta en el Callao.*

*Dentro de este concepto se han considerado los aspectos referentes a la batimetría, oleaje, mareas, vientos y corrientes.*

### **2.5.1 Batimetría Costera**

*En la Fig. 2.8, se muestra la forma en que se desarrolla la costa entre el principio de los acantilados por el Sur y el fin de la playa Mar Brava. Estos trazados de playa permiten ver las pendientes de la Mar Brava que son muy inclinadas, provocando que las olas ataquen en forma constante e inexorable las vecindades de la orilla. Contrariamente se ve que en el lado de la bahía del Callao, las aguas son tranquilas debido a que se encuentra protegida por el abrigo natural que le ofrece la Isla San Lorenzo.*

*En la prolongación de La Punta, en dirección de la isla de San Lorenzo, se encuentra la zona llamada "El Camotal", cuya parte menos profunda emerge en bajamar y en las cercanías de las islas San Lorenzo y El Frontón se encuentra "El Boquerón", zona cuya profundidad alcanza casi 20 mts.*

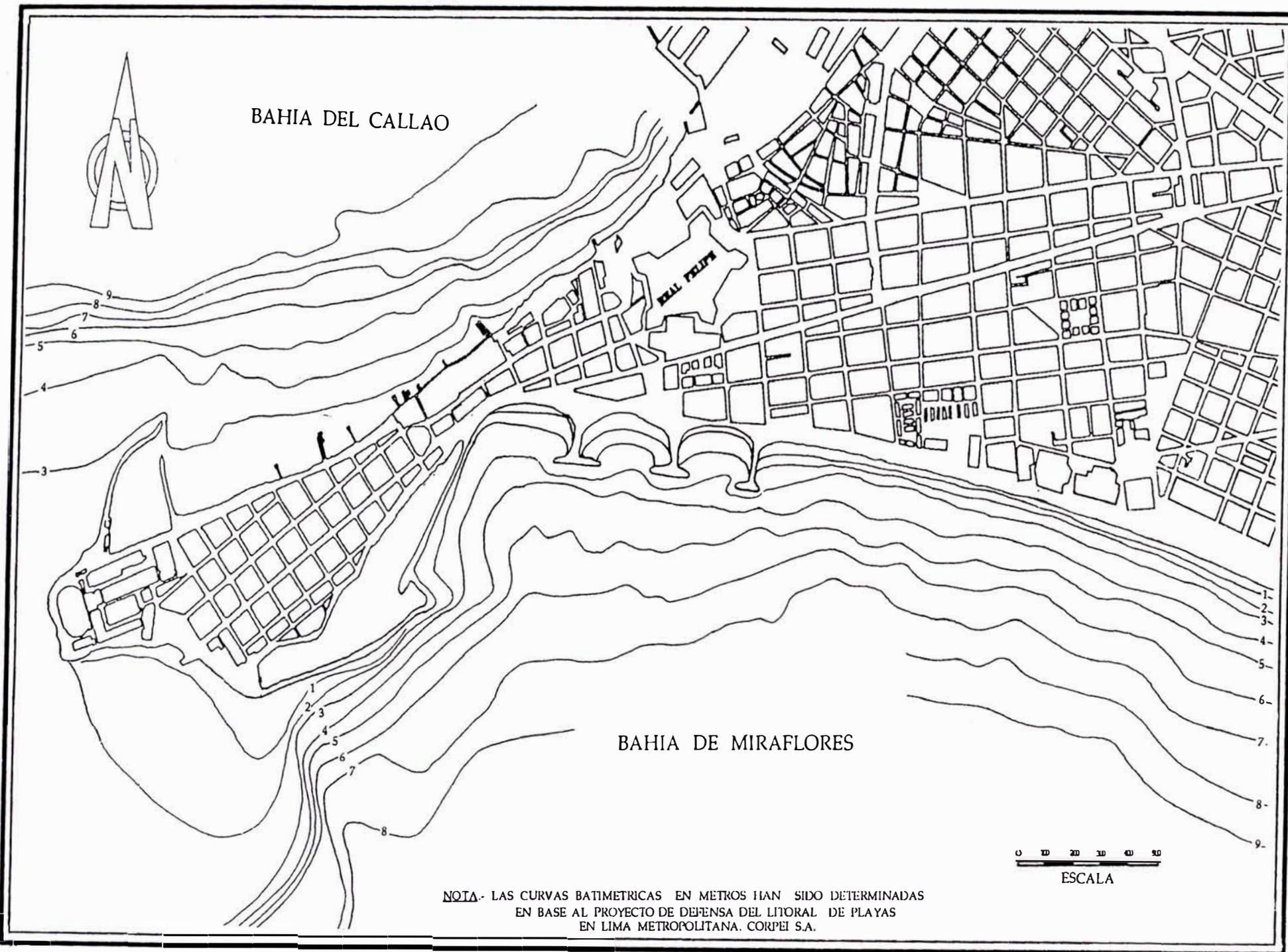


FIG. 2.8 LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE LAS BAHIAS DEL CALLAO Y MIRAFLORES

### **2.5.2 Oleaje Frente al Litoral**

*Trasladándose de la bahía del Callao a la de Miraflores se observa generalmente una modificación de las condiciones de oleaje.*

*En efecto mientras que en la bahía del Callao, las olas son relativamente débiles, en la Mar Brava reina de modo permanente, una agitación bastante importante.*

*Esto proviene del hecho que la bahía de Miraflores, recibe directamente al oleaje proveniente de mar adentro. Este oleaje puede ser observado a lo largo del litoral peruano y le dá el aspecto característico de las costas a lo largo de las cuales existe transporte del litoral.*

*Este oleaje después de haber penetrado en la bahía se desvía alrededor de los obstáculos rocosos que limitan a la isla San Lorenzo por el Nor-Oeste.*

*Toda la playa de la Mar Brava está sometida a erosión. Hay que notar que en esta zona la oblicuidad de las olas es muy débil o casi nula.*

*En la extremidad Sur-Este de la playa Mar Brava, en la zona de transición entre el litoral poco elevado de La Punta y los acantilados que empiezan a elevarse, nos podemos dar cuenta de la acción erosiva*

*del mar.*

*En la zona descrita el oleaje no rompe del mismo modo en todos los puntos: cerca de la extremidad de La Punta las rompientes tienen lugar a una distancia bastante importante de las playas, a veces hay varias rompientes sucesivas. Por el contrario en la zona de la Mar Brava el oleaje rompe muy cerca de la playa lo que evidencia una pendiente muy abrupta cerca del litoral.*

*Las olas constituyen el principal agente erosivo y de acción de transporte de los sedimentos; los parámetros utilizados para determinar sus características son:*

*Dirección Predominante : Norte*

*Amplitud: Máxima = 2.25 mts.*

*Media = 1.10 mts.*

*Mínima = 0.40 mts.*

*Períodos: Máximo = 17.0 seg.*

*Medio = 16.1 seg.*

*Mínima = 12.0 seg.*

### **2.5.3 Mareas**

*De los datos obtenidos del mareógrafo del Callao ubicado a 12° 03' 55" Sur y 77° 09' 52" Oeste de Latitud y Longitud respectivamente, se puede determinar que las mareas en la costa central del litoral peruano y específicamente en las bahías del Callao y Miraflores son muy débiles y su influencia sobre la erosión de las riberas no constituye un factor significativo.*

*De los registros mareográficos, se pueden determinar que el máximo nivel alcanzado llega a 1.20 mts., tomando como referencia el nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias considerando esta altura como la más crítica en el Callao y el mínimo a una profundidad de 0.15 mts. en relación con el mismo nivel de referencia.*

*De lo mencionado se deduce como pueden intervenir las mareas en los efectos de un tsunami (alturas runup), es decir que habrán momentos en que las mareas ayudarán a las olas del tsunami y habrán otros momentos en que las mareas disminuirán las alturas de olas de los mismos.*

#### **2.5.4 Vientos Locales**

*Estando los vientos directamente ligados a los fenómenos de agitación, hemos creído interesante conocer su régimen local en la zona de estudio.*

*Estas observaciones tienen como finalidad conocer la dirección de la marejada, que pueden originar los vientos en la bahía o en la parte inmediata a ella mar adentro, y que podrían tener cierta influencia en la erosión de las playas componiendo con el oleaje.*

*La acción erosiva de los vientos es más notoria en las zonas de los acantilados donde existen materiales sueltos, los que arreglados o conformados sufrirán menos erosión por acción de los vientos.*

*El resumen de las características de los vientos en esta zona de la Mar Brava son:*

*La dirección promedio predominante es Sur, manteniéndose una variación sobre el valor medio, del orden de los 30° aproximadamente. Las frecuencias con direcciones relativas al Norte son muy pequeñas. En conclusión se puede admitir que en la zona estudiada la tendencia predominante en los meses de vientos de mayor intensidad, es relativa al Sur.*

*Las velocidades promedios varían aproximadamente entre 7.5 Km/h y 14.8 Km/h, en La Punta y La Perla. Mientras que las velocidades máximas que se han presentado corresponden a valores de 30 Km/h en La Perla.*

### **2.5.5 Corrientes Marinas**

*Las corrientes litorales en las cercanías de las playas pueden tomar una influencia segura sobre el transporte de los sedimentos. A fin de conocer su importancia a lo largo de la bahía de Miraflores.*

*Según datos recogidos de diferentes fuentes de información, las corrientes en la bahía de Miraflores son muy débiles, del orden de 0.15 m/seg, con máximos hasta 0.25 m/seg y su deriva es hacia el Norte.*

*Estas corrientes podrían por el oleaje, por las débiles mareas, y las características propias del lugar por citar algunas, determinar en alguna forma el transporte de sedimentos.*

## **2.6 Climatología**

*Por la localización geográfica de nuestro país, en el Trópico del Hemisferio Sur, le corresponde un clima tropical; sin embargo, hay factores que intervienen en su caracterización climática, tales como: El Anticiclón del Pacífico Sur, La Corriente Peruana del Humbolt o Corriente del Perú y el Sistema Andino que han determinado el carácter semitropical de la costa y en frío seco de la sierra.*

### *Características Climáticas.-*

*Para este efecto, se presenta el comportamiento de los principales parámetros climáticos: La temperatura, humedad, precipitación, vientos, nubosidad y visibilidad.*

*Los mismos que han sido elaborados en base a los promedios mensuales multianuales del SENAMHI.*

*Según las estaciones del año, los parámetros o elementos del clima del Callao se presentan de la siguiente manera:*

**Verano : Enero, Febrero y Marzo**

*Temperatura : Media 22 °C*  
*Máx. media 26 °C*  
*Mín. media 18.7 °C*

*Hum. Relativa: Media 88%*  
*Máx. media 92%*  
*Mín. media 85%*

*Vientos : Dirección predominante Sur y Sur-Este con una velocidad media entre 4 y 8 nudos. En las primeras horas del día la velocidad se reduce de 1 a 3 nudos y son frecuentes las calmas.*

*En la tarde la velocidad está entre 8 y 12 nudos, presentándose velocidades mayores de 15 nudos.*

*Visibilidad : Buena, entre 10 y 15 kilómetros. Las visibilidades moderadas se encuentran en un 10% de los casos (5-10 Kms. de distancia). Ocasionalmente se presentan nieblas durante el día.*

*Nubosidad : Cielo cubierto de altostratus y altocumulus.*

*Precipitación : Se presentan lluvias aisladas y de corta duración.*

**Otoño** : **Abril, Mayo y Junio**

*Temperatura* : *Media* 19.9 °C  
*Máx. media* 23.7 °C  
*Mín. media* 17.1 °C

*Hum. Relativa:* *Media* 87%  
*Máx. media* 98%  
*Mín. media* 86%

*Vientos* : *Dirección predominante Sur y Sur-Este, con una velocidad entre 4 y 7 nudos; calma en las primeras horas del día (01 a 08 hrs.). Ocasionalmente se presentan vientos del Norte y Nor-Este, con velocidades de 3 a 6 nudos, durante 2 a 4 horas.*

*Visibilidad* : *Durante el día la visibilidad es moderada (5-10 Kms. de distancia); al mediodía es buena (10 a 15 Kms.), con presencia de nieblas ocasionales.*

*Nubosidad* : *Cielo cubierto, el 90% de los casos con nubosidad del tipo stratus.*

*Precipitación* : *Lloviznas en horas de la noche y madrugada durante varias horas, siendo más frecuentes los trazos de lloviznas.*

**Invierno : Julio, Agosto y Setiembre**

*Temperatura : Media 17.9 °C*  
*Máx. media 21.6 °C*  
*Mín. media 15.4 °C*

*Hum. Relativa: Media 87%*  
*Máx. media 98%*  
*Mín. media 85%*

*Vientos : Dirección predominante Sur y Sur-Este, con una velocidad media entre 4 y 8 nudos; calma en las primeras horas del día (1 a 08 hrs.). Ocasionalmente se presentan vientos del Norte y Nor-Este, con velocidades de 3 a 6 nudos. Al medio-día prevalecen los vientos del Oeste.*

*Visibilidad : Moderada todo el día (5 a 10 Kms.) en las primeras horas de la mañana se hace significativa la visibilidad (1 a 2 Km.).*

*Nubosidad : Cielo cubierto, el 80% del tiempo con nubes stratus de 500 a 800 mts. de altura.*

*Precipitación : Lloviznas entre las 22 y 07 horas, siendo muy frecuentes los trazos de lloviznas.*

**Primavera :        *Octubre, Noviembre y Diciembre***

*Temperatura :        Media                    19.3 °C*  
*Máx. media            21.8 °C*  
*Mín. media             17.5 °C*

*Hum. Relativa:       Media                    86%*  
*Máx. media            94%*  
*Mín. media             85%*

*Vientos                :        Dirección predominante Sur y Sur-Este, con una velocidad media entre 4 y 7 nudos; calma en las primeras horas del día (1 a 08 hrs.). Ocasionalmente se presentan vientos del Norte y Nor-Este, al mediodía.*

*Visibilidad         :        Buena de 10 a 15 Kms., a mediodía la visibilidad es muy buena (Mayor de 15 Kms.).*

*Nubosidad         :        En un 60% del tiempo el cielo está cubierto por nubes stratus, al mediodía despejado.*

*Precipitación      :        Lloviznas aisladas durante la noche y la madrugada.*

## **CAPITULO III**

# **DIAGNOSTICO VIAL ACTUAL Y CARACTERISTICAS DE LOS TSUNAMIS EN EL AREA INUNDABLE**

---

### **3.1 *Diagnóstico Vial en la Provincia Constitucional del Callao***

*La elección de las vías de evacuación, están en función de una gran variedad de variables, que intervienen antes del impacto del tsunami, los cuales se irán presentando en lo sucesivo.*

*Antes de evaluar los diferentes aspectos relacionados con la presente estimación de vías de evacuación, es bueno aclarar que el diagnóstico situacional realizado, escapa en algunos casos del área de estudio por razones obvias, cuyo sustento se basa en los problemas de contorno que ellas puedan determinar dentro del área específica.*

### **3.1.1 Infraestructura Vial Existente**

*La infraestructura y viabilidad del transporte en la Provincia Constitucional del Callao, se encuentra desarrollada debido al importante rol del servicio que presta a nivel metropolitano, regional, nacional e internacional en lo referente a los sectores industrial, minero, pesquero, agropecuario, comercial y turístico.*

*El Callao se comunica a nivel distrital y metropolitano mediante ejes viales definidos y orientados en el orden siguiente:*

**Por el Norte.**- *A través de la Av. Ventanilla, que nace en el cruce de la Av. Elmer Faucett y Néstor Gambetta y finaliza en la Carretera Panamericana Norte, su función es la de dar vialidad a los vehículos de transporte pesado y público a la vez que comunica a las áreas urbanas de la provincia.*

**Por el Este.**- *Las avenidas Tomás Valle, Argentina, Oscar R. Benavides y Venezuela, la función principal de estas vías es la de comunicar en forma directa al Callao con el Centro de Lima realizando un intercambio vehicular intensivo de transporte pesado, ligero y público urbano e interurbano.*

**Por el Sur.**- *La Av. La Marina que nace en el Ovalo Saloom y*

*termina en la Av. Brasil, tiene la función de satisfacer las demandas del viaje entre puntos distantes de la ciudad, ofreciendo adecuadas capacidades de tránsito al flujo vehicular.*

**De Norte a Sur y Viceversa.** - *Por la Av. Elmer Faucett que nace en la Av. La Marina, comunicando en su recorrido a las avenidas Venezuela, Oscar R. Benavides y Argentina, pasando por el Aeropuerto "Jorge Chávez" y terminando en la Av. Ventanilla. Su función es brindar accesibilidad directa y rápida al área Metropolitana.*

### **3.1.2 Jerarquización de Vías**

*Para efecto de la presente evaluación se ha llegado a la siguiente jerarquización:*

**Vías Principales (Troncales).** - *Son aquellas que sirven para relacionar vehicularmente a la provincia a nivel metropolitano.*

*Se caracterizan por tener una sección entre 35 a 55 metros, con dos pistas en doble sentido, con dos carriles o más carriles cada una, separadas por una berma central.*

*El Callao cuenta con las avenidas Ventanilla, Elmer Faucett y La Marina.*

Vías Colectoras Principales.- Son aquellas que sirven para canalizar el flujo de transporte urbano, masivo y relacionar las diferentes zonas extremas de la ciudad hacia las vías principales.

Tienen una sección promedio comprendidas entre los 10 a 35 metros, con una o dos pistas para ambos sentidos, con dos o tres carriles para cada uno de los sentidos.

Entre ellas tenemos la Av. Néstor Gambetta, Tomás Valle, Argentina, Oscar R. Benavides, Venezuela.

Vías Colectoras Secundarias.- Tienen la finalidad de conducir el tránsito de paso hacia las colectoras principales.

Tienen una sección promedio comprendidas entre los 10 a 35 metros, con una o dos pistas para ambos sentidos, con dos o tres carriles para cada uno de los sentidos.

Entre ellas tenemos a la Av. Sáenz Peña, Miguel Grau, Guardia Chalaca, José Gálvez, Santa Rosa, La Paz, Manco Cápac y Colina.

Vías Locales.- Las vías locales están destinadas al acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales, suministrando el servicio a las propiedades colindantes.

*Tienen una sección de 7 a 35 metros, con una o dos pistas para uno o dos sentidos, de uno, dos o tres carriles cada una.*

*Entre éstas tenemos las avenidas y jirones Paz Soldán, Bolognesi, Grau, Jorge Chávez, Marco Polo, 2 de mayo, Saloom, Cockrane, Vigil, Arica, República de Panamá, Contralmirante Mora, Enrique Palacios, Heros.*

*En el caso de las avenidas Grau y Bolognesi, cumplen también con la función de vías colectoras secundarias, debido a que comunican el distrito de La Punta con las avenidas principales.*

### **3.1.3 Condición de la Infraestructura Vial**

*La vasta extensión de calles y avenidas que constituyen la red vial del Callao, presenta características muy variadas en el diseño estructural de sus pavimentos y en cierta medida, tales características se encuentran asociadas al crecimiento y evolución de dicha red.*

*Pavimentos Rígidos.- Se trata de losas de concreto, en general sin armar, en espesores usualmente de 6" (15 cms.); el apoyo de estas losas es difícil de caracterizar por la escasa información disponible.*

*El mayor número de este tipo de vías se encuentra en el casco central*

*y por ende dentro del área inundable. La longitud de vías pavimentadas es de 44 Kms. (32.8% del total en la provincia).*

*Del total de vías pavimentadas, la mayor parte se encuentran en buen estado (38.45 Kms.) y el resto en mal estado, debido a que soportan la mayor intensidad vehicular, así como el paso de camiones que causan su deterioro.*

*Debido a la intensa circulación de transporte pesado y público, se observan rajaduras en el pavimento en la avenidas 2 de mayo, Manco Cápac, Contralmirante Mora, Arica, etc.*

*Pavimentos Flexibles.- Los pavimentos flexibles, están constituidos fundamentalmente por una base granular de material seleccionado de espesor variable en un rango de 0.15 a 0.20 mts. de espesor, y una carpeta asfáltica de 0.05 mts. de espesor. Aunque en el área central del Callao, se puede observar que los pavimentos que superficialmente hacen suponer son flexibles en realidad son mixtos.*

*Los pavimentos rígidos en los que, por efecto de actividades de rehabilitación o mantenimiento, las losas de concreto han sido recubiertas por una o más capas de mezclas asfálticas, son denominadas como pavimentos mixtos. Los extensivos programas de rehabilitación han significado un importante y continuo incremento de vías con este tipo*

*de estructura.*

*Dado que los recubrimientos asfálticos se reducen a 2 pulgadas o menos de espesor, el comportamiento estructural del pavimento continúa gobernado por la losa subyacente. Por lo mismo, es casi generalizada la reflexión de fisuras y juntas, acelerando el deterioro de estas calzadas.*

*El total existente entre pavimentos flexibles y mixtos es de 66 Kms. (49.3% del total general de vías), de las cuales el 95% se encuentran en buen estado y 5% en mal estado. Comprenden las avenidas Sáenz Peña, Miguel Grau, Bolognesi, Grau, etc.*

*Calzadas Afirmadas.- En áreas marginales y pueblos jóvenes de la provincia del Callao predominan las vías sin pavimento, conformadas con el suelo natural de la subrasante, o en algunos otros casos, las calzadas afirmadas están constituidas por material seleccionado.*

*Las vías afirmadas constituyen 22 Kms. (16.4% del total) de las cuales el 6% de estas vías se encuentran dentro del casco urbano, pero ninguna en el área inundable de estudio.*

*Vías Adoquinadas.- Tales vías que datan del siglo pasado, están constituidas por adoquines o bloques de roca, cuya forma y dimensio-*

*nes se asemejan a la de un ladrillo King Kong de arcilla, los que en su trabazón colocados sobre el terreno natural, forman una superficie de rodadura que en su época fueron lo suficiente resistentes a las cargas existentes.*

*En la actualidad estas vías son casi intransitables, y están ubicados exclusivamente en el área monumental del Callao, ubicados dentro del área inundable, los cuales constituyen aproximadamente 2.0 Kms., aproximadamente el 1.5 % del total de la provincia, encontrándose en mal estado de conservación, sin embargo actualmente están siendo reemplazados por adoquines de concreto que reúne méritos propios de alta resistencia, calidad y durabilidad, además de ser removibles y de fácil reparación.*

*En resumen, las vías pavimentadas en buen estado suman 101.15 Kms. (75.5%), en mal estado 8.85 Kms. (6.6%), en vías afirmadas de la provincia 22 Kms. (16.4%), y en vías adoquinadas en proceso de mantenimiento suman 2 Kms.(1.5%).*

#### **3.1.4 Intensidad Vehicular**

*De acuerdo a la intensidad de movimiento vehicular las vías pueden clasificarse por grados, variando desde una IMD de 500 vehículos por día (vpd), hasta valores cercanos o superiores a 10000 vehículos*

*por día, así tenemos:*

*Vías de Primer Grado (6000-9000 vpd):*

*Soportan el mayor grado de intensidad de tránsito vehicular principalmente autos y vehículos menores. Estas vías están comprendidas en la zona comercial administrativa de la ciudad: Av. Sáenz Peña, Miguel Grau, 2 de mayo, Paz Soldán, Marco Polo, Colón.*

*Vías de Segundo Grado (4000-6000 vpd):*

*Estas vías canalizan el tránsito de las zonas industriales y residenciales a través de las vías: Adolfo King, Paz Soldán, Manco Cápac, Colina, Vigil, Heros, José Gálvez, Guardia Chalaca, Santa Rosa, La Paz.*

*Vías de Tercer Grado (2000-4000 vpd):*

*Las vías cuya intensidad vehicular se encuentran dentro de este grado tienen las características de comunicar el tránsito entre las vías de segundo grado. Estas vías son: Gamarra, Jorge Chávez, Grau, Bolognesi, Constitución, República de Panamá y Palacios.*

### Vías de Cuarto Grado (500-2000 vpd):

*Se dá en vías de poca longitud, con restringido tránsito vehicular.*

*Tal es el caso de las vías: Puno, Cuzco, Saloom, Cockrane, etc.*

#### **3.1.5 Flujos de Transporte de Carga**

*Los mayores flujos de transporte de carga se realizan en la Av. Argentina, Colonial, La Marina, Néstor Gambetta, Elmer Faucett y Tomás Valle, originado por las actividades realizadas de ENAPU-PERU, Terminal Pesquero y el Aeropuerto Internacional "Jorge Chávez", con destino final a la Carretera Panamericana Norte, Central y Sur (zonas industriales de Lima).*

*Entre la Av. Argentina y Colonial, se produce intercambio del transporte pesado, a través de la Av. Palacios, debido a que la primera presentan problemas de congestionamiento.*

*En sentido contrario el tránsito tiene como destino al Terminal Marítimo, el Aeropuerto e Industrias asentadas lo largo de la Av. Argentina, Colonial y Néstor Gambetta.*

*Al ampliarse y consolidarse el área industrial existente en el Callao, complementariamente a la ampliación del Puerto y el Aeropuerto, el*

*casco central se verá congestionado, por el tránsito de camiones y transporte de carga que se trasladan desde o hacia el Puerto del Callao y por el transporte de productos al Aeropuerto.*

*Por lo expuesto, los problemas anteriormente descritos evidencian una vez más, la necesidad de ejecutar vías permitidas de tránsito pesado, para evitar el futuro congestionamiento del casco central.*

### **3.1.6 Capacidad y Congestión Vial**

*El análisis se ha efectuado en base a los siguientes indicadores: el circuito que conduce a la zona comercial y finalmente a la Plaza Grau, a través de la Av. Sáenz Peña que se ve restringida por el estacionamiento de vehículos en forma temporal reduciendo el número de canales de la vía. El problema es originado principalmente por el transporte público y los comercios ambulatorios asentados en los alrededores.*

*La Av. Argentina en el tramo comprendido entre el Ovalo Centenario y la Av. Elmer Faucett está llegando al límite de su capacidad debido a la ocupación de los carriles de la vía, uno temporalmente en la espera de cargar y descargar sus productos y otro como estacionamiento.*

*La calle Vigil en el tramo comprendido entre la Av. José Gálvez y Sáenz Peña se ve congestionada, debido a la sección reducida que presenta para soportar el flujo vehicular en ambos sentidos.*

*La Av. Miguel Grau en las tres últimas cuadras (antes de llegar a la Av. Colonial) presenta variación en su sección de 20 mts. a 12 mts. ocasionando el desvío de vehículos por la Av. Guardia Chalaca y por la calle Aguas Marinas e interrumpiendo el circuito Av. Miguel Grau-Colonial.*

### **3.1.7 Rutas de Transporte Público**

*En el Callao existe un sistema de "Corredores" de transporte urbano, de carácter metropolitano representado principalmente por las avenidas Miguel Grau, Sáenz Peña, 2 de mayo y Guardia Chalaca, servido por otras vías.*

*El servicio de transporte en el área es cubierto por, 4 líneas de Enatru Perú, 26 líneas de micros, 12 líneas de taxis, 8 líneas de colectivos y 3 líneas de camionetas rurales.*

*Dentro de las rutas correspondiente a las líneas antes descritas, la mayoría de ellas tiene su recorrido y/o paraderos iniciales, dentro del área inundable, entre otros de transporte de personal pertene-*

*cientes a diferentes empresas y otros de transporte de escolares.*

*El flujo decrece conforme se acerca a La Punta, distribuyéndose por las diferentes calles, o estableciéndose recorridos de regreso principalmente alrededor del Real Felipe. Por ello el servicio de La Punta es menos intenso.*

*Las Líneas férreas constituyen un importante medio de transporte de carga hacia el interior del país, pudiendo ocasionalmente ser acondicionadas para el transporte de pasajeros.*

## **3.2 Características de los Tsunamis en el Callao**

*Es importante mencionar algunas de las características particulares de los tsunamis en este sector, para la comprensión y elaboración de esta investigación, los cuales han sido condensados de estudios anteriores.*

### **3.2.1 Alerta y Alarma en Caso de Tsunamis**

*Tsunamis de Origen Lejano.- Aunque el mayor esfuerzo internacional, se ha dirigido a alertar a los pobladores que viven a orillas del Océano Pacífico de posibles amenazas de tsunamis de origen lejano; en el caso del Callao, la historia no registra mayores daños causados por tsunamis de este origen.*

*El alerta proviene del Sistema de Alerta Contra Tsunamis con sede en Honolulu, Hawaii, (SSWWS - por sus siglas en inglés de Seismic Sea Waves Warning System), cuyo mensaje es captado por CORPAC, en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, que a su vez lo retransmite a la Dirección de Hidrografía y Navegación de La Marina (DHINA), con sede en Chucuito-Callao y al Instituto Geofísico del Perú.*

*La DHINA retransmitirá el mensaje al Jefe de Defensa Civil del Callao, que es el Prefecto. Inmediatamente después, el Prefecto convoca al Comité de Emergencia de la Provincia Constitucional del Callao, que ejecuta el plan para la atención de tsunamis.*

*Tsunamis de Origen Cercano.- El escenario en este caso queda montado por terremotos tsunamigénicos de magnitud Richter entre 8.2 y 8.4 que causa daños muy graves por vibración en el Callao, y están acompañados por tsunamis destructivos. Tres terremotos tsunamigénicos ocurridos en el pasado, debidamente ilustrados por la historia, atestiguan claramente su potencialidad.*

*Un sismo cuyas características sean iguales o más intensas que las referidas a continuación, podrán generar tsunamis:*

- *Si es difícil permanecer de pie*
- *Si es difícil conducir automóviles*
- *Si se observan derrumbes de construcciones de adobe y daños severos en algunas construcciones de albañilería y/o concreto.*
- *Si la fase intensa del sismo dura más de 90 segundos.*

*En resumen, si el sismo tiene una intensidad igual o mayor que VIII MM, la población debe proceder de inmediato a evacuar las zonas de inundación, preferentemente hacia los refugios temporales. Si se ha perdido tiempo en iniciar la evacuación o hay dificultad de hacerlo caminando, en caso de encontrarse en La Punta o Chucuito, y las vías vehiculares están obstruidas, se debe proceder a tomar refugios en edificios con más de 4 pisos, que hayan resistido el movimiento sísmico sin daños significativos.*

### **3.2.2 Tiempo de llegada de la Primera Ola**

*Considerando que lo que interesa es el mínimo tiempo de llegada de la primera ola, la posición más desfavorable del epicentro del sismo tsunamigénico se ubica frente al Callao. Bajo consideraciones de orden investigador se llegó a determinar el rango de tiempo disponible entre 20 a 30 minutos, dentro de los tiempos críticos para abandonar la zona inundable.*

*El tiempo así calculado se verá reducido para los efectos de la evacuación, debido al tiempo necesario para la detección y aviso, hasta la ejecución de los planes; por lo cual resulta de especial interés la determinación de la Av. Costanera como una de las vías de escape vehicular para los pobladores de La Punta, que es el más vulnerable a sufrir daños.*

### ***3.2.3 Altura de la Ola en la Costa y Límite de la Zona Inundable***

*Resultados de estudios previos han encontrado que la ola tendría en la costa, una altura de 6 mts. Esto coincide bastante bien con los datos históricos del terremoto y tsunami del 28 de octubre de 1746.*

*Por razones de seguridad se ha considerado como límite de inundación la cota de los 7 m.s.n.m., esta altura probable de ola se tomará en cuenta para la determinación de los accesos de la Av. Costanera, para los fines de evacuación rápida de los pobladores.*

## **CAPITULO IV**

### **MEDIDAS DE PREVENCIÓN VIAL Y AFINES EN CASO DE TSUNAMIS**

---

#### **4.1 Actualización para la Vigencia del Plan de Preparación en Caso de Tsunamis para el Callao y La Punta**

##### **4.1.1 Refugios Temporales en Caso de Tsunamis**

*Los refugios temporales son instalaciones ubicadas fuera del área de inundación que albergarán a los evacuados por períodos más o menos largos, que pueden abarcar varias semanas o meses. Ellos a su vez deberán ser dotados de las facilidades necesarias que permitan vivir con lo mínimo necesario.*

*La ubicación de las áreas de refugio para la población, fue definida por sectores que se encuentran aproximadamente a 22 m.s.n.m., los cuales son:*

Sector I.- Constituída principalmente por el Hospital Nacional Daniel A. Carrión, estará destinada a la atención y hospitalización de heridos graves y de enfermos graves provenientes de Centros de Salud u otros inmuebles siniestrados.

Sector II.- Constituída por el Policlínico del IPSS, estará destinado a la atención de heridos y enfermos de menor gravedad, así como de pobladores susceptibles a la enfermedad al ser puestos a las condiciones de refugio.

Sector III.- Constituída por el colegio General Prado, estará destinada a albergar a refugiados de avanzada edad, niños que han perdido contacto con sus familiares, refugiados con limitaciones físicas y familiares con madres gestantes y/o con niños recién nacidos.

Sector IV.- Constituída por una parte del Parque Yahuar Huaca, el que estará destinado al reencuentro y/o espera inmediata de miembros de familias afectadas, que puedan llevarlos a vivir temporalmente en sus casas. Igualmente, estará destinada a aquellos cuyas viviendas serían muy levemente afectadas, pero que acudirían en forma de previsión.

Sector V.- Constituída por el resto del Parque Yahuar Huaca, estará destinada a albergar en carpas a las familias afectadas. Además el colegio Leoncio Prado y las instalaciones de la Feria del Pacífico, servirían como refugios temporales, en caso necesario.

Sector VI.- Conformado por el Colegio San Antonio de varones, que servirá para inicialmente albergar a las mujeres y niños que requieran refugio, para luego ser reubicados a otras instalaciones.

Sector VII.- Correspondiente a la Comisaría de Bellavista desde donde funcionará la central de información de personas desaparecidas. Desde aquí se mantendrá comunicación en dos sentidos con los otros sectores, para así establecer el paradero y recopilar todas las identidades de las personas establecidas en esta zona de refugio, que puedan posteriormente ser proporcionadas a quien lo solicite.

Sector VIII.- Constituída por el Club de Tiro de Bellavista, que servirá para concentrar a todos los niños de los diferentes Jardines de la Infancia de la zona inundable y que serían dirigidos y trasladados a este recinto por los propios profesores.

Sector IX.- Constituída por las instalaciones de la Comisión Controladora de Trabajo Marítimo y el Sector San Juan (Cocina), las cuales servirán para la recepción de alimentos y su posterior preparación, el mismo que serviría para la alimentación de los refugiados.

La mención de estos refugios temporales es mostrar las vías de tránsito, que en su medida se desarrollará por la Av. Guardia Chalaca. Hacia dicha avenida convergen la Av. Sáenz Peña, Miguel Grau, Colina, José Gálvez y Santa Rosa, así como diversas calles del sector. Por ello, en caso de tsunamis es recomendable restringir el tránsito vehicular interdistrital por esta avenida, entre su intersección con la avenida Miguel Grau y el Ovalo Saloom.

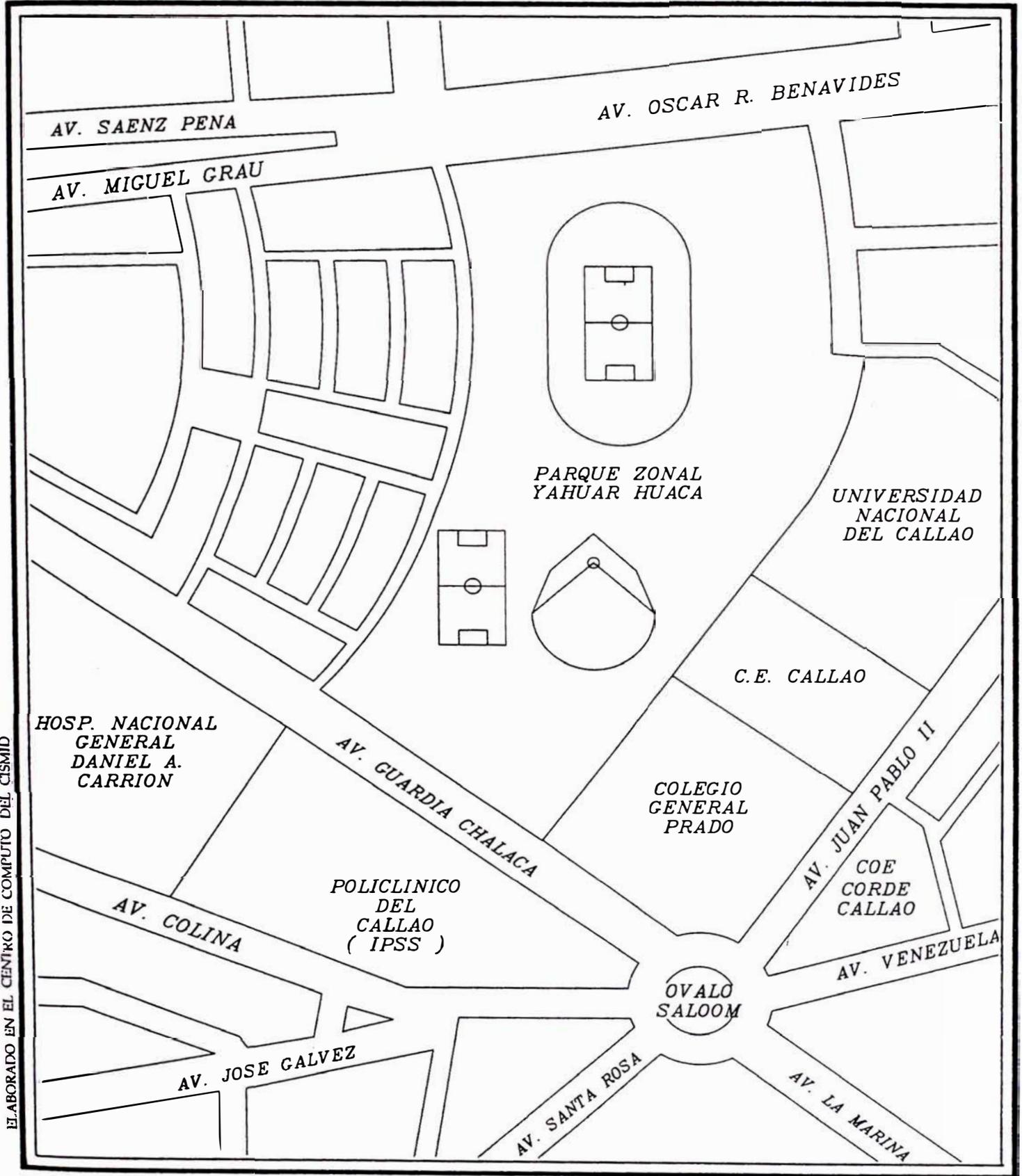


FIG. 4.1 ZONA DE REFUGIO TEMPORAL "YAHUAR HUACA" Y OTRAS INSTALACIONES DE EMERGENCIA

ELABORADO EN EL CENTRO DE COMPUTO DEL CISMID

#### **4.1.2 Estimación del Tiempo de Evacuación**

*Con la finalidad de estimar el tiempo necesario para evacuar a la población desde los diferentes puntos de las zonas inundables, se ha encontrado que un kilómetro puede ser caminado en 10 minutos aproximadamente en caso de los peatones más veloces y 20 minutos para el caso de los peatones más lentos.*

*De acuerdo a estos resultados que dan los tiempos de evacuación desde diferentes puntos, desde el Real Felipe hacia el Este, todas las personas excepto las que tienen problemas físicos pueden llegar caminando, fuera del límite de inundación sin problemas.*

#### **4.1.3 Selección de las Rutas de Evacuación**

##### *Vías Principales de Evacuación:*

*Son aquellas que son de doble tráfico y son amplias, en tal forma que el colapso de edificaciones que la bordean no la obstruyan, impidiendo el paso de vehículos, y sobre todo sean perpendiculares a las líneas de igual cota, en tal forma que se gane altura lo más rápidamente posible.*

*En estas vías, el lado derecho saliendo de la zona inundable es*

*vehicular y el lado izquierdo es peatonal. Al darse la alarma se impedirá el ingreso de vehículos a la zona de emergencia por lo que el carril izquierdo quedaría libre. Las vías principales de evacuación son:*

- Avs. Grau y Miguel Grau (Antes Buenos Aires)*
- Av. José Gálvez*
- Avs. Bolognesi y Sáenz Peña*
- Av. Argentina*
- Av. Guardia Chalaca*
- Av. Costanera (Ver diseño Cap. V)*

*También es vía principal de evacuación la Av. Contralmirante Mora, que forma un ángulo agudo con las curvas de nivel y por lo tanto no se gana altura tan rápido, pero en esa zona no hay otra alternativa.*

*Además se considera como vías principales de evacuación la Av. Néstor Gambetta y su continuación la Av. Palacios que corren prácticamente paralelas a las curvas de nivel, pero en este caso, ya no interesa ganar altura, dado que dichas avenidas se localizan en zonas no inundables.*

### Vías Secundarias de Evacuación:

*Estas son más angostas que las principales. Siempre son perpendiculares a las curvas de nivel. Se han considerado aquellas que el sentido del tráfico facilitan el traslado de los vehículos desde la zona inundable hacia las zonas de seguridad; y peatonales a aquellas que tienen el tráfico en sentido contrario, que estarán desocupadas al no permitirse el ingreso de vehículos a las zonas inundables.*

*Debido a que las vías vehiculares secundarias son angostas, en caso de tsunamis de origen cercano, el sismo que lo origine puede causar la caída de algunas fachadas, obstaculizándolos para el tránsito de vehículos, por lo que antes de ingresar a ellas, es necesario verificar su transitabilidad.*

#### **4.1.4 Control de Tráfico**

*Durante la evacuación en caso de tsunami, debe disponerse que todas las vías sean utilizadas en un solo sentido de tránsito, hacia la salida del área inundable, para evitar congestionamientos en el tráfico, ingreso de personas desprevenidas a la zona de mayor peligro y accidentes vehiculares, los que agravarían el problema de evacuación. Para tal efecto, se deberán establecer los siguientes puntos de control de tráfico.*

*Fuera de la Zona Inundable:*

*En los siguientes puntos de control deberá impedirse el ingreso de vehículos y personas al área inundable durante el tiempo que se determine llegue el tsunami y hasta después de terminada la labor de rescate y remoción de escombros.*

- Guardia Chalaca y Sáenz Peña*
- Guardia Chalaca y Miguel Grau*
- Ovalo Saloom*
- Néstor Gambetta y Huáscar*
- Plaza Túpac Amaru (Av. Argentina y Palacios)*
- Av. Costanera y Vigil y Arica*
- Av. Costanera y Av. Santa Rosa*

*Dentro de la Zona Inundable:*

*Con el fin de dar un flujo vehicular rápido y sin contratiempos, durante el pre-impacto del tsunami, deberán establecerse los siguientes puntos de control, determinados por ser intersecciones críticas dentro de la zona inundable.*

*De acuerdo a lo antes mencionado se ha llegado a detectar las siguientes intersecciones críticas:*

- *2 de mayo con Sáenz Peña, Guardia Chalaca y Colón*
- *Miguel Grau con 2 de mayo, Saloom y Cockrane*
- *Paz Soldán con Miguel Grau, Sáenz Peña y Colón*
- *José Gálvez con Vigil*
- *Ovalo Contralmirante Mora*
- *Av. Costanera con Miguel Grau*

#### **4.1.5 Seguridad, Orden Interno y Control de Tráfico**

*Hacer frente a emergencias de grandes proporciones, de manera eficiente y oportuna se requiere de una buena organización con las responsabilidades y funciones claramente establecidas.*

*En ese sentido, el Comité de Emergencia del Callao (CEC), se ha organizado en base del Comité de Defensa Civil de la Provincia Constitucional del Callao que se ha adaptado a las necesidades de actuar de manera flexible, en el corto y crítico período del pre-impacto del tsunami, con la finalidad de salvar el máximo número de vidas posibles.*

*El Comité Ejecutivo cuenta con 3 miembros: El Prefecto que lo preside teniendo como miembros al Alcalde del Concejo Provincial del Callao y al Presidente de Corde Callao. Es el máximo Organismo que dirige las acciones de emergencia.*

*Se han organizado Sub-Comités, para atender las necesidades de los diferentes frentes de emergencia, de los cuales, los referentes a la seguridad, orden interno y control de tráfico vehicular están relacionados con el presente estudio por lo cual los mencionaremos de manera especial.*

*La Seguridad.- Estará a cargo de las Fuerzas Armadas que manejará la situación de acuerdo a la organización y reglamentos existentes en el ejército, la marina y la aviación, pero será necesario coordinaciones previas y flexibilización de la organización para hacer frente a la emergencia. El jefe máximo en este aspecto, será el Comandante General de la Base Naval del Callao.*

*Orden Interno y Control de Tráfico.- Estará a cargo de la Policía Nacional (P.N.), que elaborará sus planes de acción para el control del orden interno, para lo cual coordinará sus acciones con las Fuerzas Armadas.*

*El control de tráfico tiene como objetivo lograr, en primer lugar, una evacuación ordenada tanto vehicular, como peatonal; y en segundo lugar, impedir que los vehículos y personas ingresen a la zona inundable una vez dada la alarma.*

*El personal de la Policía Nacional alojados en los cuarteles ubicados*

*en zonas de inundación, oportunamente con el Cuerpo de Bomberos dirigirán la evacuación, desplazándose conjuntamente con los evacuantes; los primeros con los peatones y los segundos con los vehículos, encabezándolos haciendo sonar las sirenas.*

*Para impedir ingreso de vehículos a las zona inundable los miembros de la Policía Nacional, cuyos cuarteles se ubican en zonas no inundables se trasladarán, tan pronto se de la alarma en los puntos indicados y tomarán el control del tráfico.*

*Debido a la gran congestión causada por la confusión durante la evacuación, sería importante dotar a las comisarías que se ubican dentro del área inundable, con motocicletas para asegurar su rápido desplazamiento hacia los lugares antes indicados y cumplir con las tareas establecidas.*

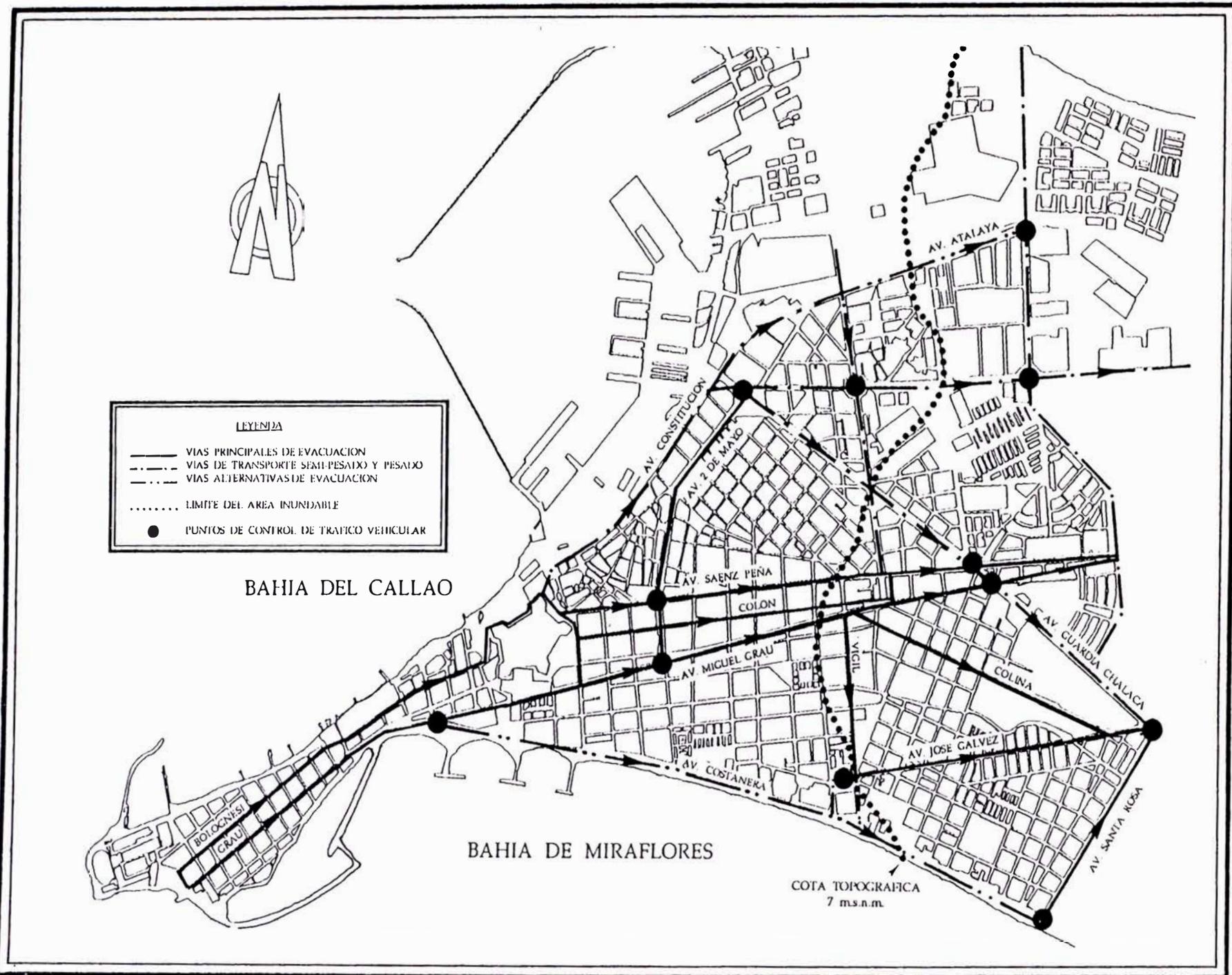


FIG. 4.2 VIAS DE EVACUACION VEHICULAR Y PUNTOS DE CONTROL DE TRAFICO

## **4.2 Componentes Críticos y Medidas de Prevención a Considerarse en el Área Inundable**

### **4.2.1 Comercio Ambulatorio**

*En las cercanías del mercado central del Callao, existen un gran número de vendedores ambulantes, que ofrecen diferentes artículos, ocupando las veredas y parte del pavimento en las avenidas Sáenz Peña y Miguel Grau, los jirones Colón, Cockrane y Saloom.*

*A lo largo de la calle Cockrane los puestos ambulatorios, impiden la evacuación de Oeste a Este en horas matinales y vespertinas, aunque en horas nocturnas los puestos son trasladados a diferentes lugares, dejando de esta manera la calle libre.*

*La cercanía de diferentes festividades como Navidad, año nuevo, 28 de julio, etc., así como la iniciación de las clases escolares en abril de cada año entre otros, motivan la ocupación de otras vías, determinando con ello mayor densidad de comercio ambulatorio, que afectará de manera importante la evacuación, sobre todo porque las zonas ocupadas dentro del área comercial comprometen las vías de evacuación de rápido ascenso, en dirección a las zonas de seguridad.*

#### **4.2.2 Servicio de Transporte Público**

*Deberá suprimirse y evitarse en el futuro la autorización de paraderos iniciales y/o finales de los servicios de transporte público, en las avenidas principales de evacuación; tal es el caso del Jr. Colón que en la cuadra 3, a la altura de la Av. 2 de mayo, donde se ha establecido el paradero inicial de servicio público, cuya ruta cubre el tramo Lima-Callao y cuyo medio de transporte es a través de camionetas rurales, que muchas veces ocupan dos carriles de la calzada.*

*Como medida de prevención se recomienda suprimir al Jr. Colón como una de las vías de tránsito de vehículos de transporte público, dado el congestionamiento y desorden que provocan a la altura del mercado central, cuyas unidades se mantienen en movimiento a velocidad mínima y a veces se detienen innecesariamente, al tratar de ganar la mayor cantidad de pasajeros, cerrando una de las vías de evacuación de rápido ascenso.*

*Una alternativa de variación de rutas de servicio público sería utilizando las calles paralelas entre la Av. Miguel Grau y la Mar Brava, que hoy en día solo representan vías de tránsito restringido e inaprovechado por diferentes razones, las vías comprometidas en este sector son: los jirones Apurímac, Loreto y en el futuro lo podría*

*ser también integrado por el jirón Ancash.*

*Por el momento, mientras se mantengan las actuales rutas sin modificación, deberá establecerse los paraderos de las diferentes líneas a lo largo de las avenidas, que en lo mínimo estarán separadas cada 3 cuadras.*

*En el caso de la ocurrencia de un tsunami, desde las zonas inundables hacia la zona de refugio es necesario facilitar vehículos de transporte masivo, sobre todo de los habitantes de La Punta y otros que se encuentren en instantes del pre-impacto, de la población mínima aproximada de La Punta específicamente de 7,041 hab., sin considerar los incrementos de habitantes por otro concepto diferente al residencial, podría realizarse la evacuación horizontal ascendente, proporcionando, omnibuses de la Marina, de Enatru-Perú (línea 13-A), de la línea 71 (Lima-La Punta), de la línea 87, etc.*

*Estos vehículos de transporte masivo, ubicados entre la Punta y Chucuito, podrán recoger a los evacuantes y desarrollar su flujo a través de la proyectada Av. Costanera, entrando por el primer acceso, en la intersección con la Av. Grau y desembocando por el segundo acceso a la altura de la Calle Vigil en el límite de los distritos del Callao y La Perla.*

### **4.2.3 Transporte Local de Carga y Materiales Peligrosos**

Transporte de Carga.- *El desarrollo de esta importante actividad está afectando considerablemente a la infraestructura vial del Callao, por el transporte de mercaderías de diferente tipo, desde o hacia el Puerto del Callao a las zonas industriales y centros de abastos.*

*El transporte local de carga es una de las actividades que acentúa el problema del mal estado de las pistas urbanas porque por ellas transitan camiones de carga superior al peso que las superficies están preparadas a soportar.*

*Debería quedar terminantemente prohibido el tránsito de vehículos de carga pesada, y los de alto tonelaje aún descargados, y los acoplados o semiacoplados (Traylers) por el área central de la zona inundable.*

*Es necesario por ello establecer vías permitidas para el tránsito pesado e impidan, del mismo modo, su paso por arterias sólo aptas para el tránsito liviano.*

*Por otra parte en la zona comercial centralizada en el mercado central se permitirá, la carga y descarga de mercadería de estas*

*unidades en las vías perpendiculares a las vías principales de evacuación evitando de esta forma, el obstaculizar el tráfico a través de las avenidas Sáenz Peña, Colón y Miguel Grau, dada su condición de válvulas de escape de la población en caso de tsunamis.*

*Transporte de Materiales Peligrosos.-* *Los vehículos que transporten materiales peligrosos, aparte de cumplir con todos los requisitos de seguridad exigibles en cada caso particular, evitarán entrar a la zona inundable y mantener su flujo a través de las rutas establecidas para el transporte de carga pesada, sin variación, salvo autorización oficial, evitando de esta forma propiciar mayores focos de peligro potencial en caso de tsunamis y estableciendo la seguridad en toda la zona urbano comercial.*

#### **4.2.4 Parqueo de Vehículos**

*La ocupación por los comerciantes informales en las vías pertenecientes, al área comercial del Callao, se ve aún más afectada por el parqueo de vehículos que reducen de manera importante la sección efectiva de tránsito vehicular y por la carga y descarga de camiones, creando un flujo lento e irregular a través de las vías.*

*Para presente caso deberá prohibirse el estacionamiento y/o detención de vehículos en las vías dentro de la zona de inundación,*

*en las vías principales de evacuación, e inclusive en aquellas cercanas a la zona comercial del Callao, tales como el Jr. Colón y otros aledaños, para ello deberán cumplirse las siguientes recomendaciones de control de tránsito en relación a las prohibiciones de detención y/o estacionamiento en dichas vías, salvo para la Av. Costanera que merecerá un tratamiento especial, los mismos que se señalarán en el capítulo siguiente.*

*Como recomendaciones generales se prohibirá el estacionamiento y detención de vehículos, dentro del área inundable en lugares que se expresan a continuación:*

- \_ Sobre la calzada al lado de cualquier otro vehículo detenido o estacionado junto y paralelo al sardinel.*
- \_ Sobre la acera.*
- \_ A menos de 10 metros del crucero peatonal.*
- \_ A menos de 5 metros de un grifo contra incendios.*
- \_ A menos de 5 metros de la puerta de un cuartel de bomberos, o a menos de 10 metros de dicho cuartel, en el extremo opuesto de la calzada.*
- \_ A lo largo o lado opuesto de cualquier construcción, excavación o trabajo que se efectúe en la calzada, cuando interrumpa o pueda interrumpir la circulación.*

- El parqueo en ángulo con relación al sardinel, excepto donde sea autorizado oficialmente.*
- En ningún lugar donde las señales oficiales prohíben el estacionamiento.*
- Dentro de las horas marcadas en los sitios en que se coloquen las respectivas señales de advertencia.*
- En las zonas señaladas para cargar o descargar mercaderías.*

*Quedará prohibido el estacionamiento y detención de vehículos ocupados o no, sobre la parte normalmente circulable de las vías principales de evacuación, impidiendo el flujo normal de tránsito, salvo en las vías con bermas laterales y en las zonas de parqueo autorizadas por la autoridad competente.*

#### **4.2.5 Grifos de Abastecimiento de Gasolina**

*Dentro del perímetro ubicado en la zona inundable existen, grifos de abastecimiento de gasolina ubicados en las partes laterales de las vías principales de evacuación, lo cuál representa un peligro latente en caso de un sismo-tsunamigénico, por las consecuencias perjudiciales que representaría el bloqueo por unidades de emergencia en un sector de la vía, debidos a un incendio o riesgo de explosión e inclusive por el mismo impacto del tsunami, además de ser es-*

*estructuras expuestas al impacto por choque de vehículos.*

*Los grifos de abastecimiento de gasolina existentes están ubicados en:*

- Grifo de La Punta (En el límite distrital de La Punta con el Callao)*
- Grifo (Cdra. 2 de la Av. 2 de mayo)*
- Grifo (Final de la cdra. 10 de la Av. Miguel Grau)*
- Grifo (Final de la cdra. 12 de la Av. Miguel Grau)*
- Grifo (Cdra. 9 de la Av. Sáenz Peña)*

*Deberá procurarse la reubicación de estos grifos fuera del área inundable, que están expuestos a ser colisionados, por vehículos que transitan a través de esas avenidas.*

#### **4.2.6 Viviendas en la Zona Inundable por Tsunamis**

*El área inundable estudiada que corresponde a la cota inferior a los 7 m.s.n.m., tiene su zona más vulnerable en la parte antigua de la ciudad, conformada por antiguas construcciones de adobe y quincha, que como materiales de construcción ofrecen características excepcionales de buen comportamiento ante sismos, lo cual ha sido puesto a prueba en numerosos terremotos acaecidos en los últimos 100 años,*

*dado que estas viviendas datan del siglo pasado y hasta hoy permanecen en condiciones de habitabilidad, sin embargo otras se encuentran por la falta de mantenimiento, deterioradas por el tiempo, la humedad, la acción de sismos pasados y por el cambio de uso de muchas de ellas de vivienda unifamiliar a multifamiliar.*

*Es urgente que Defensa Civil, determine la inhabilitación de las viviendas que no ofrezcan seguridad para sus moradores y la restauración de otras, dado que el desplome de muchas de ellas es inminente sin la necesidad de ocurrencia de un sismo, poniendo de esta forma en peligro tanto a sus ocupantes como a vecinos y transeúntes.*

*En esta zona declarada monumental, las calles se verían bloqueadas por el derrumbe de las viviendas en mal estado, por causa posible de un sismo anterior al impacto del tsunami, además que la evacuación se vería dificultada por lo angosto e intrincado de sus calles, por contar con un solo carril y estar en mal estado de conservación, debido a ello deberá adecuarse los edificios existentes a los riesgos propios de la zona.*

*Por otra parte, es necesario que las nuevas construcciones en general y sobretodo a aquellas que se efectúen con frente a las avenidas principales de evacuación, sean resistentes a sismos. Esto se*

*recomienda con la idea de que de ocurrir un sismo muy intenso las edificaciones no colapsen bloqueando el tránsito vehicular y dificultando la evacuación de las personas que lo hacen a pie.*

#### **4.2.7 Trabajos en la Vía Pública**

*Para ejecutar cualquier trabajo que signifique el cierre total o parcial de la vía pública, en forma temporal, la empresa privada o dependencia pública a cargo del mismo, comunicará con 48 horas de anticipación por lo menos, a quien corresponda el detalle y duración de la obra, a fin de que ésta organice adecuadamente la circulación por el área afectada.*

*Será obligación de la empresa o dependencia a cargo de la obra, señalar reglamentariamente, por su cuenta la zona en trabajo, la que durante la noche deberá ser iluminada.*

*Los materiales y desechos de todo trabajo deberán ser retirados, por quien ejecutó la obra, antes de 24 horas de finalizada.*

#### **4.2.8 Iluminación en Vías:**

*Deberá satisfacerse en forma eficiente las demandas requeridas y la modernización del alumbrado público en las avenidas y calles del ámbito de la Provincia.*

*Dada la importancia de la iluminación en caso de ocurrencia de un desastre en horas de la noche, se realizó una inspección en toda el área inundable para determinar su existencia y estado. Los resultados obtenidos luego de realizado el trabajo de inspección determinó que la iluminación general del Callao es aceptable en toda la ciudad, hasta en los sectores que siempre fueron marginados, hoy cuentan con este gran aporte.*

*Deberá tomarse especial consideración, en el mantenimiento y conservación del sistema de iluminación existente, de forma tal que aseguren la visibilidad de la población, tanto para mejorar su calidad de vida, como para estar preparados en caso de ocurrencia de un desastre en horas de la noche.*

*Deberá también continuarse con la ejecución de obras de ampliación y mejoramiento del servicio eléctrico en razón de la existencia de diversas zonas no atendidas y algunas con material muy antiguo y/o deteriorado.*

#### **4.2.9 Ubicación de Astilleros en la Zona Inundable**

*Estas instalaciones deberán ubicarse en el futuro en la bahía del Callao, y no en la Mar Brava perteneciente a la bahía de Miraflores, como es el caso del astillero A. Maggiolo, que en su necesidad de llevar las embarcaciones hasta sus instalaciones o vararlo nuevamente al mar en el sector de la bahía del Callao, los vehículos que la trasladan, al cruzar a paso lento con las embarcaciones de gran eslora, fácilmente bloquearían las avenidas principales de evacuación en su cruce o paso a través de ellas, debido a que la Mar Brava tiene características de ser un mar muy agitado y por ende de aguas inabordable.*

*Existen otros astilleros ubicados en la parte litoral correspondiente a la bahía del Callao como lo son los pertenecientes a Pesca Perú, Sima, Maggiolo, etc., que por su ubicación, no presentan problemas como el antes descrito.*

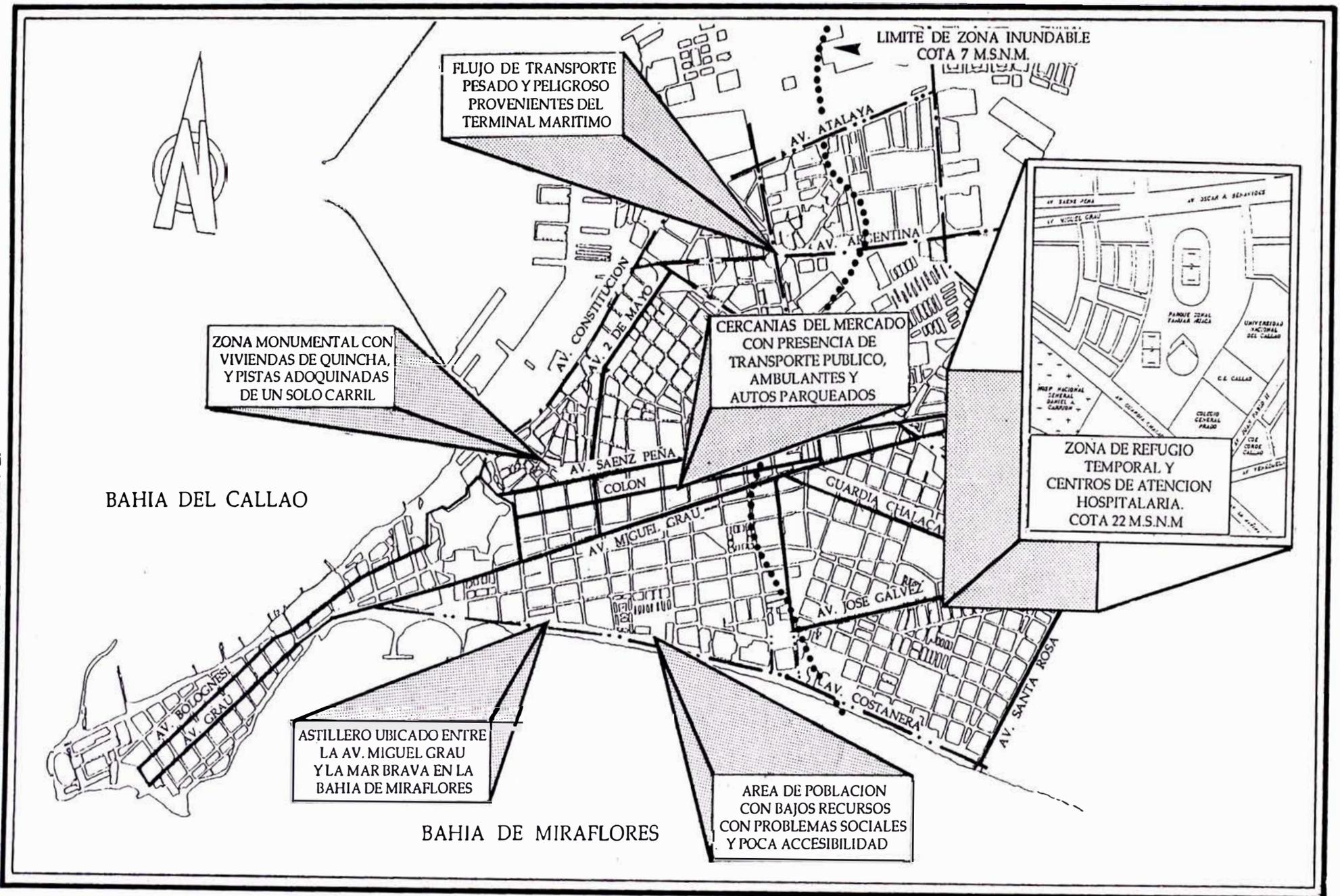


FIG. 4.3 COMPONENTES CRITICOS EN EL AREA INUNDABLE

#### **4.2.10 Alternativas de Atención Hospitalaria en Caso de Desastres**

*El hospital San Juan de Dios y el hospital de Varones Daniel A. Carrión del Callao, se han fusionado tomando como denominación actual "Hospital General Nacional Daniel A. Carrión".*

*En el presente se encuentran paralizados los trabajos de remodelación del antes denominado hospital San Juan de Dios, cuyo servicio de hospitalización fue suspendido hace 5 años, desde su construcción hace aproximadamente 25 años.*

*Por la reubicación y desaparición de valioso instrumental quirúrgico, el hospital sigue paralizado, restringiéndose la atención al servicio de emergencias y a consultas externas, dado que ya han sido ejecutados los trabajos de reforzamientos estructurales.*

*Dada la importancia de la atención de los heridos y enfermos de gravedad, la cual debería ser absorbida por el hospital Nacional Daniel A. Carrión, se darán a continuación alternativas de atención hospitalaria, que puedan servir actualmente, mientras no se reestablezca la atención en el citado hospital.*

*La Provincia Constitucional del Callao cuenta con un total de 45*

*establecimientos de Salud, distribuidos en 10 hospitales, Centros de Salud, 8 Postas Médicas y 5 establecimientos complementarios.*

*La Provincia Constitucional del Callao, cuenta con 756 camas de hospitalización distribuidas en el Hospital Nacional Daniel A. Carrión, San José, El Obrero y el Hospital Naval.*

*De acuerdo a los requerimientos normativos de 2.3 camas por cada 1,000 habitantes existiría un déficit de 1,017 camas, para la población actual de 770,926 habitantes, que se superaría en su totalidad, si se lograra alcanzar la capacidad de diseño en cada uno de los hospitales.*

*Como se ha visto el servicio de salud se encuentra centralizado en estos 4 hospitales, que aumentarían su capacidad global de asistencia, con el pronto reestablecimiento del antiguo hospital San Juan de Dios.*

*Mientras permanezca la situación actual, es importante destacar las prioridades de atención médica y de transportes de víctimas de un desastre mediante el sistema del TRIAGE.*

*La aplicación de este concepto está basado, en el criterio de establecer la urgencia del caso y las posibilidades de supervivencia de las*

*víctimas del desastre, determinando las prioridades de atención médica requerida.*

*La atención de gran cantidad de víctimas causados por un desastre, requiere de una organización interinstitucional capaz de reaccionar en forma oportuna y eficiente ante la compleja demanda de atención que el caso requiere.*

*Por lo tanto los hospitales deben contar con un plan de emergencia que corresponda a las necesidades derivadas de una catástrofe masiva, tomando en cuenta la variedad de posibles desastres y contingencias que puedan ocurrir, ya que no bastan que existan estructuras físicas bien equipadas y en funcionamiento, si estas no están debidamente organizadas.*

### **4.3 Construcción, Mejoramiento, Rehabilitación y Mantenimiento Vial en la Zona Inundable**

*Las vías de comunicación, avenidas y jirones en el Callao, pueden sufrir importantes hundimientos causados por las intensas vibraciones sísmicas del terremoto de la hipótesis. Tal como ha ocurrido en sismos anteriores las vías cercanas al Terminal Marítimo del Callao: Contralmirante Mora, Guardia Chalaca, y también las avenidas Miguel Grau y Sáenz Peña, dificultando la evacuación vehicular.*

*Además las vías pueden ser afectadas de manera importante por acción de las aguas, por probable rotura de las tuberías de agua y alcantarillado y por caída de postes de alumbrado eléctrico u otras posibles causas los cuales merecerán tenerse en cuenta en el futuro.*

#### **4.3.1 Construcción de Nuevas Vías**

*Dentro de este rubro, se recomiendan las siguientes vías:*

- a).- Construir la Av. Costanera en el tramo desde La Punta hasta la Av. Santa Rosa en el distrito de La Perla, proporcionando de ésta manera una vía de evacuación contra tsunamis, mejorando la fluidez del tránsito y relacionando vehicularmente la Provincia Constitucional del Callao a nivel metropolitano.*
  
- b).- Construir la Av. Atalaya (cota 7 m.s.n.m.) para que sirva de vía evacuación al sector peinado por la Av. Contralmirante Mora y lleve a los evacuantes en rápido ascenso a la cota de 10 metros, al encuentro con la Av. Néstor Gambetta, que evitará pasar por el Ovalo Centenario, que se encontraría bloqueado por ser convergencia de diferentes avenidas. esta zona está dentro de la zona potencial de incendios de grandes proporciones, lo cual merecerá un estudio detallado.*

#### **4.3.2 Ampliación y Mejoramiento de Avenidas Principales**

*Serán aquellas que implican cambios en la categoría del pavimento, ensanches de calzada, o eventualmente el mejoramiento de los parámetros de diseño geométrico.*

- a).- *Ensanchamiento de la Av. Miguel Grau, para dar mayor libertad al flujo de tránsito vehicular, a la vez que se reduce la longitud transversal de la berma central que hoy ocupan los vendedores ambulantes y arborizándola en su parte central. A la altura de la cuadra 13 en sentido hacia Lima, se reduce en 2 carriles por la existencia de viviendas, lo cual forma un pico de botella, que en el futuro deberá ampliarse y mantenerse la sección predominante en su desarrollo.*
  
- b).- *La Av. Guardia Chalaca, que sirve para evacuar la zona del Terminal Marítimo, debe ser ampliada y reparada por las ondulaciones que presenta, la reparación debe ser efectuada previo estudio de mecánica de suelos. El problema se agrava por el paso de pesados camiones que salen del Terminal Marítimo, y por las grandes amplificaciones que se producirían en las ondas sísmicas en caso de terremotos, las que pueden provocar su falla haciéndola intransitable.*

- c).- *En el programa de obras de evacuación se considera necesario prolongar la Av. Contralmirante Ignacio Mariátegui, en su tramo ubicado entre la Av. Contralmirante Mora y las instalaciones de Petroperu, Minpeco y Centromin Perú, así como otras vías sin salida.*
- d).- *Ensanchar los jirones Miroquesada o Nicolás de Piérola, para convertirlas en vías colectoras para la evacuación.*

### **4.3.3 Rehabilitación y Mantenimiento de Vías**

*El uso intensivo de las calles por el tránsito vehicular y de roturas ocasionadas por los trabajos de instalaciones de agua, desagüe, etc., merecerán rehabilitación o mantenimiento según sea el caso:*

#### *Rehabilitación de Vías:*

*La rehabilitación es el proceso destinado tanto a restaurar como a mejorar la servicialidad de la estructura del pavimento, dotándola de la capacidad estructural necesaria para soportar eficientemente las solicitudes del tránsito previsto para el periodo de diseño. La rehabilitación en general va precedida de un estudio de ingeniería.*

*Las vías más importantes que requieren rehabilitación son las*

*avenidas Constitución, Manco Cápac, Néstor Gambetta, Vigil, Arica y Contralmirante Mora.*

*Mantenimiento de Vías:*

*El mantenimiento se refiere a trabajos tales como parchados, sellado de grietas, tratamientos superficiales, reparaciones, etc., requeridas para conservar un pavimento por encima de un nivel mínimo de servicialidad pre-establecida.*

*En realidad el mantenimiento deberá ser general, para todas las vías, sin embargo mencionaremos las que merecen especial atención, tales como las calles Saloom, Cockrane, Contralmirante Villar, Apurímac, Loreto, Ancash y Marco Polo entre otras.*

*Apertura de Vías:*

*Se deberá aperturar la calle Arica que se encuentra bloqueada por viviendas rústicas, y que en la proyección de construir la nueva Av. Costanera, permitirá el paso de vehículos en toda su longitud, utilizándola en un solo sentido hacia el Sur, para llegar finalmente a la Plaza Guardia Chalaca y estableciendo el tránsito de la calle Vigil en un solo sentido hacia el Norte que hoy sirve para el tránsito de los vehículos de Norte a Sur y viceversa. De esta forma podría*

*mantenerse el tránsito fluído al encuentro de la Av. Costanera por el acceso de la calle Arica y determinar la salida a través de la calle Vigil, tal y como se detalla en el capítulo posterior.*

## **CAPITULO V**

### **DISEÑO DE LA AV. COSTANERA**

---

#### **5.1 Objetivos del Estudio de la Vía Costanera**

*Cabe detallar que las vías de evacuación Grau y Bolognesi, buscarían el cauce de flujo vehicular a través de las avenidas Miguel Grau y Gamarra, al llegar a la garganta natural que une la península de La Punta con Chucuito, provocando con ello el congestionamiento, el caos, los accidentes, etc., al encontrarse con el centro de la ciudad del Callao; por ello es de especial interés la construcción de esta nueva vía alternativa de evacuación en caso de tsunamis, que en su tiempo fue una de las rutas vehiculares de escape de los pobladores de La Punta. Por ello la Av. Costanera merecerá un estudio especial para su diseño, según las condiciones propias existentes.*

*Además el litoral del Callao, considerado como área de playas para esparcimiento es mínimo; a excepción de las playas pertenecientes a la bahía del Callao. En el sector de la Mar Brava todo esto es limitado, tanto por la con-*

*formación geográfica de los acantilados y la braveza de las olas, así como por los niveles de contaminación del mar y playas y la falta del equipamiento e infraestructura de acceso.*

*Una gran alternativa sería la prolongación de la Costa Verde que partiendo de Chorrillos, llegue al distrito de La Punta, aprovechando la vía alternativa de evacuación contra tsunamis en la parte litoral donde empiezan los acantilados, que para los efectos de la presente se desviaría hacia la franja litoral superior ganando altura, al encuentro con la avenida Santa Rosa en el distrito de La Perla.*

## **5.2 Desarrollo del Trazo**

*El desarrollo del trazo de la Av. Costanera materia del estudio, compromete a los distritos del Callao y La Perla, el mismo que se desarrolla en la zona de playas perteneciente a la bahía de Miraflores.*

*Su inicio ha sido determinado por la intersección de la Av. Miguel Grau (altura de la cuadra 3) con el alineamiento de la vía proyectada en el Km. 0+000, el cual se encuentra a una cota de 3.8 m.s.n.m. en Chucuito, cercano al límite distrital entre el Callao y La Punta, hasta el Km. 3+420 con una cota de 21.70 m.s.n.m., en el distrito de La Perla, donde empalma con la Av. Santa Rosa.*

### **5.3 Antecedentes**

*La recopilación de antecedentes relacionados con la ex-avenida Costanera, cuyo trazo se desarrollaba a lo largo de la ribera de la Mar Brava ubicada en la bahía de Miraflores, desde La Punta hasta la Av. Santa Rosa, nos relatan que su construcción fue ejecutada hace más de medio siglo y que se vió afectada por las condiciones naturales particulares de la zona.*

*Uno de los principales factores que determinaron su desaparición fue el efecto erosivo de las olas que en esta parte del litoral azotan violenta, continua e inexorablemente, factor que poco a poco fue socavando las vecindades de la base del pavimento y el pie de los taludes de la franja superior. Los esfuerzos que se hicieron por remediarlos, al tratar de brindarles una defensa oportuna, fueron inacertadas y construídas en solo algunos tramos descuidándose otros.*

*Hace muchos años, en áreas adyacentes cercanas a la actual Av. Sta. Rosa, se mandó construir un rompeolas, con cubos de concreto, los mismos que sucumbieron, por la exposición severa del concreto a la acción de las aguas salinas y por el movimiento de sus partes debido al mar agitado.*

*Otro de los factores que tuvo influencia, fue la construcción del pavimento con concreto que a la postre se vió atacada por los sulfatos presentes en el agua marina y por el mantenimiento inexistente en aquella época, lo que*

*determinó finalmente su deterioro y desaparición de la red vial urbana del Callao, que en su momento significó una de las más importantes vías de comunicación.*

*Para el diseño de esta nueva avenida, es importante hacer una reflexión, acerca de que no solo significa hacer sino valorar los resultados de lo que se hizo. Es decir que la interpretación de los resultados de las obras realizadas, debe establecer una comparación entre el comportamiento estructural previsto o de diseño y su comportamiento real.*

*Por ello se ha considerado como antecedentes obras existentes en funcionamiento, evaluando sus diseños y problemas posteriores a su construcción, para evitar los estragos que se están presentando por ejemplo la actual vía de la Costa Verde con sus problemas de deslizamientos de los taludes en zonas de relleno, erosión de la base de la vía en tramos sin protección, que adelantan el comportamiento futuro de la vía en estudio, de no tenerlos presentes.*

*En la presente investigación, coexisten a lo largo de esta franja litoral costas bajas y acantilados, para lo cual se han considerado en el diseño de la Av. Costanera, el estudio de estabilidad de taludes, estudios de defensa y formación de playas, estudios de suelos y otros no menos importantes, que permitirá su operatividad como vía de evacuación contra tsunamis.*

## **5.4 Estabilidad de Taludes**

*El conocimiento de las características geotécnicas y geomorfológicas, dentro del área del proyecto, permitirá analizar los problemas que se relacionan con la estabilidad de los taludes de los acantilados, comprendidos entre el Ovalo Guardia Chalaca por el Norte y la intersección de la vía proyectada con la Av. Santa Rosa por el Sur.*

*La estabilización de taludes en las zonas acantiladas, contribuirá con la seguridad de los habitantes del sector, de los usuarios de la autopista, además de eliminar los lugares de acumulación de materiales de desmonte y basura que actualmente significan un peligro latente.*

*Estos acantilados tienen un papel importante en la evolución hacia la forma de equilibrio de la ribera, en efecto, a un cierto retroceso de la ribera corresponde un volumen variable de sedimentos según los puntos atacados del litoral.*

### **5.4.1 Geomorfología General**

*La Gran Lima se encuentra situada sobre los antiguos arrastres sólidos del río Rímac, el mismo que tiene una longitud aproximada de 155 Kms., desde sus nacientes hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. Actualmente a lo largo de su recorrido este río, sigue la*

*dirección promedio S 75° W y recibe en su margen derecha las aguas del río Santa Eulalia, de unos 60 Kms. de longitud.*

*La pendiente del valle del Rímac desciende paulatinamente hacia la línea de costa, siendo abrupto el contacto mar-tierra, debido a la presencia de acantilados continuos en casi todo este sector litoral. El rasgo físico más característico es La Punta, conformando lo que vendría a ser la última terraza del río Rímac.*

*Actualmente en su tendencia permanentemente a regularizar la línea de costa, está siendo sometida a un severo ataque de las olas y sólo las obras de defensa le permiten la protección necesaria en este sector. El lado Sur de la Punta, es donde el mar concentra su mayor acción erosiva. En la zona de la Mar Brava, hay sectores de la faja costanera que sufren inundaciones en mar tempestuoso.*

*El análisis geomorfológico de la región investigada permite determinar por lo menos 2 niveles antiguos del río Rímac: la terraza t1, la más joven que constituye principalmente el Callao y La Punta, y que se halla casi al nivel del mar y la terraza t2, más antigua, en la que se constituyen los acantilados que empiezan después de pasar el parque Guardia Chalaca en el Callao. Las playas están formadas por cantos rodados.*

*La dinámica marina es muy intensa en La Punta y la zona de la Mar Brava, hasta más o menos la altura del Colegio Militar Leoncio Prado en La Perla, para ir decreciendo hacia el Sur.*

#### **5.4.2 Geomorfología de los Acantilados**

*Los acantilados se inician en las proximidades del parque Guardia Chalaca en el Callao. Entre este punto y la Av. Santa Rosa, en La Perla, su altura aumenta desde más o menos 8 mts., hasta los 22 mts. sobre el nivel del mar. Los materiales que lo constituyen estratificados son sedimentos limo-arcillosos y limo-arenosos, de colores rojizos o pardo amarillentos debido a la presencia de óxidos de hierro y adoptan colores vivos cuando están humedecidos.*

*Al Norte de la Av. Santa Rosa, los acantilados están cubiertos casi completamente por rellenos de desmonte y basura, extendiéndose hacia el Sur al encuentro con la avenida.*

*Los niveles limo-areno-arcillosos que constituyen los acantilados hasta esta avenida, tienen en ésta zona de 8 a 10 mts. de potencia en la parte superior. Debajo se halla un banco de cantos rodados, de 3 a 4 metros de espesor, sin que se pueda observar su continuidad en profundidad por estar cubierta en la parte inferior por una terraza casi continua constituída por el oleaje en épocas de braveza. Este*

*banco de cantos aumenta rápidamente su espesor a 6 a 8 metros unos 100 metros al Sur. Los cantos están mal graduados y tienen de 4 a 5 cms. de diámetro en promedio con arena gruesa.*

### **5.4.3 Geotecnia de los Acantilados**

*Como se hizo referencia anteriormente, desde el parque Guardia Chalaca en La Perla por el Oeste; hasta la Av. Santa Rosa, los materiales están constituidos básicamente por intercalaciones de arcillas Cl, arenas limosas, arcillas Ch y algunos estratos delgados de gravas intercaladas entre los materiales blandos, así como cuñas de gravas.*

*Los materiales descritos anteriormente corresponden a la era pleistocénica final y holocénica, especialmente los de la cubierta superficial o techo de talud. Estos ocupan la parte superficial y buzan o se inclinan a favor de talud 3° a 5° en direcciones desde S-50°-W hasta N-70°-W pasando por la dirección W-E.*

*Los factores externos de radical importancia en la inestabilidad de taludes pueden ser el efecto de erosión marina al pie del talud y los excesivos rellenos que se han depositado en las coronas de los taludes al inicio de los acantilados, extendiéndose de una manera discontinua, conformados en su mayor parte por materiales de desmonte.*

#### **5.4.4 Aspectos Geosísmicos**

*Estudios previos realizados por el Dr. Arnaldo Carrillo Gil en las cuales se evaluaron las características físicas y mecánicas de los suelos que conforman los acantilados de la Costa Verde en Lima y considerando sus condiciones geológicas, sísmicas y geotécnicas, evaluados por diferentes métodos de cálculo y utilizando coeficientes de seguridad estáticos y dinámicos debidos a las acciones de los terremotos que son frecuentes en el área, determinan que la parte acantilada en el sector de investigación, reúne las siguientes condiciones de estabilidad:*

*Desde la Av. Santa Rosa al Norte, según sus condiciones de estabilidad estática, el sector es definido como estable a muy estable.*

*Según sus condiciones de estabilidad dinámica, en el sector se producirán deslizamientos sólo para sismos mayores al Grado VI de Intensidad en la Escala de Mercalli Modificado.*

*La determinación de zonas a lo largo de la faja costera, determinan que las condiciones estáticas y dinámicas de este sector, son apropiadas para solicitaciones de carga usuales y probables, así como para las intensidades menores a grado VI que pueden ocurrir en el futuro.*

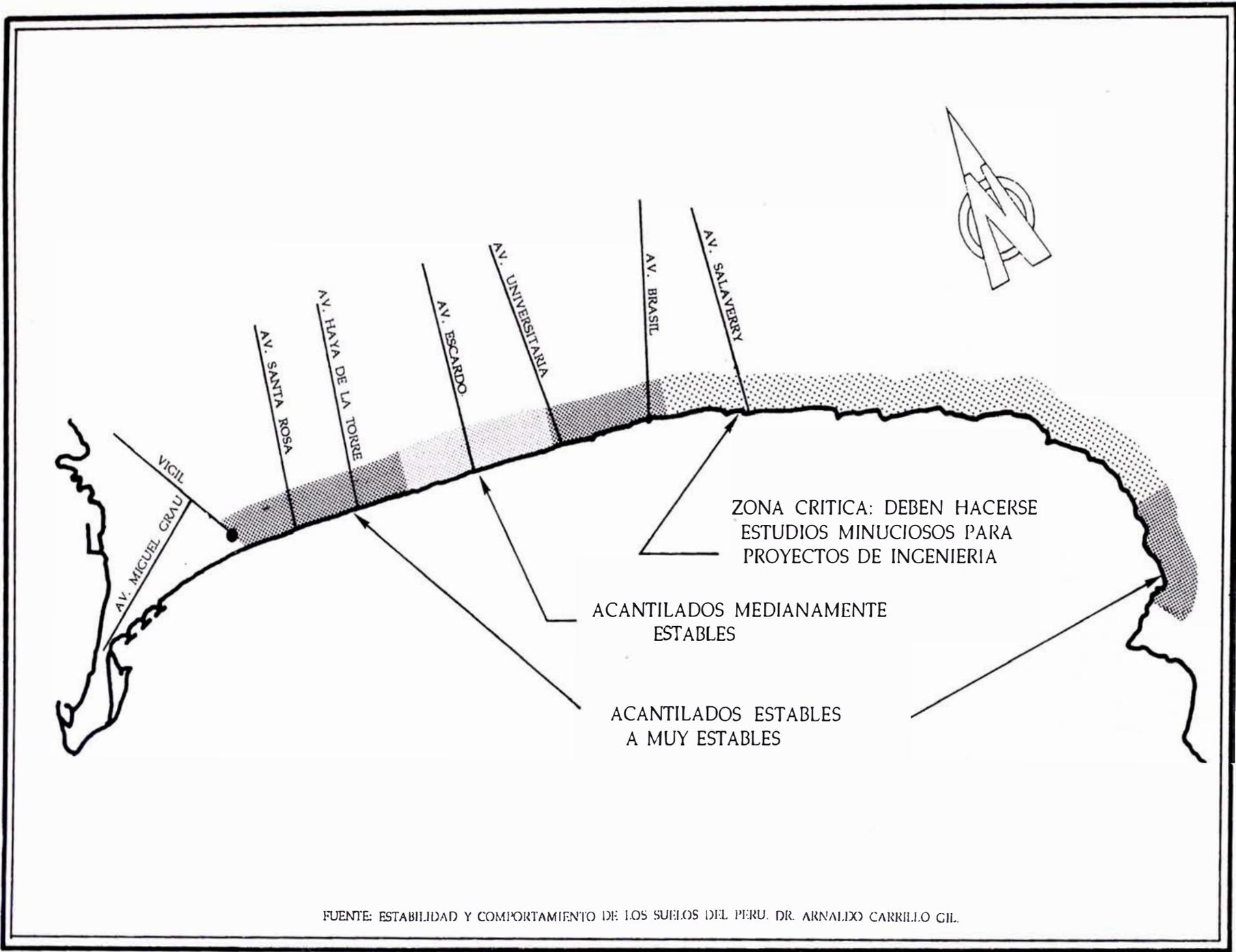


FIG. 5.1 CONDICIONES DE ESTABILIDAD DE LOS ACANTILADOS EN LA COSTA VERDE

## **5.5 Protección Contra la Erosión Provocada por Acción del Mar y de Formación de Playas**

*La construcción de sistemas de protección contra la acción erosiva, es de vital importancia en ésta zona que inexorablemente es atacado por las olas del mar.*

*La construcción de estas defensas permitirá aparte de ofrecer protección a la Av. Costanera proyectada en este estudio, paralizar el avance del litoral debido a la erosión, dado que aún no se ha llegado a una estabilización total de la conformación mar-tierra, el mismo que se ve afectado también por la construcción de espigones en su dirección Sur, que modifican constantemente el comportamiento natural de las características oceanográficas propias de esta franja.*

### **5.5.1 Estudio de Defensas**

*Las condiciones que debe reunir una defensa definitiva del litoral desde La Punta hasta la Av. Santa Rosa en el distrito de La Perla, son los siguientes:*

- Paralizar el pronunciamiento de la concavidad del litoral por avance del mar.*
- Proteger el litoral contra las inundaciones*

*Proteger el talud de relleno de la Av. Costanera*

*Proteger el pie de los acantilados contra la socavación*

*Ganar terreno al mar, con la formación de playas.*

### **5.5.2 Infraestructura Existente en el Area del Proyecto**

*Desde el año 1940, aproximadamente, se ha venido construyendo diversos tipos de obras destinadas a proteger el pie de los acantilados, ganar áreas de recreación marítima y/o propender a la formación de playas. El primer espigón construido con más de 200 metros de longitud, permitió en el sector de Agua Dulce, una gran acumulación de arena en un período muy corto. Esta circunstancia motivó la construcción de otros espigones, de longitudes y espaciamientos variables.*

*La construcción de espigones se ha continuado, caracterizándose todos ellos por haber sido construidos en dirección perpendicular a la línea de costas y que por lo tanto las sedimentaciones y erosiones que originan son las típicas, que presentan para esta orientación con respecto al ángulo de incidencia de las olas. Logran una acumulación en su cara Sur que tiende a encontrar su equilibrio al llevar la nueva línea de playa aproximadamente paralela a los frentes de olas.*

*En la zona Norte no se encuentran obras de defensa excepto en el*

*litoral de la Mar Brava, en el Callao, donde se han construido tres espigones en forma de Te, perpendiculares a la playa, que han resultado eficaces para la protección de este sector costanero, que con anterioridad era frecuentemente erosionado por las olas en los períodos de braveza. En esta parte del litoral, debido a la fuerte pendiente de la playa, la incidencia de las olas se produce prácticamente con el íntegro de su energía y su efecto devastador es considerable.*

*Las obras de protección en La Punta consisten en dos espigones de gran longitud que tienden a cerrarse, dejando entre ellos una entrada estrecha, que temporalmente se obstruye por la acumulación de materiales arrastrados por el mar, formando una poza insana de aguas estancadas y malolientes.*

### **5.5.3 Problemática Actual de Diseño de Espigones y Defensas**

*Es necesario subrayar que la intervención humana, incluso local, puede provocar en el comportamiento del litoral peligrosas divergencias de evolución.*

*En efecto, la construcción de espigones y de diversas obras de protección localizadas pueden servir para estabilizar el litoral, que pueden prolongar sensiblemente su límite del equilibrio.*

*Sin embargo, es probable que los esfuerzos que tienden a retener el litoral de la parte Sur de La Punta (espigones Te), alcancen su objetivo en perjuicio de una erosión de la ribera donde no existe protección.*

*Además los espigones situados en los distritos de Chorrillos y Barranco y los actualmente construídos en el sector de Miraflores, Magdalena y San Miguel ejecutados por el Ministerio de Vivienda y Construcción, a raíz del Proyecto de la Costa Verde pueden influir en el equilibrio del litoral situado más al Nor-Oeste.*

*Se puede decir por lo tanto que en la zona que va desde La Punta al principio de los acantilados en el distrito de La Perla, el problema más importante es el ocasionado por las evoluciones debidas a las tempestades y a las variaciones estacionales de las características de las olas, que merecen un tipo de protección especial.*

*Si se supone una sobreelevación del nivel, debido a diversos factores como el viento, la presión atmosférica, etc. y las características de las olas, igualmente excepcionales, se puede preveer alcanzarán el litoral sobre una distancia mucho más importante que groseramente se puede valorar en unos 50 mts.*

*Hay que tratar de evitar el escollo que trae la ruina de numerosas*

*carreteras costeras y que consiste en construirlas a gran proximidad de la playa en tiempo calmado.*

#### **5.5.4 Investigación del Transporte de Sedimentos**

*La arena proveniente del Sur contornea La Punta Solar y Chorrillos desplazándose a cierta profundidad y propagándose enseguida sobre el fondo de la bahía de Miraflores.*

*Se ha observado que en la ensenada de Chorrillos que se encuentra protegida por La Punta Chorrillos y La Punta Solar, sólo recibe amplitudes medias y donde se han construido obras de detención bastante largas, que logran el entrapamiento de los sedimentos.*

*La ensenada Chorrillos es uno de los lugares del litoral, donde se puede encontrar de modo natural condiciones de oleaje favorables. Cuando nos alejamos hacia el Norte las olas atacan cada vez de modo más fuerte y no pueden permitir la acumulación de arena.*

*De una parte, los espigones contruídos al Norte del distrito de Chorrillos bloquean el transporte de arena y lo bloqueará durante cierto tiempo después del cual la arena contorneará la obra para proseguir su camino hacia el Norte.*

*Es posible que los aportes de arena provenientes del Sur, transportado por la corriente, lleguen a invadir la bahía de Miraflores y transformen gradualmente las playas de guijarros en playas de arena, pero para lo cual será necesario esperar muchos años.*

*Se puede concluir que la forma más rápida, de ganar terreno al mar mediante la conformación de espigones en el sector de la Mar Brava, se obtendría con un relleno artificial.*

## **5.6 Alternativas de Defensa y Formación de Playas**

*Los espigones y enrocados de protección de los taludes de relleno son trabajos considerados de suma importancia dentro de los alcances del proyecto, en tal razón en la etapa de construcción de los rellenos de explanación los trabajos deberán efectuarse adoptando los sistemas de protección contra las acciones de las olas del mar a que están expuestas y que son más intensas en la época de invierno.*

*La presentación de estas alternativas de solución, requieren de un estudio sumamente delicado, donde entran en juego diferentes parámetros, necesarios para la elaboración del diseño final, tanto así como un estudio en modelo, para observar el comportamiento de los mismos durante su conformación y permanencia.*

*A continuación se presentan algunas de las alternativas de defensa los taludes de relleno de la vía de evacuación como el de los acantilados y de formación de playas en el litoral de la Mar Brava.*

### **ALTERNATIVA 1 (Defensa)**

*Se refieren a la construcción de los enrocados de protección de los taludes de relleno o del pie de los acantilados. Es probablemente la forma más barata de protección, pero no facilita la formación de playas.*

*Esta alternativa considera un enrocado longitudinal de defensa, mediante el revestimiento con rocas de los taludes de relleno de la vía y del pie de los acantilados, dentro de la zona comprendida entre La Punta y la Av. Santa Rosa.*

*Al respecto debe indicarse que se deberá construir paralelamente con la nueva Av. Costanera, debido a la inexorable acción erosiva del mar que podrá afectar los taludes de relleno del mismo, durante su construcción.*

## **ALTERNATIVA 2 (Defensa y Formación de Playas)**

*Esta alternativa considera la construcción de espigones que disminuirán la fuerza dinámica de las olas, por el impacto en sus extremos como por la fricción en sus caras laterales.*

*Propiciando a la vez la limitación del desplazamiento de los materiales de arrastre, que son movidos a lo largo del litoral, puesto que ejercen una acción de entrapamiento originando la acumulación de estos materiales, lo que se traduce en la formación de superficies de playas que a su vez constituyen una defensa a los problemas erosivos que representan para los taludes y para la plataforma de la autopista.*

*La formación de playas artificiales por medio de la construcción de espigones y de acarreo de arena hasta los lugares considerados, será una solución más costosa, pero presenta la gran ventaja, que podría contar con terrenos ganados al mar, sin necesidad de esperar el tiempo que demande la formación de acumulaciones naturales.*

## **5.7 Diseño Geométrico**

*Se han adoptado características que están en concordancia con las normas para el diseño de carreteras.*

*La velocidad directriz condiciona todas las características ligadas a la seguridad de tránsito, determinando valores restrictivos máximos o mínimos relativos a las características geométricas.*

*La elección de la velocidad directriz se ve influenciada principalmente, por el relieve del terreno, el tipo de carretera a construirse, los volúmenes y el tipo de tránsito que se esperan y otras consideraciones de orden económico.*

*Para los efectos de la presente, se ha determinado como velocidad directriz máxima de diseño, a aquella que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada de la autopista, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño, la cual se ha determinado en 70 Km/hora.*

*A continuación se presentarán los valores resumidos de la geometría de la autopista, considerando la velocidad directriz antes determinada y en conformidad con las Normas de Carreteras.*

### **5.7.1 Alineamientos y Curvas Horizontales**

*La determinación de los alineamientos horizontales, han sido obtenidos a partir de los planos topográficos, teniendo como áreas de elección de las mismas, los límites de propiedades existentes y la ribera de la Mar Brava, por la margen izquierda y derecha del desarrollo del trazo respectivamente.*

*La elección de los alineamientos han sido determinados, para permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de que conserven la misma velocidad directriz, en la mayor longitud posible de la autopista.*

*La determinación de los alineamientos horizontales, determinaron 4 puntos de inflexión (PI), es decir 4 curvas horizontales por realizar, en los 3.420 Kms. de recorrido partiendo desde su intersección con la Av. Miguel Grau, hasta su culminación en la Av. Santa Rosa en el distrito de La Perla.*

### Requisitos Mínicos:

Los requisitos mínimos que se usarán en la elaboración de las curvas horizontales, están en función de la velocidad directriz, los cuales se dan a continuación:

<i>Radio mínimo normal</i>	:	<i>190 mts.</i>
<i>Peralte máximo normal</i>	:	<i>6 %</i>
<i>Peralte para radios &gt; 1150 mts.</i>	:	<i>2 %</i>
<i>Sobreancho (S)</i>	:	<i>0.30 mts.</i>

#### **5.7.2 Perfil Longitudinal**

*El perfil longitudinal del terreno y de rasante, correspondiente al eje de la nueva Av. Costanera, ha sido elaborado en base a las cotas del terreno tomadas de los planos topográficos facilitados por CORDE-CALLAO.*

*El perfil del terreno constituye la base para el trazo de la vía. Conociendo las condiciones del terreno en este sector de la Mar Brava, cuya topografía está conformada mayormente por material de desmonte y con presencia localizada de material orgánico en la superficie, se presenta en los planos adjuntos, la elección de la rasante está influenciada por los niveles de las vías anexas a los límites de propieda-*

*des colindantes, de las posibilidades de pendiente adecuada en función de las características del suelo y considerando el nivel de pleamar que para nuestro caso es de 1.20 metros sobre el nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias.*

### *Requisitos Mínimos*

*Los requisitos mínimos que se usarán en el trazo de la rasante, cumpliendo los requisitos impuestos por las Normas de Carreteras, serán los citados a continuación:*

<i>Curvas Vert. Cóncavas</i>	<i>Diferencia algebraica de pendientes.</i>
<i>Pendiente Mínima</i>	<i>0.5 %</i>
<i>Pendiente Excepcional</i>	<i>Horizontal.</i>
<i>Pendiente máxima normal</i>	<i>7 %</i>

### **5.7.3 Secciones Transversales**

*La elaboración de los perfiles transversales correspondientes al perfil longitudinal del eje de la nueva avenida Costanera, fueron determinados en toda su longitud de desarrollo desde la progresiva 0+000 hasta su término en la Av. Santa Rosa en la progresiva 3+420.*

*Para ello se tomaron en cuenta, en los tramos de tangente de carretera, los perfiles transversales a cada 20 metros y en los tramos correspondientes a las curvas a cada 10 metros del desarrollo de la carretera.*

*Posteriormente se definieron las áreas de relleno y corte para cada una de ellas, con el fin de determinar el movimiento de tierras.*

### *Requisitos Mínimos*

*La características del ancho del pavimento, han sido determinadas, considerando la importancia de la carretera, la velocidad directriz y el tráfico previsto, a continuación se resumen las características de la sección transversal de la presente autopista:*

<i>Número de vías</i>	<i>:</i>	<i>2</i>
<i>Ancho de tramos en tangente por vía</i>	<i>:</i>	<i>7.30 mts.</i>
<i>Ancho de tramos en curva</i>	<i>:</i>	<i>+ Sobreancho</i>
<i>Bombeo</i>	<i>:</i>	<i>2 ‰</i>
<i>Ancho mínimo de bermas</i>	<i>:</i>	<i>1.50 mts.</i>
<i>Talud en corte (Tierra Suelta)</i>	<i>:</i>	<i>1 : 1</i>
<i>Talud en relleno (Terrenos varios)</i>	<i>:</i>	<i>1 : 1.5</i>

#### **5.7.4 Accesos**

*Han sido considerados 3 accesos que conectarán a la nueva Av. Costanera, con la red vial entre La Punta y la Av. Santa Rosa, tomando como base el área más propensa a los tsunamis, la zona de seguridad intermedia en el límite de la zona inundable y la zona de refugio los cuales son los siguientes:*

##### **PRIMER ACCESO:**

###### **Ubicación:**

*Está ubicado en el distrito del Callao, a la altura de la cuadra 3 de la Av. Miguel Grau (antes Buenos Aires), en la progresiva 0+000 de la proyectada Av. Costanera.*

###### **Cota Topográfica:**

*Se encuentra a 3.8 m.s.n.m. aproximadamente.*

###### **Sustento:**

*Este será el acceso vehicular de los evacuantes de La Punta y parte del Callao, permitiendo el flujo vehicular a través de la Av. Costanera, y de esta forma ganar altura rápidamente durante el pre-impacto del tsunami potencial.*

*Con este acceso se evitaría el recorrido de los evacuantes a través de la Av. Miguel Grau, que a la altura de su intersección con la Av. 2 de mayo presentarían un flujo vehicular convergente, que se agravaría con la presencia de los ambulantes y de la población concurrente del Mercado Central y de sus alrededores en caso de la ocurrencia del tsunami en horas punta.*

## **SEGUNDO ACCESO**

### **Ubicación:**

*Se ha determinado ubicarlo en la calle Arica y Vigil en el distrito de La Perla, considerando el límite de probable inundación de un tsunami, en las progresivas 2+200 y 2+380 respectivamente.*

### **Cota Topográfica:**

*Se encuentra a 7 m.s.n.m..*

### **Sustento:**

*Este acceso servirá para que las unidades de transporte masivo busquen la salida a través de ella, para internarse nuevamente a la red vial anexa, y alcanzar la zona de seguridad intermedia, evitando así seguir por la Av. Costanera que en la parte próxima antes de llegar al acceso de la Av. Santa Rosa aumenta su pendiente.*

## **TERCER ACCESO**

### **Ubicación:**

*Se encuentra ubicado en la intersección de esta vía con la Av. Santa Rosa en La Perla, en la progresiva 3+420 de la proyectada Av. Costanera.*

### **Cota Topográfica:**

*Se encuentra aproximadamente a 22 m.s.n.m..*

### **Sustento:**

*La Av. Costanera en el tramo correspondiente, entre la calle Vigil y Arica y la Av. Santa Rosa en el distrito de La Perla, servirá para el paso de unidades livianas y de emergencia, durante la evacuación.*

*Este acceso que tiene encuentro con la Av. Santa Rosa, permitirá alcanzar rápidamente la zona de refugio temporal y de seguridad Yahuar Huaca y otras instalaciones.*

*Deberá evitarse otros accesos intermedios, que en el futuro puedan afectar el tránsito fluido de los vehículos, tanto en condiciones normales de uso, como en el caso de ser utilizado como vía alternativa de evacuación de vehículos particulares y de unidades de emergencia en caso de tsunamis.*

## **5.8 Diseño Estructural del Pavimento**

### **5.8.1 Reconocimiento del Terreno**

*Inicialmente asignamos al reconocimiento del terreno la importancia que merece. El terreno por donde se ha proyectado la vía de evacuación, ha sido realizada bajo la dirección y constante supervisión de ingenieros especialistas en suelos.*

*El estudio no se pudo simplificar, por no existir información técnica de esta zona, donde existe una gran acumulación de desmonte a lo largo de todo el trazo proyectado.*

*El reconocimiento muestra la existencia de un relleno heterogéneo colocado en forma caótica y sin ningún criterio técnico, transportados en volquetes desde diferentes puntos de la ciudad como material de desmonte y que han sido depositados por vertido, sin ningún tratamiento mecánico para aumentar su compacidad, conformado por suelos gravo-arenosos con contenido variable de arcilla y limo, presencia de cascotes de ladrillos, bloques de concreto y material orgánico, cuyo espesor va incrementándose desde los niveles de las vías colindantes existentes hasta más de 3 metros de altura.*

*Bajo esta capa de relleno se encuentra normalmente un estrato de*

*material aluvional cantos rodados, que constituye el suelo natural, en la franja costera de la proyectada Av. Costanera.*

*Los diferentes elementos conformantes de la masa del relleno antes descrito, están distribuidos y orientados en forma dispersa, los que muestran su variabilidad a lo largo del trazo, por lo heterogéneo del material debido a que proceden de diferentes lugares y por haber sido colocados en diferentes épocas, además de las diferentes variaciones de presión y condiciones ambientales desde el instante de su formación.*

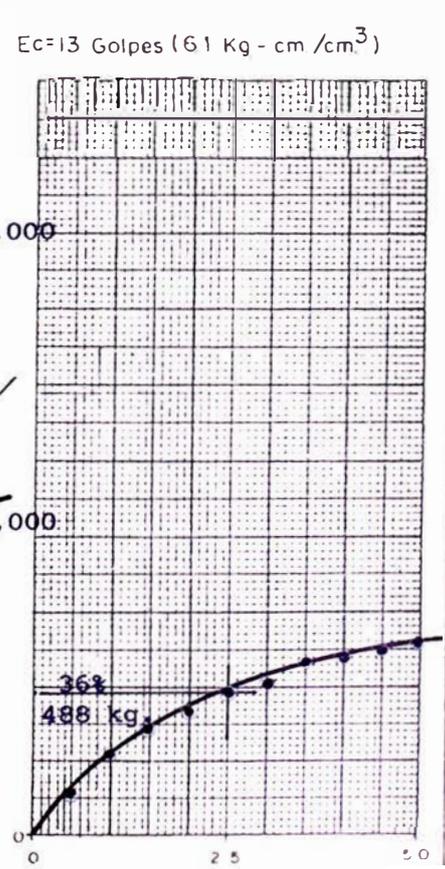
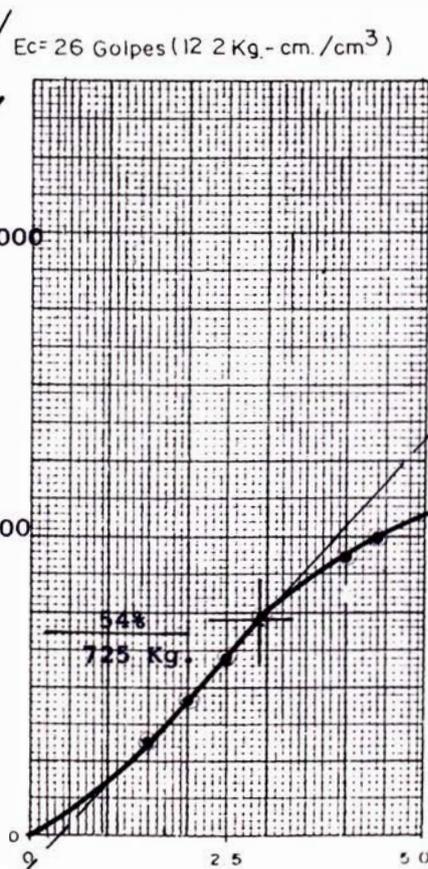
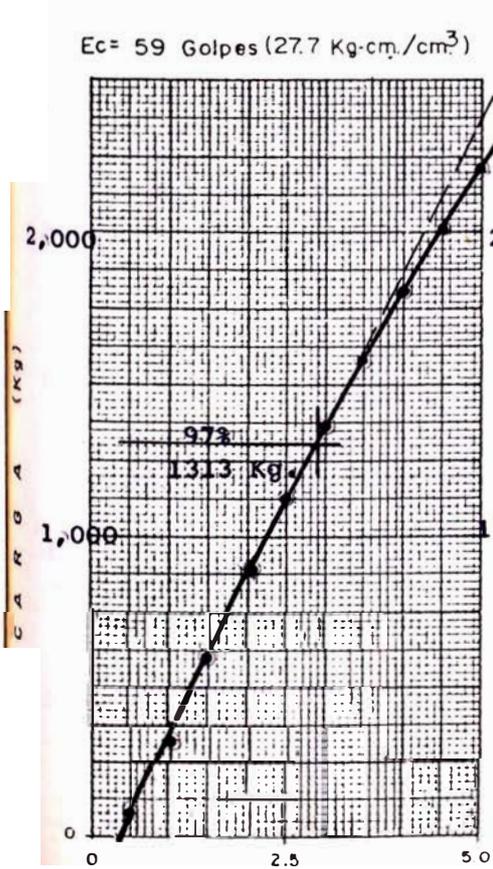
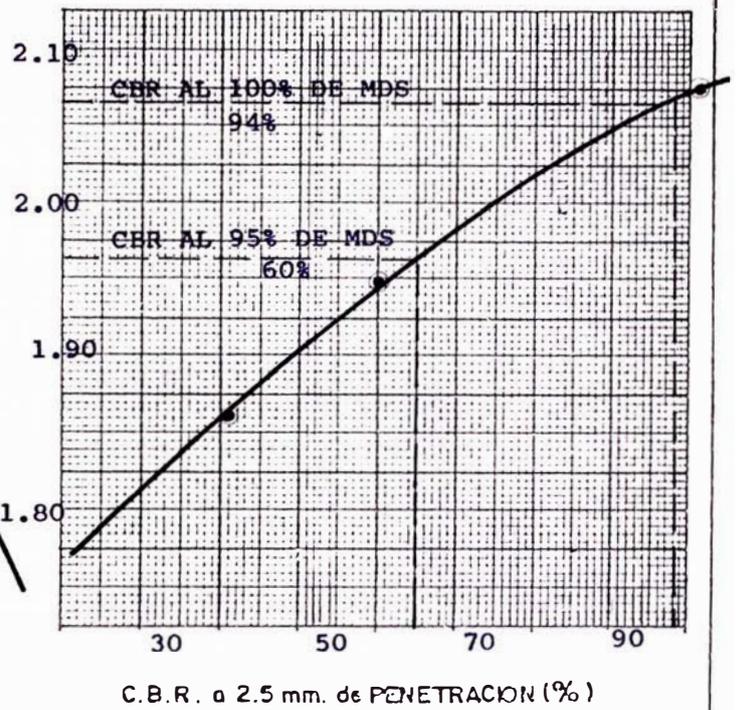
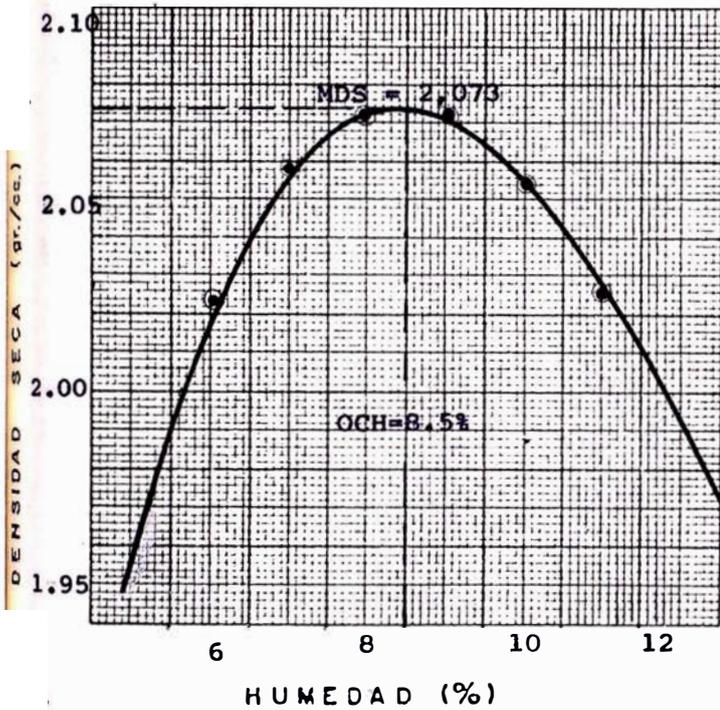
### **5.8.2 Obtención de Muestras y Ensayos de Laboratorio**

*La obtención de muestras es una de las operaciones más importantes, que requiere no solo conocimientos de los suelos y materiales, sino experiencia para seleccionar el o los sitios donde deberán tomarse y poder determinar la profundidad a la cual se harán las extracciones.*

*Las 2 muestras obtenidas, fueron las más desfavorables del trazo proyectado debido a la heterogeneidad de los materiales, los cuales no aseguran una fiel representación del relleno existente a lo largo de toda la franja; sin embargo los análisis y ensayos de laboratorio dieron los resultados que adelantarían el comportamiento de la subrasante, luego de una mejora futura de estos suelos.*

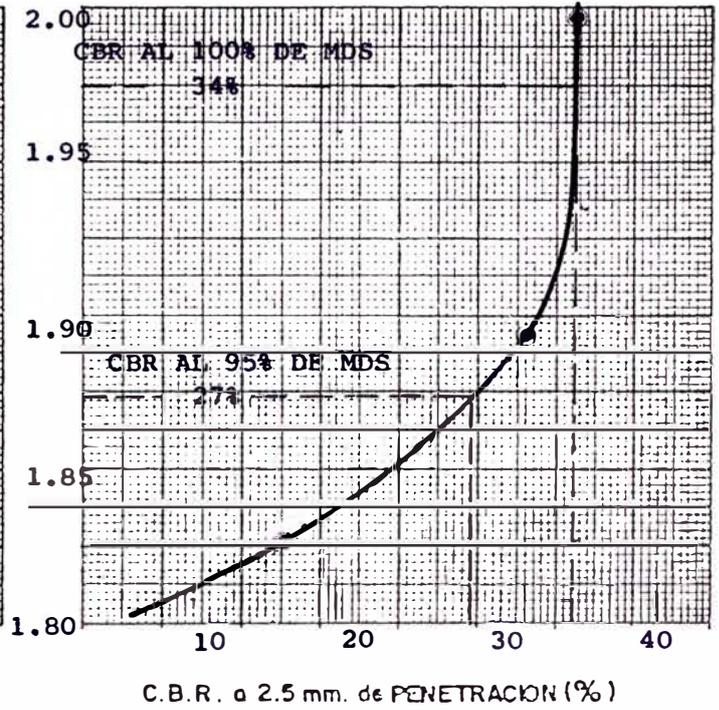
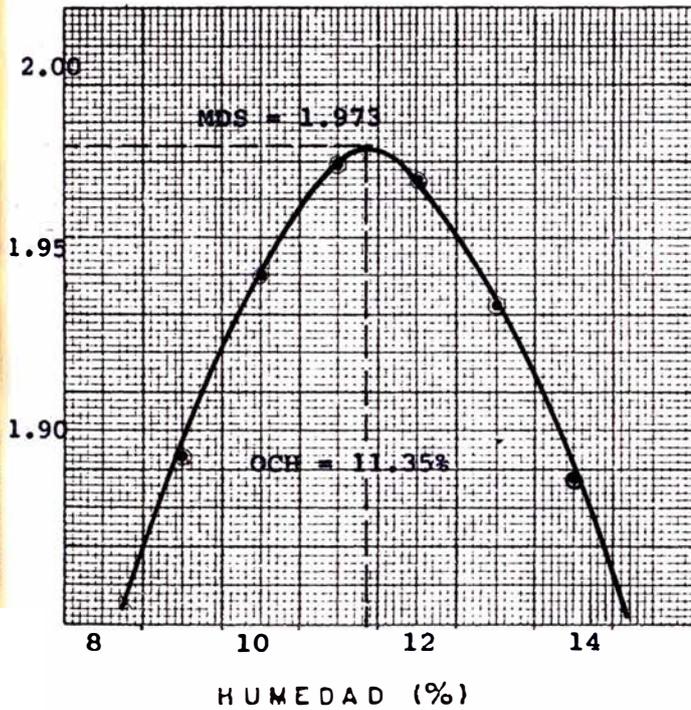
PROYECTO: Planeamiento Vial Tsunamis  
 SOLICITADO: Bach, Augusto L. Iwamoto Ito  
 UBICACION: Av. Costanera /Km Q+880  
 MUESTRA: M-1 Prof: 0.00-1.20 mts.  
 ING<sup>o</sup> RESPONSABLE: Ing. Willy Gutierrez  
 TECNICO: Oscar Aguirre Lette  
 REGISTRO: FECHA: 18/02/92

METS. DE COMPACTACION		ASTM 1557	"D"
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc)		2.073	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		8.5	
C.B.R. AL 100% DE M. D. S. (%)		94	
C.B.R. AL 95% DE M. D. S. (%)		60	
RET. MALLA 3/4" N <sup>o</sup> 4 (%) AASHTO		A-2-4(0)	
SUCS	GM	LI	x LP x
EMBEBIDO		4	Dios EXPANSION %
ABSORCION %		0.7	% W PENETRACION 9.2



PROYECTO: PLANEAMIENTO VIAL CONTRA TSUNAMIS  
 BACH. AUGUSTO L. IWAMOTO ITO  
 LOCALIDAD:  
 UBICACION: AV. Costanera /Km.2+560  
 CARRERA: M-2 PROF. 0.00 -1.20 MTS.  
 RESPONSABLE: ING. WILLY GUTIERREZ  
 TECNICO: OSCAR AGUIRRE LETTE  
 REGISTRO: FECHA: 18/02/92

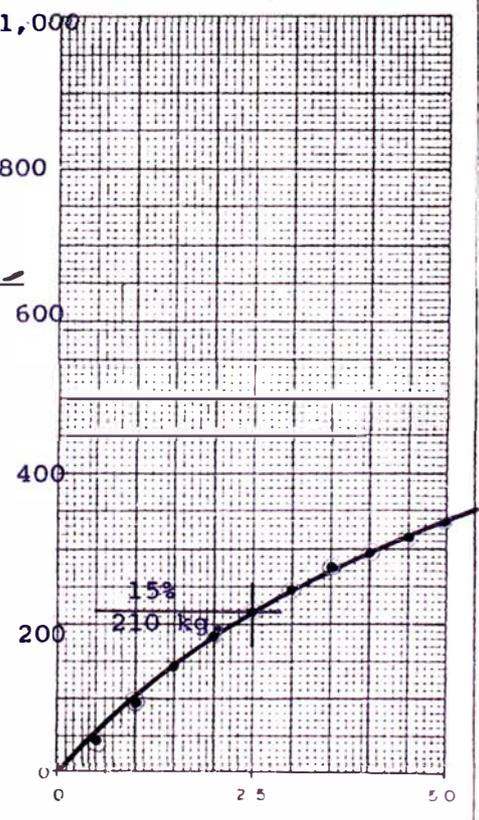
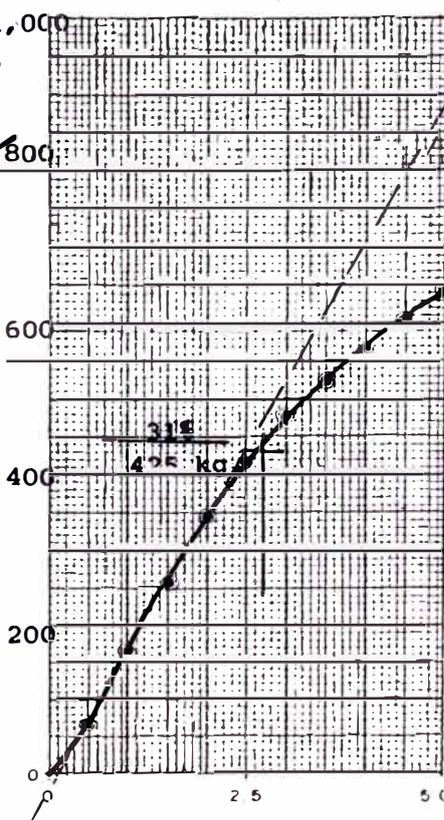
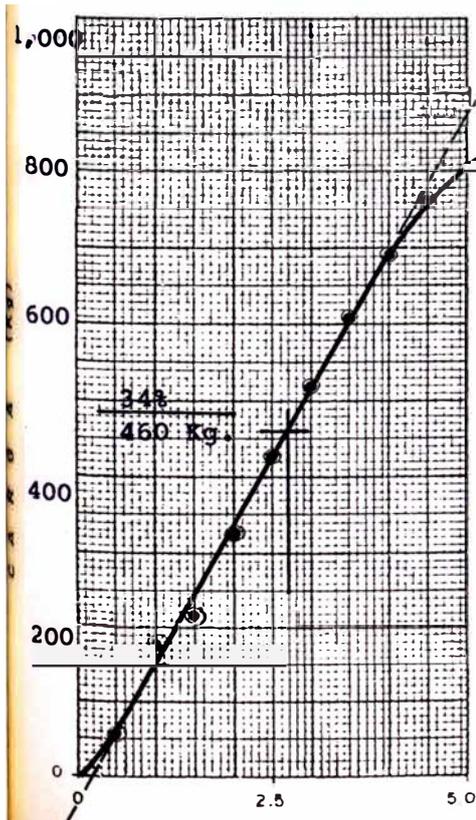
METODO DE COMPACTACION	ASTM 1557	"A"
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)		1,973
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		11.35
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)		34
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)		27
RET. MALLA 3/4" N° 4 (%) AASTHO		A-4(3)
SUCS ML LI X LP X		PESO ESPECIFICO
EMBEBIDO 4 DIAS		EXPANSION % 0.1
ABSORCION % 1.9		% W PENETRACION 13.25



Ec = 59 Golpes (27.7 Kg-cm/cm<sup>3</sup>)

Ec = 26 Golpes (12.2 Kg-cm/cm<sup>3</sup>)

Ec = 13 Golpes (6.1 Kg-cm/cm<sup>3</sup>)



P E N E T R A C I O N ( m . m . )

*La importancia de la investigación del lugar para la obtención de muestras, ameritaron la dirección de ingenieros especialistas en suelos del Laboratorio Central del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.*

*Para efecto de este estudio se han extraído solo 2 muestras en los puntos especificados del trazo de la vía. Se recomienda realizar en el proyecto definitivo el número de muestras de suelos necesarias, para determinar las características del terreno a lo largo de toda esta franja.*

### **5.8.3 Diseño Estructural del Pavimento**

*En el trazo de la nueva Av. Costanera que corre paralela al litoral de la Mar Brava, en caso de construirse un pavimento de concreto, tendría que tomarse en consideración la selección de los cementos a ser empleados, debido a la exposición del concreto a la posible acción de sales solubles y sulfatos, que a la postre elevarían los costos, en tal sentido se aconseja construir un pavimento flexible.*

*La elección del pavimento flexible en el diseño, radica en su comportamiento aceptable para adaptarse a las deformaciones de la base, asegurando su operatividad para la evacuación vehicular, en el caso supuesto de un tsunami de origen cercano, que sería precedido por un*

sismo.

*Existe una gran variedad de métodos de diseño estructural de pavimentos flexibles, siendo el método del Instituto del Asfalto uno de los más usados hoy en día, para nuestro cálculo adoptaremos dicho método, cumpliendo con los requisitos impuestos por él.*

*Teniendo en consideración la intensidad vehicular de la Av. Grau, clasificado como vía de tercer grado, según el volumen de tráfico y considerando que en el futuro la Av. Costanera, servirá de vía de circunvalación, conectando a diferentes distritos desde el distrito de La Punta hasta Chorrillos, se considerará un tránsito diario inicial de 4,000 vehículos por día y por vía, estimando un tráfico pesado de 5% y con una carga por eje de 8,280 kgs. (18,000 lbs.).*

*A continuación presentamos los resultados obtenidos luego de los cálculos realizados según el Método del Instituto del Asfalto tomando en consideración las características antes señaladas:*

**CAPA DE RODAMIENTO**  
*(Asfalto en caliente)*

2" = 5.0 cms.

**BASE**

6" = 15.0 cms.

*Podemos observar que según el diseño resultante no se requeriría de la capa de sub-base, lo cual es comprensible debido a los altos valores*

*de CBR obtenidos de las pruebas de laboratorio, de las 2 muestras extraídas en los puntos más desfavorables del recorrido.*

## **5.9 Consideraciones para la Construcción**

*Cuando el Ingeniero emplea el suelo como material de construcción debe seleccionar el tipo adecuado de suelo, así como el método de colocación, para luego controlar su calidad en la obra.*

*El material existente descrito con anterioridad, no suele ser el usual desde el punto de vista de la mecánica de suelos, debido a que hay pocas pruebas que puedan determinar sus propiedades por lo heterogéneo del material, sin embargo considerando que constituye un depósito, en que el hombre realizó todos los procesos de formación, podremos aprovecharlo siempre y cuando se le mejore.*

*A continuación se mencionarán algunas de las recomendaciones a considerar en el proceso de construcción:*

**TERRENO DE FUNDACION.**- *Se establecerán a continuación algunas recomendaciones importantes para la preparación y acondicionamiento del terreno de fundación, para todo el ancho del terraplén en conformidad con los alineamientos, rasantes y secciones:*

- \* *Si luego de los cortes existe materia orgánica, cascotes de ladrillo y/o bloques de concreto, se procederá inicialmente a escarificar el suelo y posteriormente a eliminar los elementos indeseables antes mencionados.*
  
- \* *Para las depresiones o áreas donde sea necesario el reemplazo del suelo, se utilizará el material proveniente de los cortes previo mejoramiento, con el fin de aprovecharlo como subrasante.*
  
- \* *En los tramos donde exista buen material no consolidado, es necesario escarificar y compactar la subrasante, hasta una profundidad de 1.00 mt., en capas de 25 cms. de espesor.*
  
- \* *La compactación se hará con rodillo vibratorio o pata de cabra, según se trate de tramos con material granular o limo-arcilloso. El grado de compactación mínimo a alcanzar en cada caso será no menor al 85% de la máxima densidad seca del Proctor Modificado.*
  
- \* *No se colocará la capa estructural superior de la subrasante, hasta que no sea verificada y aprobada por el Ingeniero residente.*

CAPA DE BASE DEL PAVIMENTO.- De acuerdo al diseño estructural resultante, en concordancia con los resultados de los 2 ensayos de laboratorio realizados, se obtuvo una capa de base superior al terreno de fundación, por tener esta última una capacidad de soporte superiores a los recomendados y considerando su mejoramiento ulterior de ser necesario.

Considerando que en el futuro se tendrán que ejecutar otros ensayos de laboratorio de los materiales existentes en los tramos intermedios a los investigados, se desarrollarán las recomendaciones siguientes tanto para la sub-base si fuera necesario y la capa de base:

- \* Las características del suelo a emplearse para la sub-base o base, deberán cumplir con las especificaciones propias del diseño.
- \* El CBR del material de préstamo, a ser utilizado como capa de sub-base o base, deberán ser superiores al 20 % ó al 80 %, respectivamente, para tráfico liviano.
- \* Modificar la humedad del suelo a ser colocado, reduciendo por desecación parcial o aumentando mediante adición de agua, para la obtención del Optimo Contenido de Humedad.

- \* *Para la construcción de la base granular deberán tomarse en cuenta similares precauciones tales como el compactar los materiales usando rodillos vibratorios hasta alcanzar el 100% de su máxima densidad seca teórica del Proctor Modificado, con el material suficientemente batido para que tenga la humedad óptima de manera uniforme.*

*CARPETA ASFALTICA.-* *La función principal de la capa de rodamiento permitirá proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones que puedan saturar parcial o totalmente las capas inferiores.*

*Asimismo, la capa de rodamiento contribuye, en cierto modo, a aumentar la capacidad de soporte del pavimento, especialmente si su espesor es apreciable.*

*El objetivo es el logro de un trabajo bien ejecutado a nivel de asfaltado en conformidad a las normas y especificaciones vigentes.*

#### *UTILIZACION DEL MATERIAL DE CORTE EXCEDENTE.-*

*Parcialmente se podría aprovechar el desmonte existente para la construcción de un terraplén lateral en la margen izquierda de la vía proyectada, que sirva para crear una protección contra las inundacio-*

nes menores, que puedan presentarse en el futuro y evitar a la vez accesos intermedios, que creen conflictos vehiculares.

Todo el material sobrante, que provenga de los cortes sin presencia de materia orgánica, podría ser utilizado para la formación de playas, previo estudio de sus bondades como relleno artificial.

Dado que la proyectada Av. Costanera se encuentra cerca al mar, es oportuno recordar que para llegar al grado de humedad de compactación es necesario alcanzarlo con agua fresca, limpia, bebible y no salobre.

#### **5.10 VOLUMENES ESTIMADOS DE MATERIAL**

Los valores de corte y relleno que se presentan a continuación han sido obtenidos a partir del perfil longitudinal y de los perfiles transversales correspondientes al trazo de la Av. Costanera.

##### Movimiento de Tierras:

Corte . . . . .	35,720	mt <sup>3</sup>
Relleno . . . . .	5,070	mt <sup>3</sup>

Pavimento:

<i>Carp. Asfáltica ( 0.05 mt.)</i> .....	53,550	<i>mt<sup>2</sup></i>
<i>Base Granular</i> .....	8,032	<i>mt<sup>3</sup></i>

*A continuación se dan valores estimados de los volúmenes de roca y base granular para la protección litoral con enrocado longitudinal a lo largo de la vía y la conformación de los espigones como segunda alternativa.*

Enrocado Longitudinal (Alternativa I):

<i>Roca</i> .....	30,780	<i>mt<sup>3</sup></i>
<i>Base Granular</i> .....	18,460	<i>mt<sup>3</sup></i>

Enrocado Longitudinal + Espigones (alternativa II):

*Si consideramos que los espigones están espaciados cada 500 metros a lo largo de los 3,420 mts. de longitud de la Av. Costanera propuesta entonces resultarían 6 espigones.*

<i>Roca (Enrocamiento longitudinal)</i> .....	30,780	<i>mt<sup>3</sup></i>
<i>Base Granular</i> .....	18,460	<i>mt<sup>3</sup></i>
<i>Roca (Espigones)</i> .....	11,700	<i>mt<sup>3</sup></i>

## **CAPITULO VI**

### **CONSIDERACIONES FINALES**

---

#### **6.1 Etapas para la Ejecución de la Avenida Costanera**

*Como es de conocimiento general, el Proyecto Costa Verde trata de dar una alternativa de vinculación expresa por el litoral, evitando así el acceso forzado por el centro de la ciudad.*

*Las primeras etapas, han logrado conectar distritalmente Chorrillos, Barranco, Miraflores, San Isidro, Magdalena y el sector extremo Sur-Este de San Miguel. Además dentro de los alcances del mismo, se encuentra la integración vial de los distritos de la zona Nor-Oeste de San Miguel, La Perla, Callao y La Punta; sin embargo de realizarse la ejecución de estos tramos se haría desde San Miguel a La Punta, según las futuras etapas consideradas dentro del proyecto.*

*Por ello es necesario viabilizar la posibilidad de reprogramar su ejecución, con el fin de brindar a la población de la zona inundable, esta vía de evacuación vehicular, lo más pronto posible. La programación y ejecución propuesta de la Av. Costanera, deberá ser ejecutada en 2 etapas:*

### **PRIMERA ETAPA ( 1er. Tramo )**

#### **Ubicación:**

*Desde el 1er. acceso de la Av. Costanera ubicado en la progresiva 0+000 hasta la progresiva 2+340 al encuentro del 2do. acceso a la altura de la Plaza Guardia Chalaca en el distrito de La Perla.*

#### **Justificación:**

*Al terminarse esta 1ra. etapa se asegurará la evacuación hasta la zona de seguridad intermedia, cuya cota aproximada se encuentra en el límite crítico de inundación por tsunamis, cuya cota alcanza los 7 m.s.n.m..*

#### **Recomendación:**

*La programación y ejecución de esta etapa de la Av. Costanera, deberá ser construída paralelamente al enrocado longitudinal de protección o a la estructura de formación de playas anexa a la vía proyectada.*

## **SEGUNDA ETAPA ( 2do.Tramo )**

### **Ubicación:**

*Desde la progresiva 2+340 a la altura del segundo acceso, hasta la progresiva 3+420 al encuentro de la Av. Santa Rosa en La Perla Alta.*

### **Justificación:**

*Con la finalización de esta 2da. etapa, se podrá satisfacer los objetivos planteados para la evacuación, permitiendo el ascenso rápido hacia los centros de atención hospitalaria y zonas de refugio temporal en corto tiempo.*

### **Recomendación:**

*La programación y ejecución de esta etapa de la Av. Costanera, deberá ser construída paralelamente a la protección del del pie de los acantilados, o a la estructura de formación de playas anexa a la vía.*

## **6.2 Especificaciones de Uso de la Av. Costanera**

### **6.2.1 Uso en Condiciones Normales:**

#### Prohibiciones y Limitaciones:

- 1ro.- La circulación de unidades de transporte público de pasajeros en ómnibus, microbuses o automóviles colectivos que usen como ruta la Av. Costanera.*
- 2do.- La circulación y el transporte de equipo mecánico de cualquier naturaleza (construcción, agrícola, industrial, etc.).*
- 3ro.- La circulación de vehículos que transporten materiales de construcción y desmonte en general, así como los que transporten explosivos, animales, pescados y/o productos que derramen aceites, desperdicios y similares.*
- 4to.- El tránsito de vehículos que no puedan desarrollar más de 45 Km/h., así como de aquellos que esten en malas condiciones de seguridad o cuyo equipo reglamentario no esté en buen estado y perfecto funcionamiento.*

- 5to.- *La circulación de cortejos fúnebres, procesiones, desfiles, corsos, caravanas u otro tipo de desplazamiento masivo de características similares.*
- 6to.- *La realización de eventos de cualquier tipo de vehículos motorizados; así como de kermeses, tómbolas, concursos y espectáculos públicos que ocupen algún lugar de la Av. Costanera, o espacio alguno de los 200 metros anteriores o posteriores a las entradas o salidas.*
- 7mo.- *La instalación de paradero inicial o terminal de los servicios de transporte público, dentro de un espacio de 300 metros de los accesos y salidas de la Av. Costanera.*

### Excepciones

- 1ro.- *Los vehículos de emergencia del Cuerpo de Bomberos, cuando se desplazan por la Av. Costanera atendiendo a una llamada propia de su servicio.*
- 2do.- *Los vehículos de la Policía Nacional.*
- 3ro.- *Los vehículos del Ejército, la Marina y de la Aviación.*

*4ro.- Los vehículos dedicados al servicio de mantenimiento, de conservación y operación de la Av. Costanera.*

*5to.- Los camiones grúas que ingresan a la Av. Costanera para retirar a los vehículos imposibilitados de circular por razones mecánicas o por orden de la autoridad.*

*La Av. Costanera será de uso exclusivo para vehículos livianos, salvo en caso del pre-impacto del tsunami, en que podrá ser utilizado por las unidades de transporte masivo.*

### **6.2.2 Sentido de Flujo Vehicular de Evacuación**

*Saliendo del área inundable desde el primer acceso de la Av. Costanera, la determinación del flujo vehicular durante el pre-impacto del tsunami potencial, estará dado de acuerdo a lo siguiente:*

*El lado derecho, será de un solo sentido de flujo, hasta las costas altas, que servirá para los vehículos particulares y de transporte masivo de los evacuantes.*

*El lado izquierdo libre de la vía, facilitaría el flujo en doble sentido de las unidades de emergencia, en las operaciones de rescate y traslado de evacuantes y /o heridos.*

*Los 2 accesos posteriores propuestos, servirán para la salida de los vehículos evacuantes y de entrada y salida para las unidades de emergencia, para ello deberá tomarse en cuenta el control de tráfico formulado.*

### **6.3 Reacondicionamiento y Desarrollo del Frente Costanero**

*No podemos escatimar la posibilidad de reacondicionamiento paralelo de este sector, que actualmente agobia a un porcentaje importante del área del Callao, mostrando un semblante con problemas sociales, deterioro y servicios básicos deprimentes. Para ello es necesario una renovación urbana que aperture la zona y mejore la calidad de vida de sus habitantes, dotándolas de las condiciones básicas de habitabilidad, seguridad y desarrollo.*

*El metabolismo cíclico o continuo del frente costanero, que será enmarcado por las necesidades y metas, propuestos por los diferentes niveles de autoridad, considerando la capacidad y posibilidad de conseguir áreas con fines recreación y esparcimiento de espectaculares posibilidades urbanísticas y con el fin de maximizar la intensidad de servicio a la comunidad, podría involucrar parámetros sociales que se traducirían como una población dinámica y masiva en este sector, que a la postre influirían radicalmente en la inoperatividad de la Av. Costanera, como vía de evacuación de rápido ascenso hacia las zonas de seguridad.*

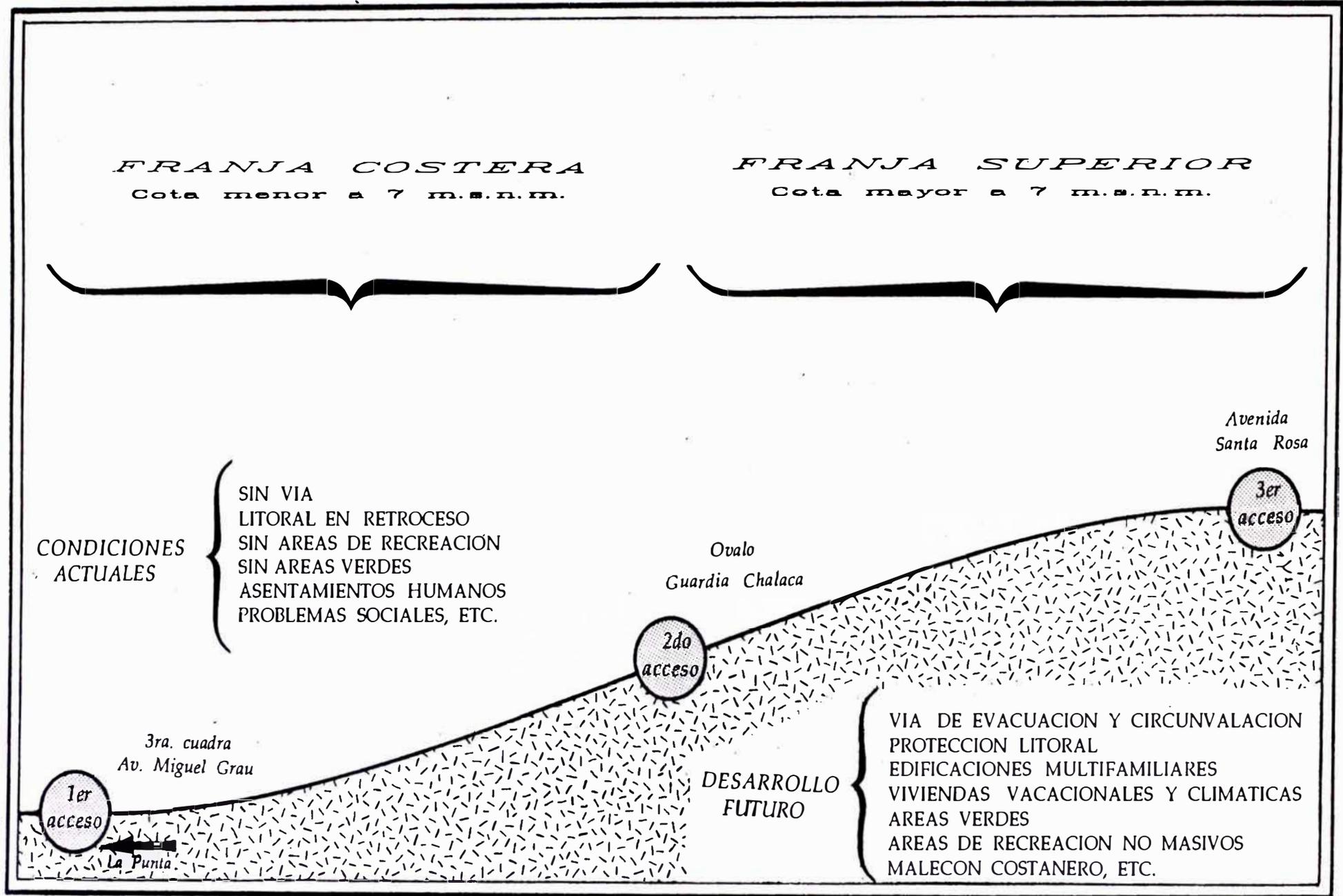


FIG. 6.1 CONDICIONES ACTUALES Y DESARROLLO DEL SECTOR COSTANERO

*Con el fin de lograr la armonía con el entorno costanero metropolitano y asegurar la funcionalidad de la vía en condiciones normales de uso y durante el pre-impacto del tsunami, se darán algunas recomendaciones que acondicionarán el desarrollo urbano futuro, considerando el marco restrictivo, impuestos por la complejidad de este sector.*

*Con el fin de no alterar las condiciones óptimas de flujo de evacuación vehicular de la propuesta Av. Costanera, deberán tomarse las siguientes consideraciones para evitar problemas futuros que se podrían presentar después de la construcción de la vía y posterior desarrollo de la zona.*

- 1.- Elaborar programas de erradicación de la delincuencia y drogadicción de estos sectores, logrando mejorar el habitat y acceso a este frente costanero.*
- 2.- Reubicar a la población marginal de los Barracones, reduciendo progresivamente la densidad poblacional de esta área, a la vez que se busca elevar la calidad de vida de sus pobladores satisfaciendo sus necesidades básicas.*
- 3.- Protegerla con una pantalla forestal, con árboles de raíces profundas que disipen por fricción y bloqueo las olas del tsunami a la vez que se oxigena esta franja dotándola de áreas verdes inexistentes.*

- 4.- *Construcción de edificios tsunami-sismo resistentes cuyo número de pisos dependerá de la cota de su ubicación, para permitir evacuación vertical, hacia pisos superiores. La posibilidad futura de ser utilizadas como viviendas multifamiliares, climáticas o vacacionales.*
  
- 5.- *Desarrollar la zona como un complejo de recreación no masiva con malecones, losas multideportivas, etc., que permitan ser utilizados por los pobladores, sin crear focos de concentración masiva, que puedan provocar a la postre conflictos vehiculares, evitando el establecimiento de comercios como restaurantes, kioskos u otros similares.*
  
- 6.- *Dar un tratamiento especial a las aguas servidas cuyos colectores son derivados hacia la bahía de Miraflores y realizar una descontaminación de las aguas mediante programas de saneamiento ambiental, para su integración al entorno.*

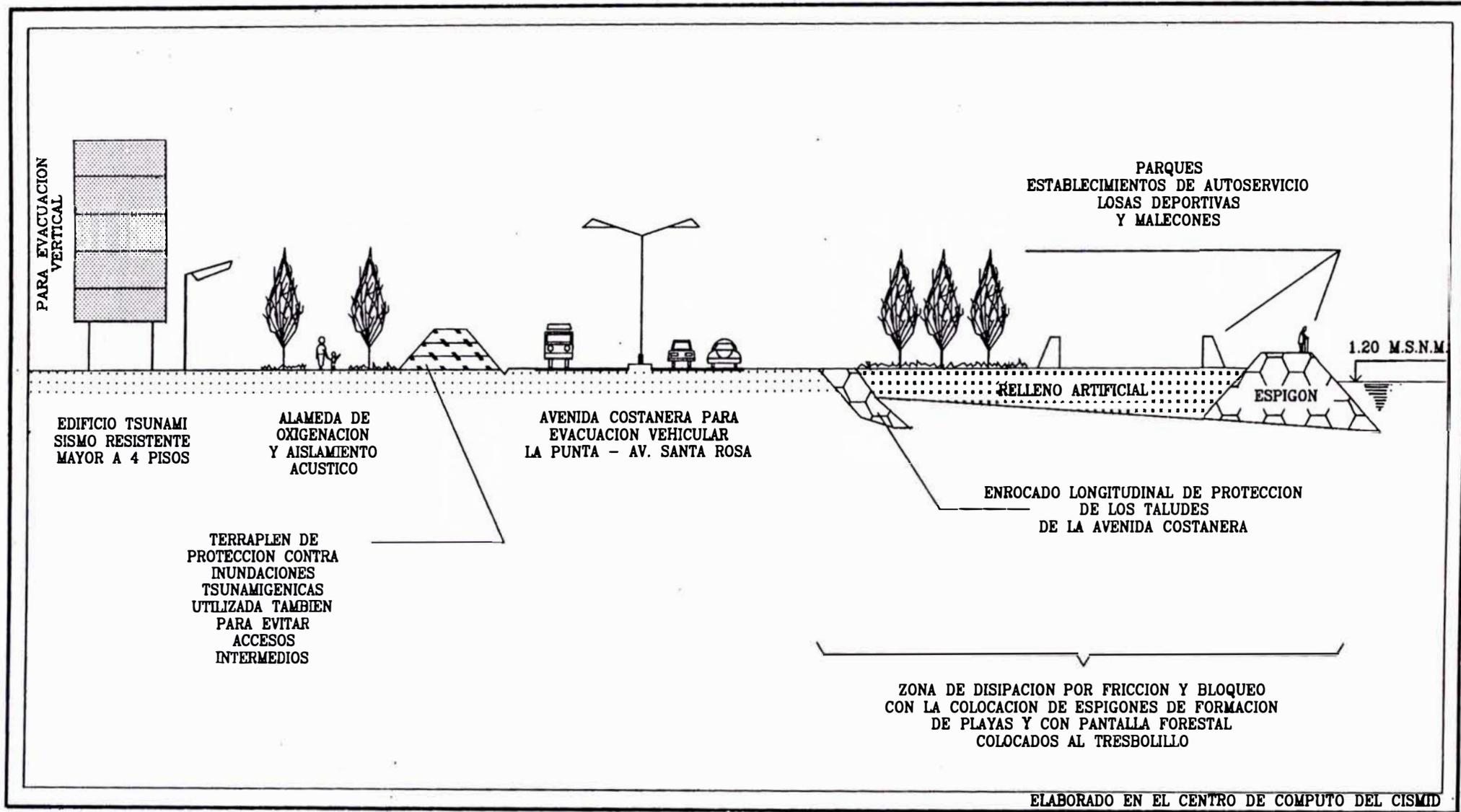


FIG. 6.2 APROXIMACION DEL PERFIL COSTANERO PROPUESTO A LO LARGO DE LA FRANJA COSTERA

## **CAPITULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

#### **7.1 Conclusiones y Recomendaciones**

##### **7.1.1 Area Inundable**

- \* En esta zona declarada monumental, las calles se verían bloqueadas por el derrumbe de las viviendas en mal estado de conservación, por causa posible de un sismo anterior al impacto del tsunami, además que la evacuación se vería dificultada por lo angosto e intrincado de sus calles, por ello deberá adecuarse los edificios existentes a los riesgos propios de la zona.*
  
- \* En razón del grave problema que causa en pleno centro y la completa saturación y desbordamiento de su capacidad, determina crear una nueva infraestructura que reemplace a nivel distrital al*

*actual mercado de abastos, para satisfacer las necesidades actuales de la población.*

- \* Considerar los 3 puntos de control en los accesos de la Av. Costanera propuestos, que evitarán la ocurrencia de conflictos vehiculares en caso de producirse el tsunami de la hipótesis.*
  
- \* Debe procurarse la reubicación de los vendedores ambulantes que obstruyen las vías en las cercanías del Mercado Central (Cockrane, Colón, Sáenz Peña, etc.), o cuando menos, su retiro a más de 10 mts. de las esquinas de las manzanas.*
  
- \* Recuperar el casco urbano deteriorado del Callao, para contribuir a elevar el nivel de vida de la población. Existen grandes áreas del Cercado del Callao y del distrito de La Perla cuyas condiciones de habitabilidad son deficientes (hacinamiento, promiscuidad e insalubridad), con carencia los servicios al interior de la vivienda y que son generadoras de problemas sociales.*
  
- \* Habilitar y construir núcleos básicos, dotándolos de infraestructura primaria de vivienda que pueda estar al alcance de la población asentada actualmente en tugurios y áreas deterioradas del Callao. El fuerte déficit y el gran crecimiento urbano de la del Callao ejercen una gran demanda por un habitat de tipo primario.*

### **7.1.2 Zona de Refugio**

- \* Reestablecer la atención en el hospital "San Juan de Dios" del Callao, cuyo servicio hospitalario fue suspendido hace 5 años, restringiéndose la atención al servicio de emergencia y a consultas externas. Su reactivación permitirá mantener vigente el plan de emergencia en caso de tsunamis, desarrollado en esta zona, debido a que este hospital forma parte del mismo.*
  
- \* Acondicionar el área de refugio (Yahuar Huaca) y otros alternativos, con infraestructura básica, para proteger y albergar a la población en caso de tsunamis.*

### **7.1.3 Avenida Costanera**

#### **Autopista:**

- \* Deberá construirse la nueva Av. Costanera como vía de evacuación vehicular en caso de tsunamis, a la vez que se integra a la red vial local como inter-urbana, dentro de los alcances de este nuevo trazo.*

- \* *La construcción de la vía, deberá ser en forma simultánea con las defensas litorales, y cuya ejecución deberá realizarse en los meses de menor influencia de las aguas.*
  
- \* *Se tendrá en cuenta 3 vías de acceso a la red vial, los mismos que se desarrollarán, en las intersecciones de la nueva Av. Costanera, para los fines de evacuación hacia las áreas de seguridad y de refugio los mismos que estarán ubicados en:*
  - a).- *Entrada para evacuantes, en la cuadra 3 de la Av. Miguel Grau (antes Buenos Aires).*
  
  - b).- *Salida a la zona de seguridad intermedia, cota mayor a 7 m.s.n.m., en la calle Arica en el límite distrital del Callao y La Perla.*
  
  - c).- *Salida a la zona de seguridad y refugio temporal, cota aproximada 22 m.s.n.m., intersección con la Av. Santa Rosa en el distrito de La Perla.*

- \* *Deberá eliminarse parcial o totalmente, los rellenos de desmonte ubicados a lo largo de todo el trazo, donde se encuentran materiales de desmonte, como ladrillos, basura, material orgánico, etc., que a la postre podrían afectar la estabilidad del pavimento, para lo cual se requiere realizar estudios detallados de suelos.*
  
- \* *Deberá diseñarse sub-drenes laterales por acumulación de la brisa marina o para la evacuación de aguas de inundaciones menores.*

#### *Estabilidad de Taludes:*

- \* *Es imprescindible evitar la erosión marina por medio de defensas litorales en La Perla, donde las olas atacan constante e inexorablemente el pie de los acantilados.*
  
- \* *Revisar, reparar y reconstruir el sistema de desagües construido paralelamente; ya que su destrucción puede ser causa importante de los hundimientos.*
  
- \* *Realizar estudios detallados de geología y mecánica de suelos, incluyendo estudios geosísmicos, para detectar discontinuidades geológicas, vías de filtración de agua y*

*antiguos sistemas de tuberías de agua y desagüe por donde circulan aguas subterráneas.*

*Defensas Litorales y de Formación de Playas:*

- \* La línea costera necesita en el tramo de estudio, protección contra la erosión por acción de las olas. La protección entre La Perla y La Punta, resulta indispensable y su ejecución debería ser paralela o anterior a la construcción de la Av. Costanera.*
- \* La forma más barata de protección del litoral de la Mar Brava, donde actualmente no existen estas estructuras de defensa, es el revestimiento con enrocado longitudinal.*
- \* Deberá considerarse la posibilidad de formación de playas con la conformación de espigones, que a la vez atenúen, las variaciones del comportamiento del mar, debido a la construcción de defensas más al Sur.*
- \* Para la formación de playas es necesario considerar el relleno artificial, debido a la limitada cantidad de arena transportada a lo largo del litoral. Esta alternativa es costosa pero que presenta el atractivo de su rápida ejecución.*

## Reacondicionamiento Urbano del Sector Costanero

- \* *Elaborar programas de erradicación de la delincuencia y drogadicción de estos sectores, logrando mejorar el habitat y acceso a este frente costanero.*
  
- \* *Reubicar a la población marginal de los Barracones, reduciendo progresivamente la densidad poblacional de esta área, a la vez que se busca elevar la calidad de vida de sus pobladores satisfaciendo sus necesidades básicas.*
  
- \* *Protegerla con una pantalla forestal, con árboles de raíces profundas que disipen por fricción y bloqueo las olas del tsunami a la vez que se oxigena esta franja dotándola de áreas verdes inexistentes.*
  
- \* *Construcción de edificios tsunami-sismo resistentes cuyo número de pisos dependerá de la cota de su ubicación, para permitir evacuación vertical, hacia pisos superiores. La posibilidad futura de ser utilizadas como viviendas multifamiliares, climáticas o vacacionales.*

- \* *Desarrollar la zona como un complejo de recreación no masiva con malecones, losas multideportivas, etc., que permitan ser utilizados por los pobladores, sin crear focos de concentración masiva, que puedan provocar a la postre conflictos vehiculares, evitando el establecimiento de comercios como restaurantes, kioskos u otros similares.*
  
- \* *Dar un tratamiento especial a las aguas servidas cuyos colectores son derivados hacia la bahía de Miraflores y realizar una descontaminación de las aguas mediante programas de saneamiento ambiental, para su integración al entorno.*

***MATERIAL***  
***FOTOGRAFICO***

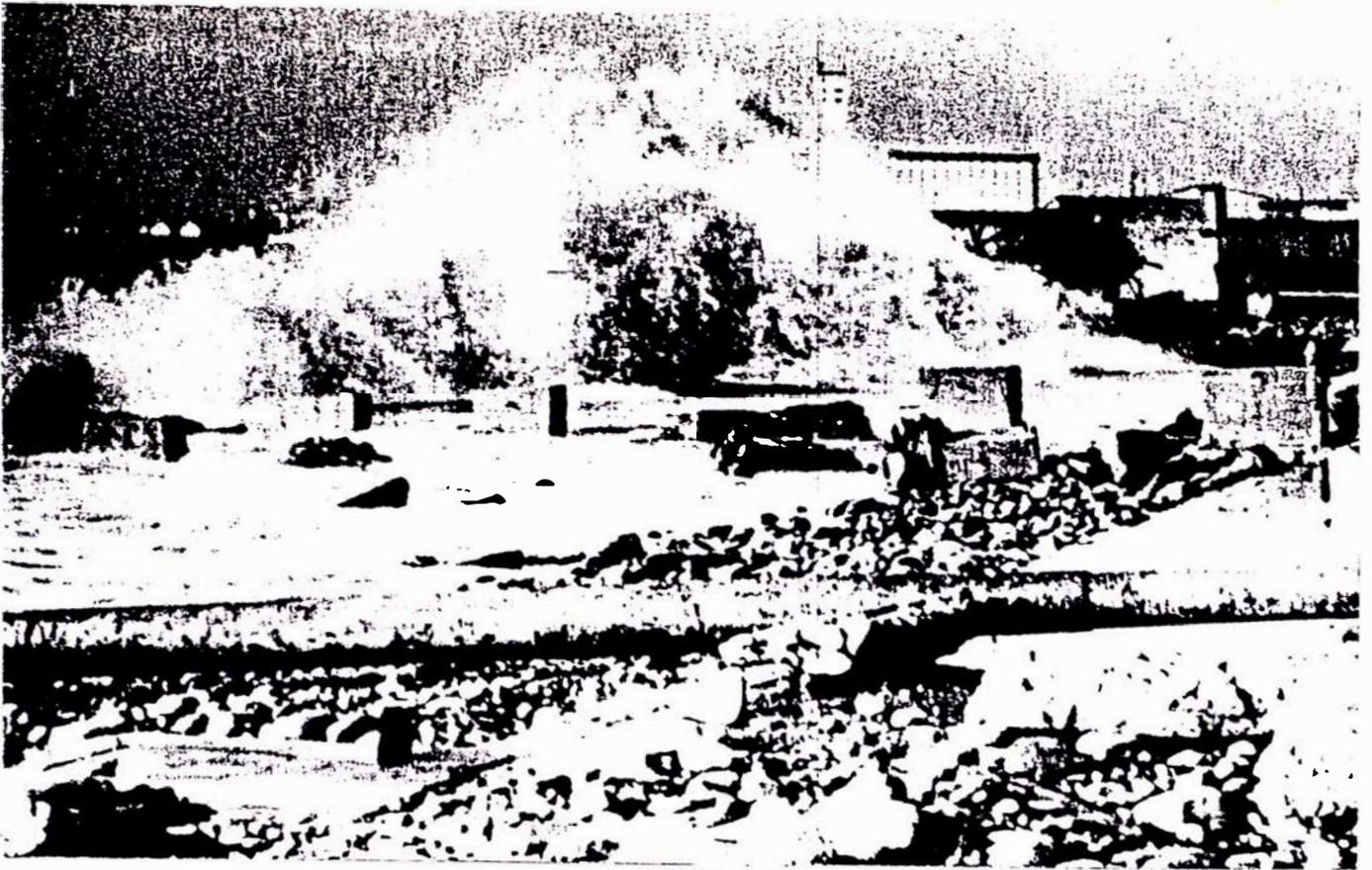


FOTO # 1

OLEAJE DESTRUYENDO LA DEFENSA COSTANERA.  
TSUNAMI DEL 9 DE ABRIL DE 1958. (VER REF. # 25)

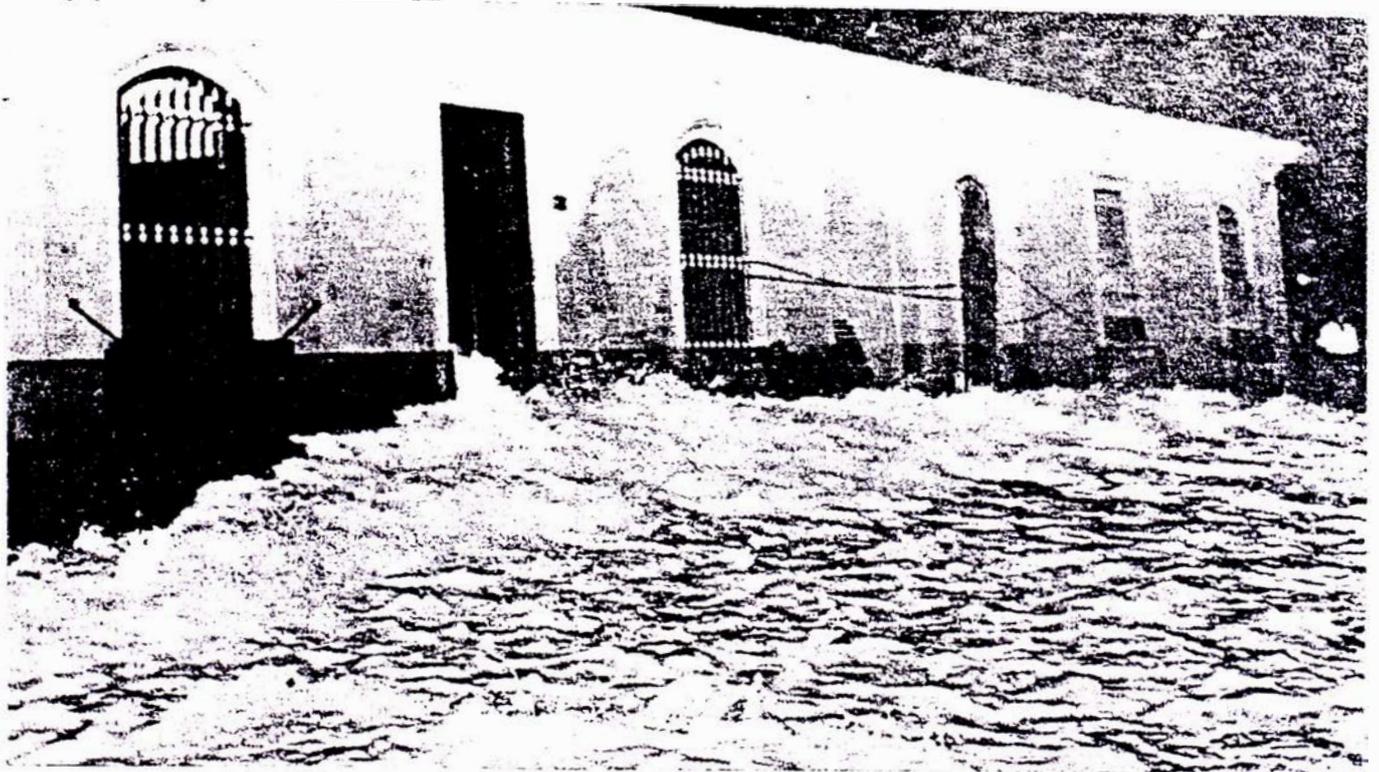


FOTO # 2

AGUAS INUNDANDO LA CIUDAD DEL CALLAO.  
TSUNAMI DEL 20 DE ENERO DE 1960. (VER REF. # 25)



FOTO # 3

CALLE PARALELA A LA MAR BRAVA, ALTURA MOLINO SANTA ROSA.  
TSUNAMI DEL 26 DE MAYO DE 1963. (VER REF. # 25)



FOTO # 4

ASPECTO GENERAL DE LA INUNDACION DEL CALLAO.  
TSUNAMI DEL 26 DE MAYO DE 1963. (VER REF. # 25)



FOTO # 5

CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR DURANTE HORAS PUNTA EN LA AVENIDA DE EVACUACION PRINCIPAL MIGUEL GRAU.



FOTO # 6

PROBLEMAS OCASIONADOS POR EL DESARROLLO DE LA CONTAINERIZACION EN EL PUERTO DEL CALLAO.

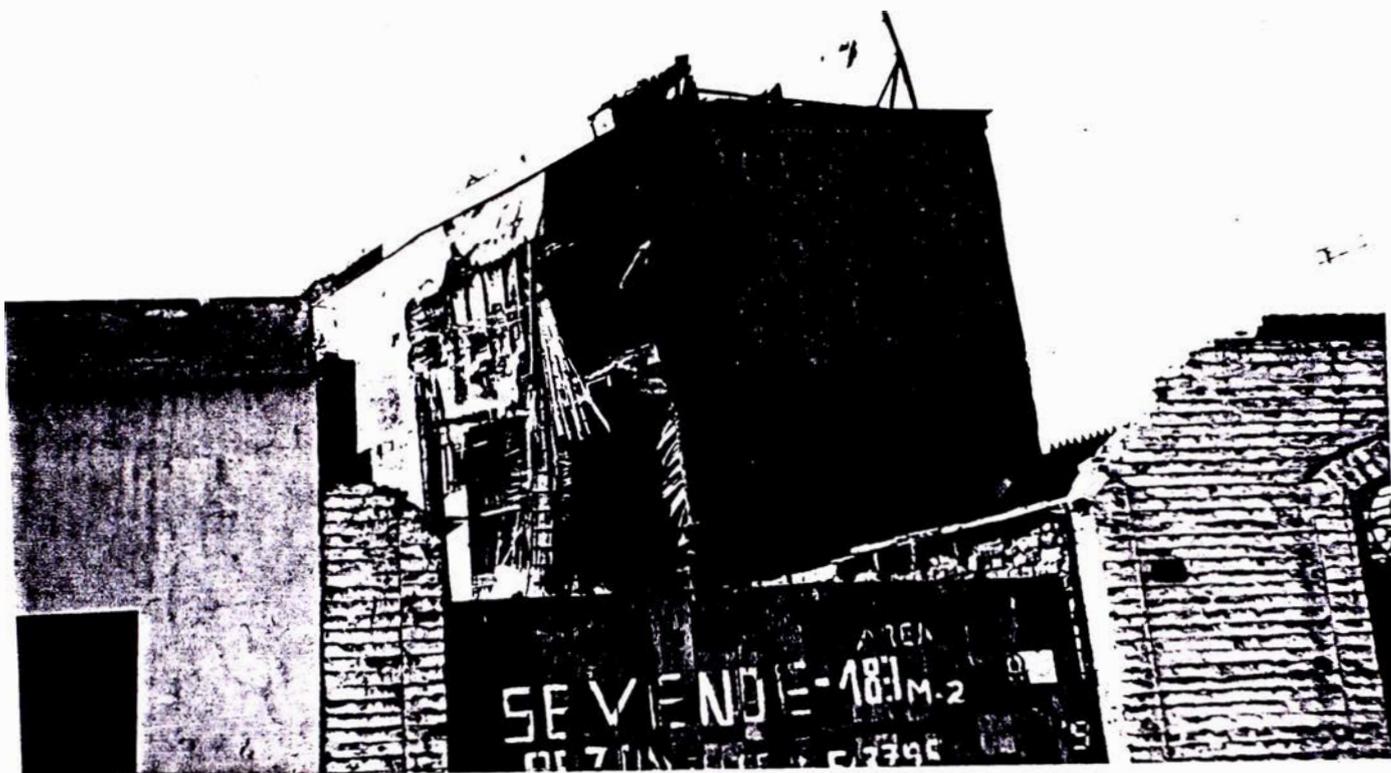


FOTO # 7

VIVIENDA TIPICA DE QUINCHA (CAÑA Y BARRO), EN INMINENTE PELIGRO DE DESPLOME DENTRO DE LA ZONA ANTIGUA DEL CALLAO.



FOTO # 8

VIAS ADOQUINADAS DE 1 SOLO CARRIL EN LA ZONA MONUMENTAL DEL CALLAO.



FOTO # 9

CRUCE DE EMBARCACIONES DE GRAN ESLORA, OBSTACULIZANDO EL TRAFICO VEHICULAR A LO LARGO DE LA AV. MIGUEL GRAU.



FOTO # 10

CALLES DE POCA ACCESIBILIDAD DETRAS DE LA MAR BRAVA CON PISTAS, VIVIENDAS Y SERVICIOS DETERIORADOS.



FOTO # 11

PRESENCIA DE BLOQUES DE CONCRETO A LO LARGO DEL TRAZO DE LA  
PROYECTADA AV. COSTANERA.



FOTO # 12

CASCOTES DE LADRILLO Y BOLONERIA DE CONCRETO COMO PARTE DEL  
DESMONTE A LO LARGO DE LA FRANJA COSTANERA.



FOTO # 13

ESTRATIGRAFIA VISIBLE DEL TALUD EXISTENTE, CON PRESENCIA DE MATERIAL ORGANICO Y DESMONTE EN EL TRAZO DE LA AV. COSTANERA.



FOTO # 14

TOMA DE MUESTRAS DEL MATERIAL EXISTENTE, A LO LARGO DEL EJE DE LA VIA DE EVACUACION PROPUESTA EN CASO DE TSUNAMIS.



FOTO # 15

ASENTAMIENTO DE LA PISTA EN UN TRAMO DEL CIRCUITO COSTA VERDE.

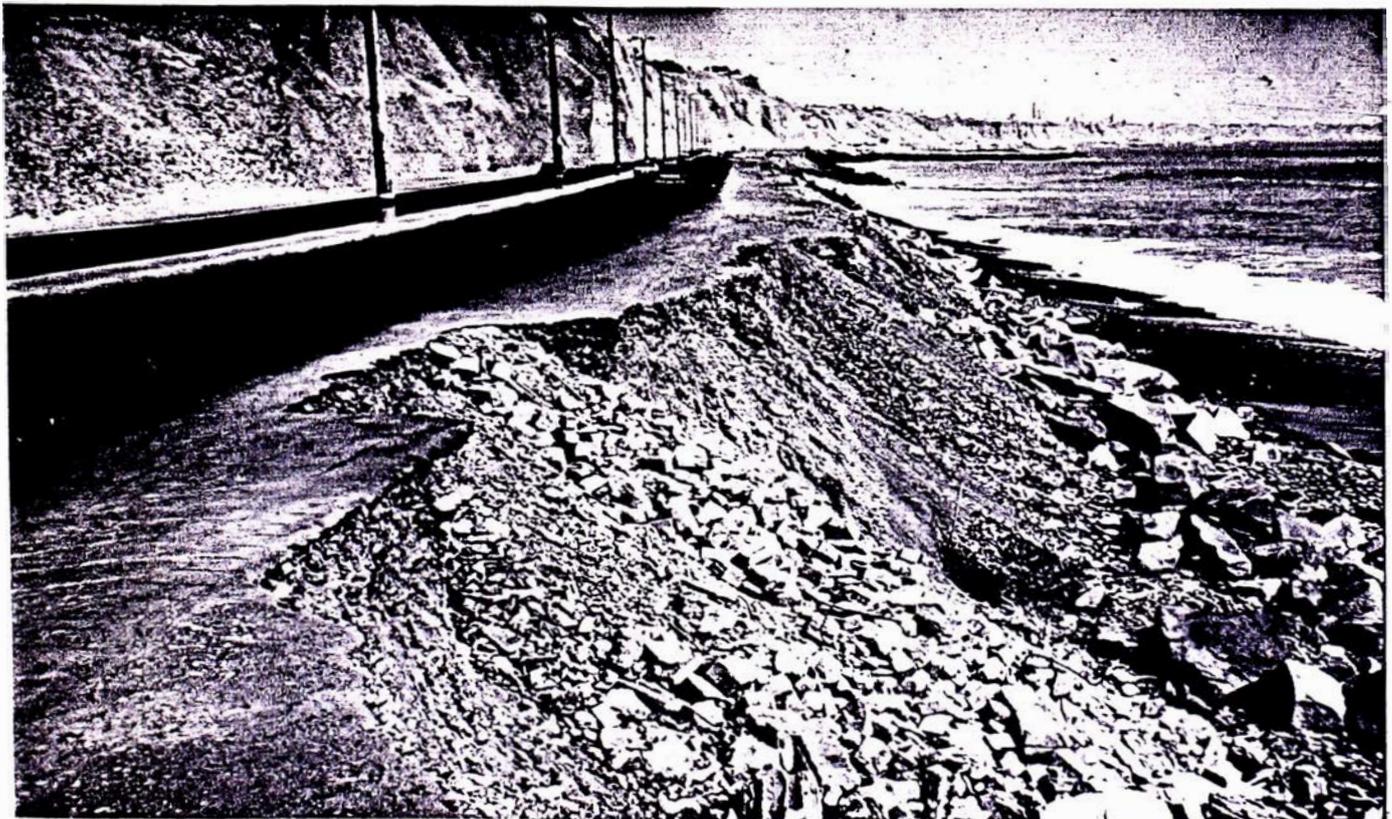


FOTO # 16

TRAMO DE LA COSTA VERDE AFECTADO POR LA ACCION EROSIVA DE LAS OLAS.



FOTO # 17

VIVIENDAS ASENTADAS EN LAS AREAS NO OCUPADAS DE LA MAR BRAVA DESPUES DEL SISMO DE 1940, CONOCIDA COMO LOS "BARRACONES" DEL CALLAO.



FOTO # 18

ALTURA SALOOM, A.H.M. ALAN GARCIA Y UNIDAD MODELO. VEASE LA DIFERENCIA DE NIVELES ENTRE EL TECHO DE LAS VIVIENDAS Y EL DESMONTE.



FOTO # 19

1er. ESPIGON "Te" A LA ALTURA DE LA CUADRA 2 DE LA AV. MIGUEL GRAU. NOTESE EL TAMAÑO DE ROCA UTILIZADA.

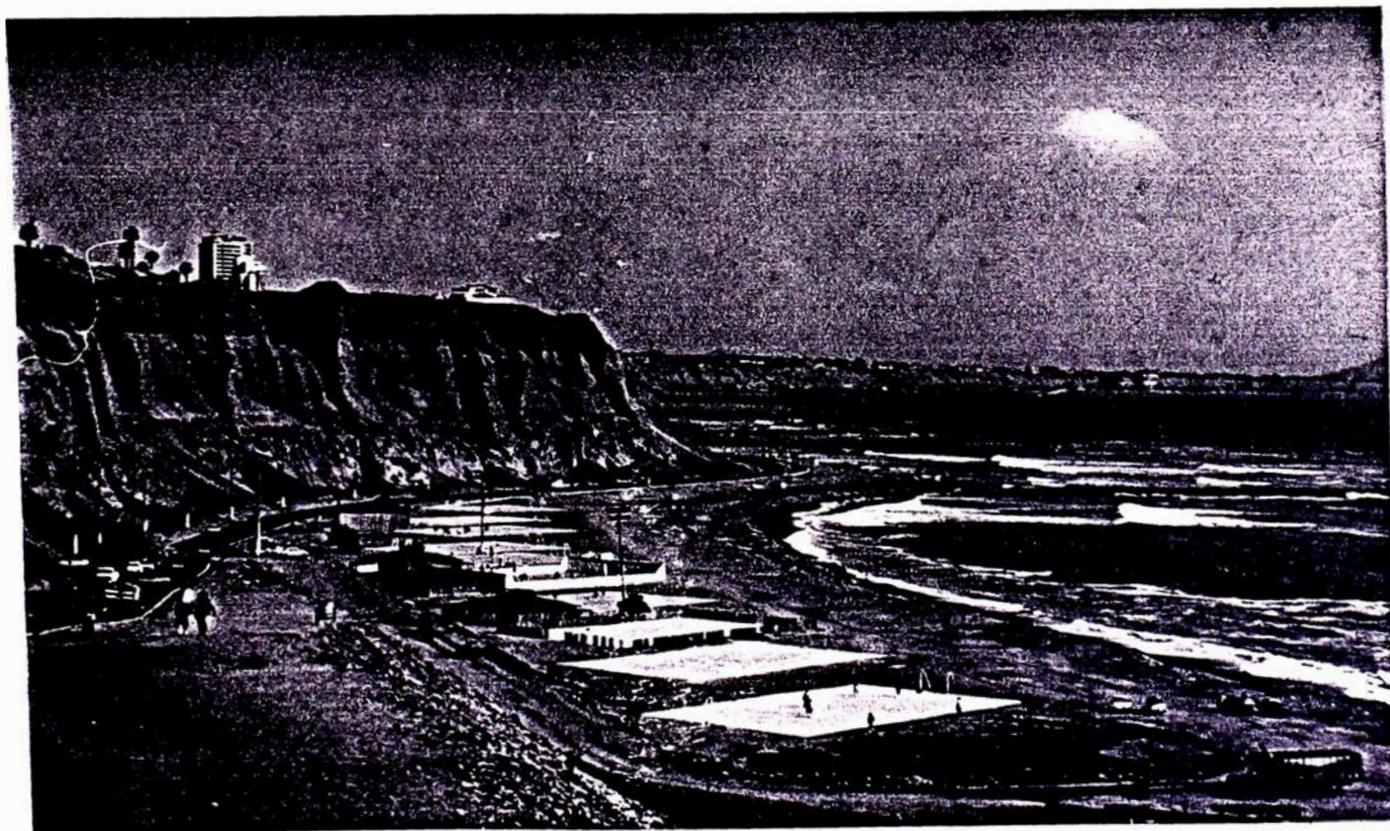
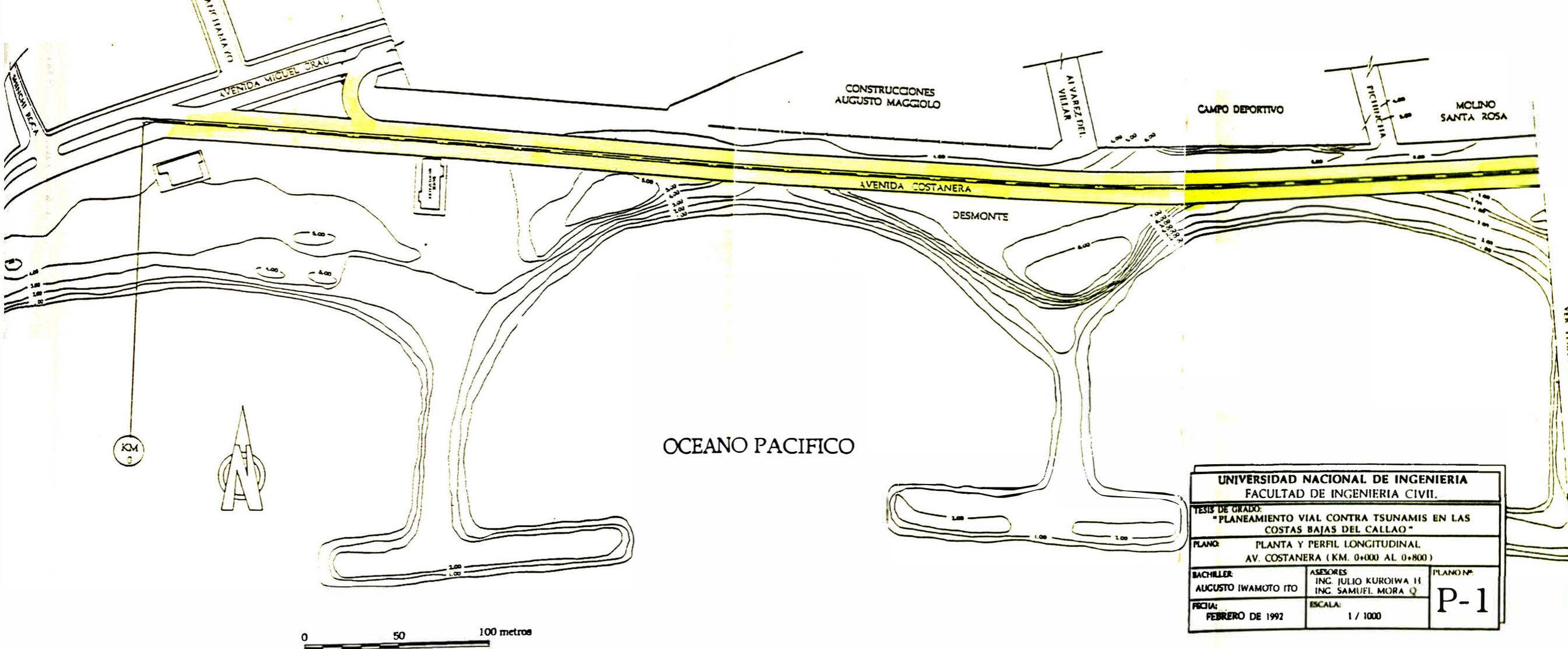


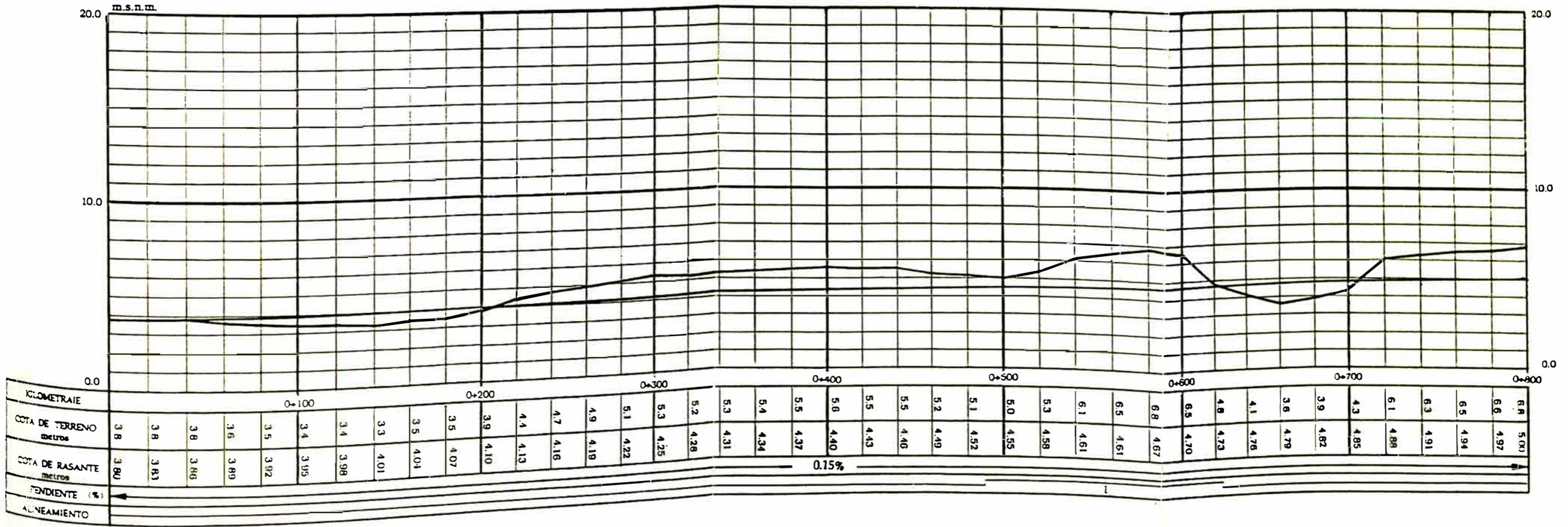
FOTO # 20

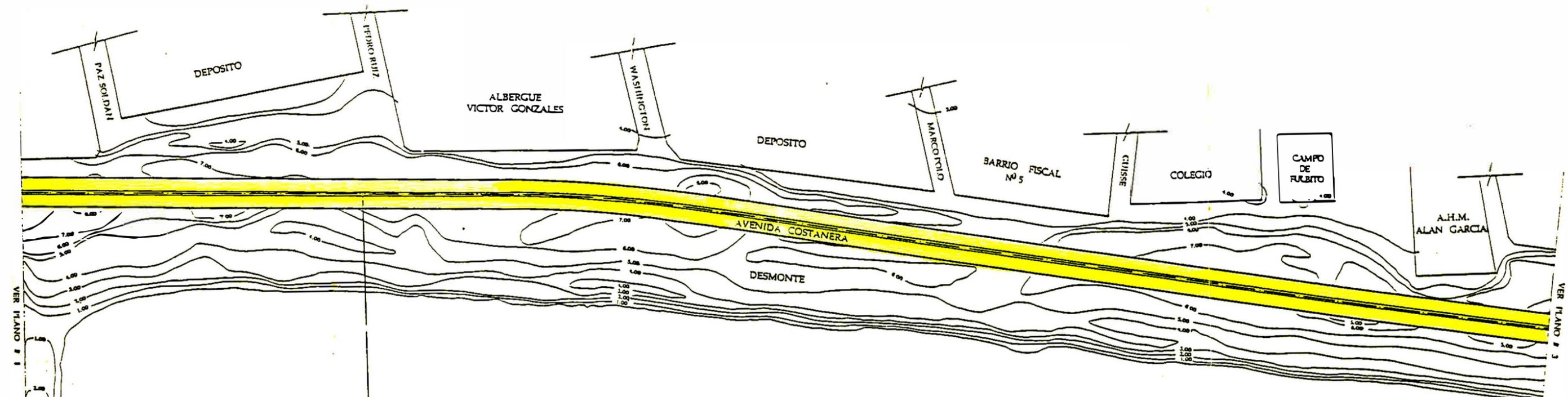
DESARROLLO DEL SECTOR COSTANERO PROPUESTO CON AREAS DE RECREACION NO MASIVA. LOSAS DEPORTIVAS, MALECONES, ETC.

***PLANOS***



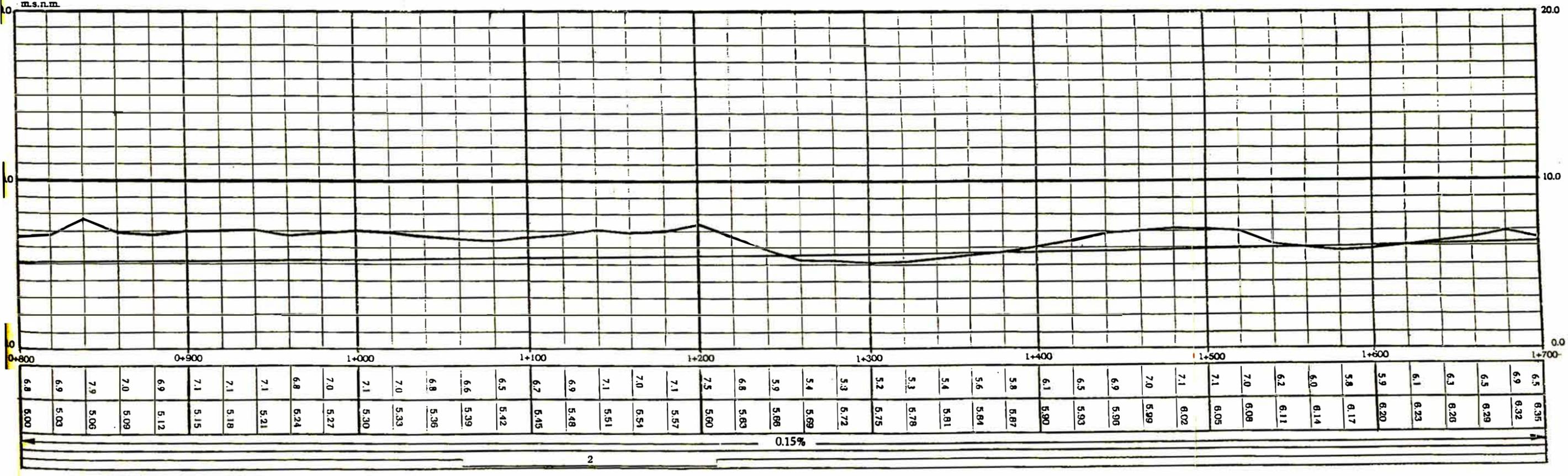
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.		
TESIS DE GRADO: "PLANEAMIENTO VIAL CONTRA TSUNAMIS EN LAS COSTAS BAJAS DEL CALLAO"		
PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL AV. COSTANERA (KM. 0+000 AL 0+800)		
BACHILLER: AUGUSTO IWAMOTO ITO	ASESORES: ING. JULIO KUROIWA II ING. SAMUEL MORA Q	PLANO Nº: <b>P-1</b>
FECHA: FEBRERO DE 1992	ESCALA: 1 / 1000	

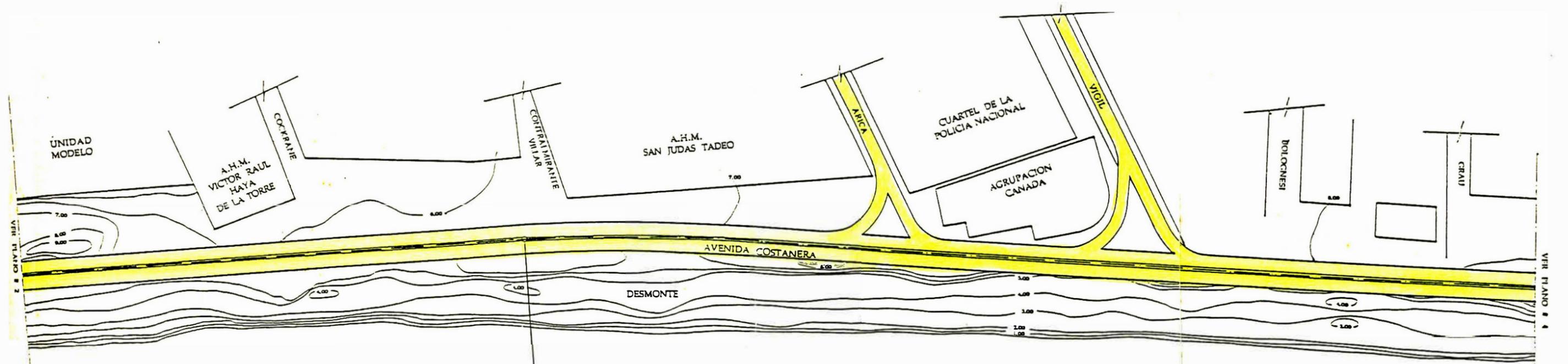




OCEANO PACIFICO

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
TESIS DE GRADO: "PLANEAMIENTO VIAL CONTRA TSUNAMIS EN LAS COSTAS BAJAS DEL CALLAO"		
PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL AV. COSTANERA (KM. 0+800 AL 1+700)		
BACHILLER: AUGUSTO IWAMOTO ITO	ASESORES: ING. JULIO KUROIWA H. ING. SAMUEL MORA Q.	PLANO Nº: <b>P-2</b>
FECHA: FEBRERO DE 1992	ESCALA: 1 / 1000	



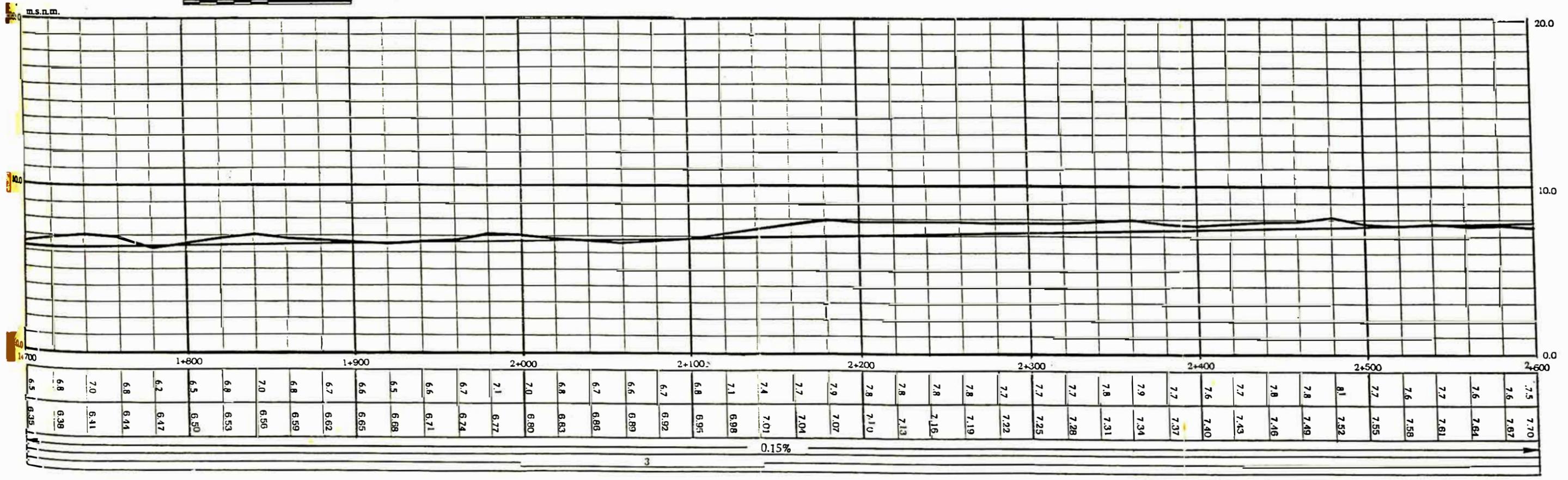


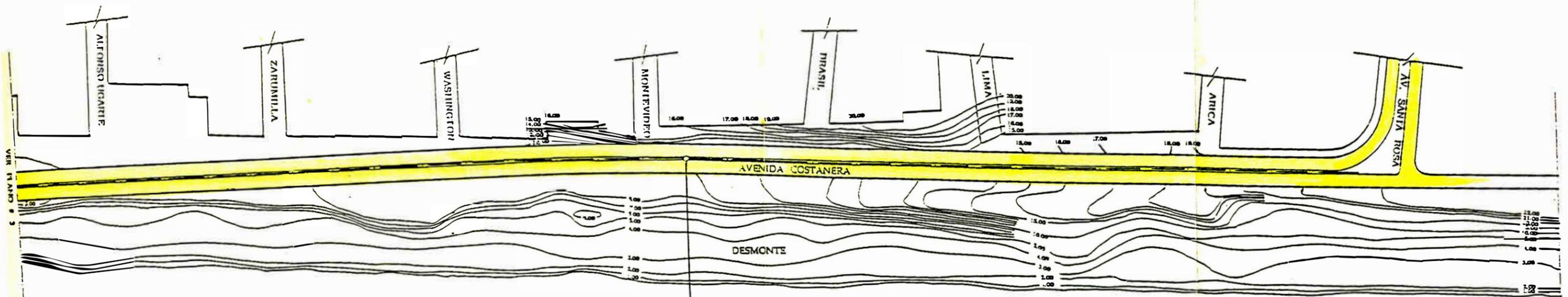
KM 1.1

OCEANO PACIFICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
TESIS DE GRADUACION "PLANEAMIENTO VIAL CONTRA TSUNAMIS EN LAS COSTAS BAJAS DEL CALLAO"		
PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL AV. COSTANERA ( KM. 1+700 AL 2+600 )		
BACHILLER: AUGUSTO IWAMOTO ITO	ASESORES: ING. JULIO KUROIWA H. ING. SAMUEL MORA Q.	PLANO Nº: <b>P-3</b>
FECHA: FEBRERO DE 1992	ESCALA: 1 / 1000	

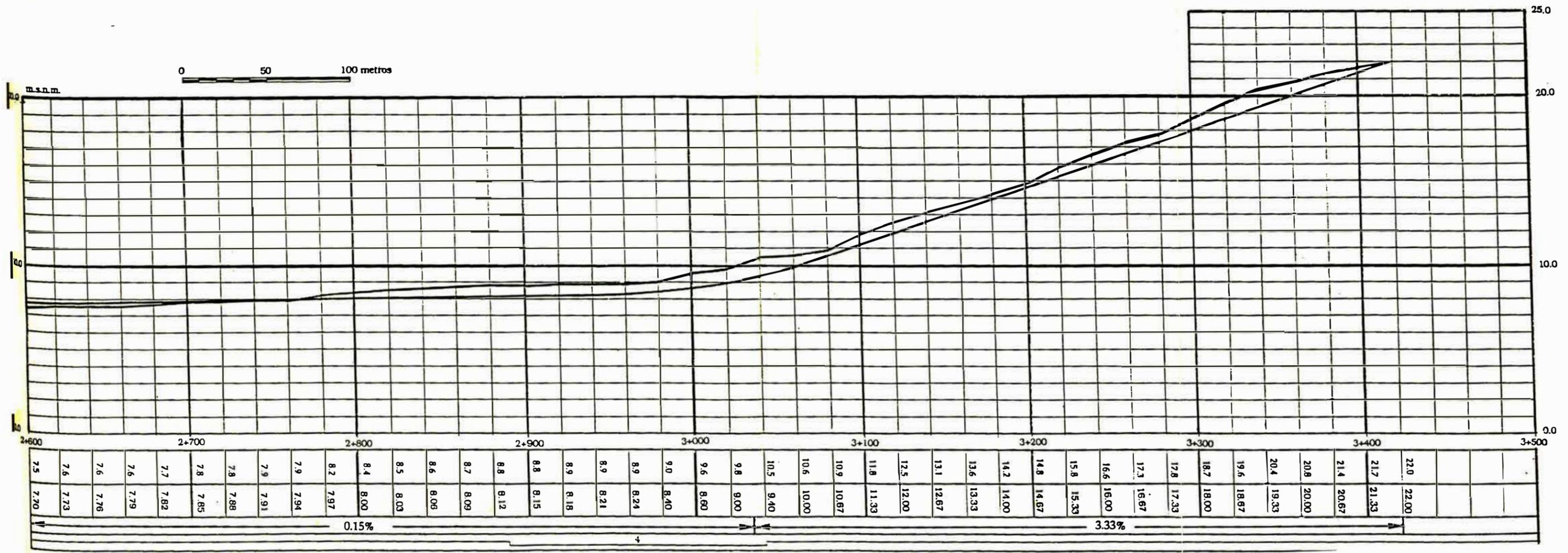


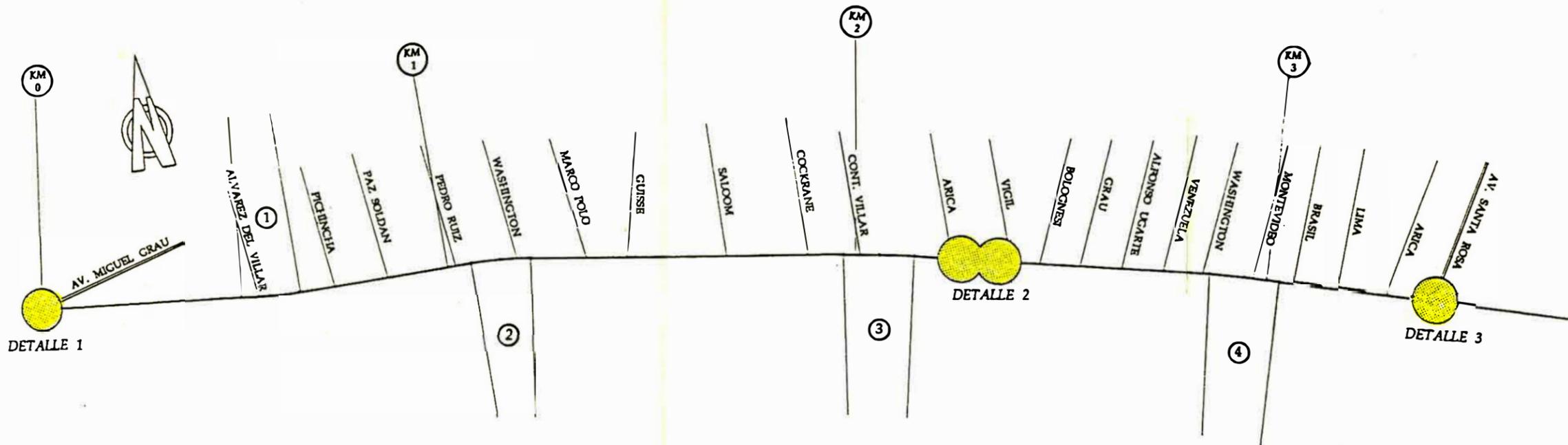


KM 3

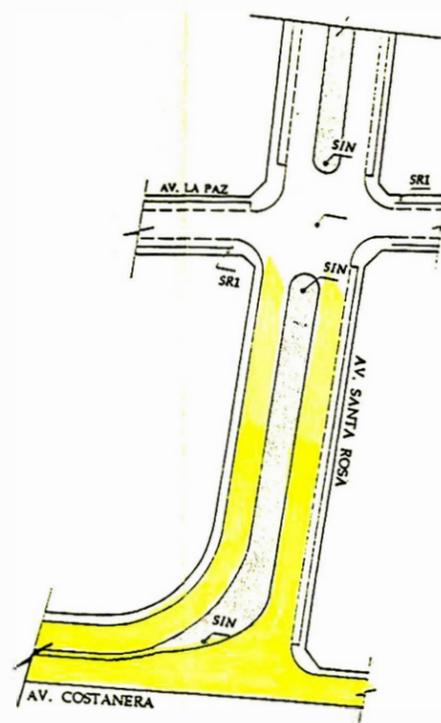
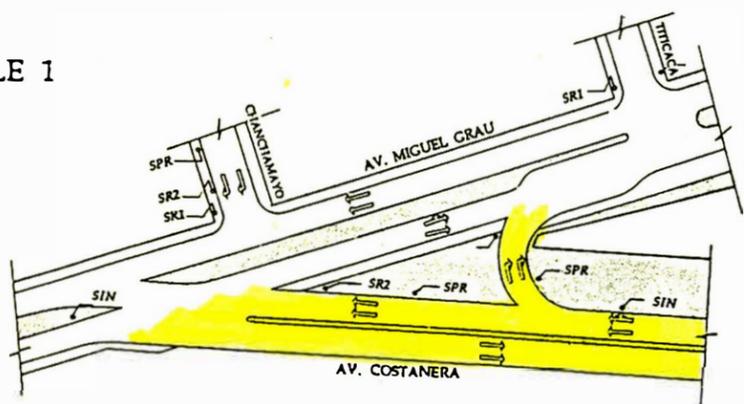
OCEANO PACIFICO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
TESIS DE GRADO: "PLANEAMIENTO VIAL CONTRA TSUNAMIS EN LAS COSTAS BAJAS DEL CALLAO"		
PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL AV. COSTANERA ( KM. 2+600 AL 3+420 )		
BACHILLER: AUGUSTO IWAMOTO ITO	ASESORES: ING. JULIO KUROIWA H. ING. SAMUEL MORA Q.	PLANO N°: <b>P-4</b>
FECHA: FEBRERO DE 1992	ESCALA: 1 / 1000	

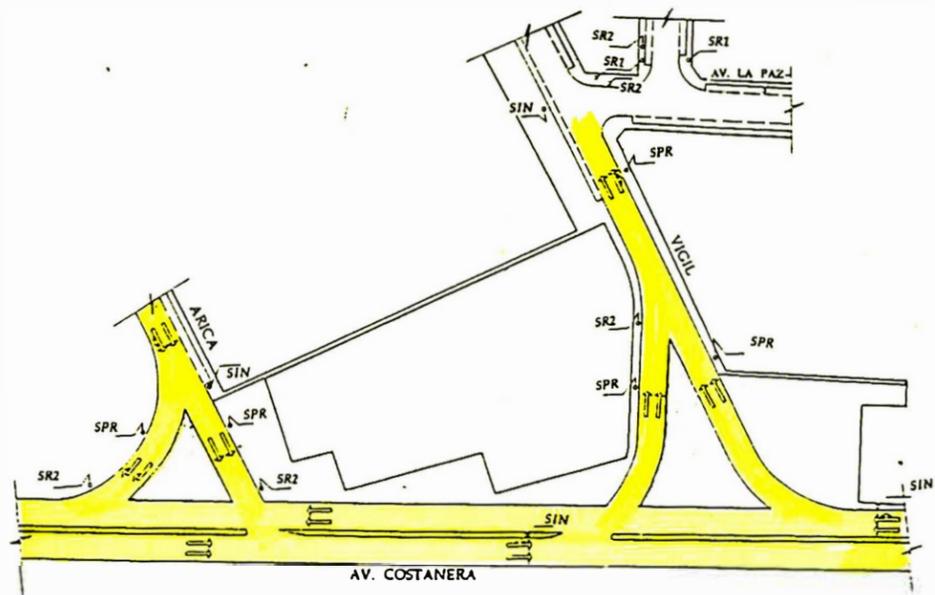




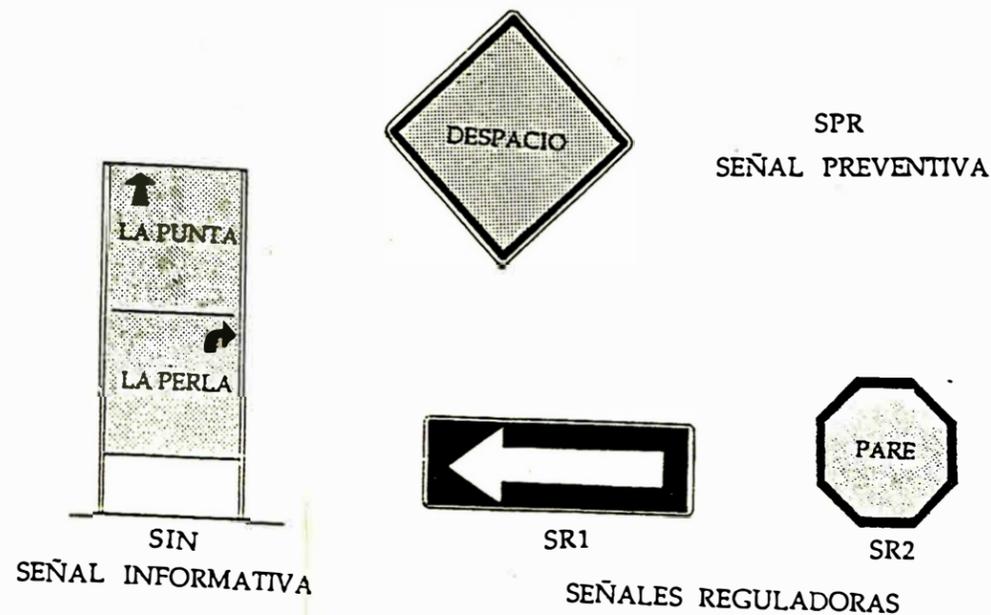
DETALLE 1



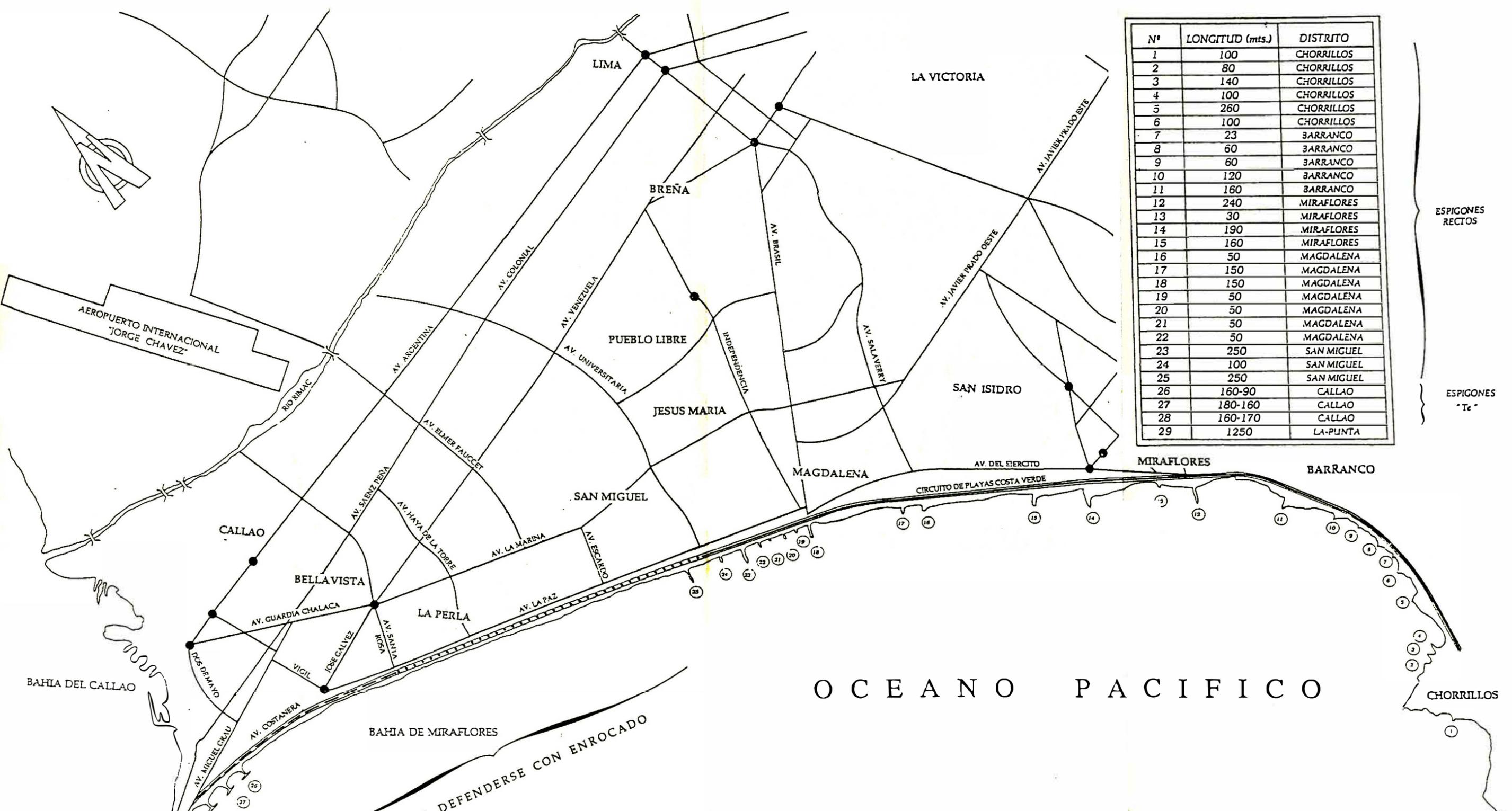
DETALLE 3



DETALLE 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
TESIS DE GRADO: "PLANEAMIENTO VIAL CONTRA TSUNAMIS EN LAS COSTAS BAIAS DEL CALLAO"		
PLANO: PLANO CLAVE, SEÑALIZACION Y ACCESOS AV. COSTANERA		
PROYECTISTA: AUGUSTO IWAMOTO ITO	ASESORES: ING. JULIO KUROIWA II. ING. SAMUEL MORA Q.	PLANO Nº: P-5
FECHA: FEBRERO DE 1992	ESCALA: 1/500    1/5000	



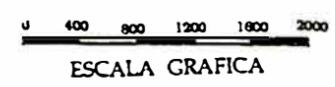
Nº	LONGITUD (mts.)	DISTRITO
1	100	CHORRILLOS
2	80	CHORRILLOS
3	140	CHORRILLOS
4	100	CHORRILLOS
5	260	CHORRILLOS
6	100	CHORRILLOS
7	23	BARRANCO
8	60	BARRANCO
9	60	BARRANCO
10	120	BARRANCO
11	160	BARRANCO
12	240	MIRAFLORES
13	30	MIRAFLORES
14	190	MIRAFLORES
15	160	MIRAFLORES
16	50	MAGDALENA
17	150	MAGDALENA
18	150	MAGDALENA
19	50	MAGDALENA
20	50	MAGDALENA
21	50	MAGDALENA
22	50	MAGDALENA
23	250	SAN MIGUEL
24	100	SAN MIGUEL
25	250	SAN MIGUEL
26	160-90	CALLAO
27	180-160	CALLAO
28	160-170	CALLAO
29	1250	LA-PUNTA

ESPIGONES RECTOS

ESPIGONES "Te"

**LEYENDA**

VIA DE EVACUACION PROPUESTA  
 TRAMO INEXISTENTE  
 VIA EXISTENTE ASFALTADA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS DE GRADO:  
 "PLANEAMIENTO VIAL CONTRA TSUNAMIS EN LAS COSTAS BAIAS DEL CALLAO"

PLANO:  
 INTEGRACION VIAL COSTANERA Y PROTECCION LITORAL PROPUESTA Y EXISTENTE

DICIPLINA: AUGUSTO IWAMOTO ITO	ASESORES: ING. JULIO KUROIWA H. ING. SAMUEL MORA Q.	PLANO Nº: <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">P-6</span>
FECHA: FEBRERO DE 1992		ESCALA:

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1.- *CAMARA PERUANA DE LA CONSTRUCCION: "Reglamento Nacional de Construcciones". CAPECO; Lima-Perú; 1985.*
- 2.- *CARRILLO G., Arnaldo: "Estabilidad y Comportamiento de los Suelos del Perú". CONCYTEC; Lima-Perú; 1988.*
- 3.- *CASAS C., Alberto: "Estimación de Daños por Sismo y Tsunamis en Zonas Bajas del Callao". Tesis de Grado de Ing. Civil; UNI; Lima-Perú; 1974.*
- 4.- *CISMID; UNI: "Memorias del 1er Simposium Nacional de Prevención y Mitigación de Desastres Naturales". CISMID-UNI; Lima-Perú; 1987*
- 5.- *CORDE CALLAO: "Plan Operativo Institucional". Callao-Perú; 1988.*
- 6.- *CORDE CALLAO; INP: "Estudio Socio-Económico y Urbanístico del Callao con Fines de Pre-Inversión". Corporación de Desarrollo del Callao; Vol # 1, Vol # 2; Callao-Perú; 1986.*
- 7.- *CORPEI: "Defensa del Litoral y Habilitación de Nuevas Playas en Lima Metropolitana". Ministerio de Vivienda; Vol # 1; Lima-Perú; 1972.*

- 8.- *DAVIS, Raymond; FOOTE, Francis; KELLY, Joe: "Tratado de Topografía". Ediciones Aguilar S.A.; Madrid-España; 1979.*
- 9.- *DELGADO, Alberto; GARCIA, Celia: "Plan de Evacuación de Ciudades Afectadas por Tsunamis, Zona La Punta Pucusana". Tesis de Grado de Ing. Civil; UNI; Lima-Perú; 1982.*
- 10.- *DOCUMENTAL DEL PERU: "Provincia Constitucional del Callao". Tomo XXIV; Editorial Desa; Lima-Perú; 1980.*
- 11.- *FALCON V., Martha: "Metodología para la Planificación de áreas propensas a Desastres Naturales". Tesis de Grado de Arquitectura; UNI; Lima-Perú; 1989.*
- 12.- *FIC-UNI: "Seminario: Diseño y Construcción de Pavimentos". CONCY-TEC; Lima-Perú; 1989.*
- 13.- *INSTITUTO DE ESTUDIOS HISTORICO-MARITIMOS DEL PERU: "Historia Marítima del Perú". Editorial Ausonia; Lima-Perú; 1986.*
- 14.- *INVERMET: "Manual de Señalización Horizontal y Vertical". Fondo Metropolitano de Inversiones; Lima-Perú; 1987.*
- 15.- *INVERMET: "Normas para el Diseño de Vías Urbanas". INVERMET, TECNOSAN-EBTU/GATE; Lima-Perú; 1987.*

- 16.- KUROIWA H., Julio; KOGAN; URBAN REGIONAL RESEARCH:  
"Plan de Preparación para Tsunamis". USAID, INDECI; Lima-Perú;  
1987.
- 17.- LAMBE, William; WHITMAN, Robert: "Mecánica de Suelos". Editorial  
LIMUSA; Distrito Federal-México; 1984.
- 18.- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES: "Normas  
Peruanas para el Diseño de Carreteras". Dirección de Infraestructura  
Vial; Lima-Perú; 1989.
- 19.- MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCION; INVERMET:  
"Proyecto Especial Costa Verde". Ministerio de Vivienda y Construc-  
ción, Invermet; Lima-Perú; 1989.
- 20.- MORA Q., Samuel: "Apuntes del Curso Topografía Práctica". Area de  
Topografía y Vías de Transportes; UNI; Lima-Perú; 1992.
- 21.- MORA Q., Samuel: "Mecánica de Suelos y Diseño de Pavimentos".  
CONCYTEC; Lima-Perú; 1986.
- 22.- MUNICIPALIDAD DE LIMA METROPOLITANA; INVERMET:  
"Muros de Contención en la Costa Verde, Magdalena". INVERMET;  
Lima-Perú; 1991.

- 23.- PORTUGAL B., Walter: *"Estudio Sismo-Resistente de los Efectos Destructivos de un Sismo Hipotético de Grado VIII M.M. y las Medidas a tomar para Minimizarlos en: Lima, Breña, Callao, Bellavista, Carmen de La Legüa y Reynoso"*. Tesis de Grado de Ing. Civil; UNI; Lima-Perú; 1975.
- 24.- SOCIETE GRENOBLOISE D'ESTUDES ET D'APPICATIONS HYDRAULIQUES: *"Protección de Riberas de la Bahías del Callao y Miraflores"*. SOGREAH; Lima-Perú; 1958.
- 25.- TAMRAZIAN, G.P.: *"Algunas Particularidades en la Distribución de los Tsunamis en la Costa Occidental de América del Sur"*. Revista Tecnica; UNI; Lima-Perú; 1968.
- 26.- TOLEDO, Mónica: *"Planeamiento Urbano para Mitigación de Desastres en el Distrito de Punta Negra"*. Tesis de Grado de Bachiller Fac. de Arquitectura; UNI; Lima-Perú; 1988.
- 27.- VALLE R., Raúl: *"Carreteras, Calles y Aeropistas"*. Editorial "El Ateneo"; Buenos Aires-Argentina; 1982.
- 28.- VIVAR, Germán: *"Seminario de Pavimentos"*. FIC-UNI; Lima-Perú; 1989.

## ANEXO A

### ESCALAS SISMICAS : INTENSIDAD Y MAGNITUD

#### INTENSIDAD:

*La intensidad sísmica es la fuerza o violencia del movimiento de la tierra en una región, en términos de los efectos que provoca el terremoto en el hombre, en las obras artificiales y en la naturaleza, en un lugar determinado. Su evaluación tiene como base las sensaciones experimentadas por las personas durante un sismo, y los efectos producidos por el movimiento en las construcciones y también en las cosas y objetos naturales y artificiales. Por ello las escalas de intensidad sísmica son totalmente subjetivas.*

*La determinación de la intensidad en un sólo punto del área afectada por un terremoto, no aporta mucho al estudio del mismo. En cambio, lo que se intenta hacer después de un sismo es determinar el grado de intensidad en diferentes lugares del área afectada, y construir luego las curvas de igual intensidad sísmica o curvas "isosistas" que dan inmediatamente una idea aproximada de la zona afectada.*

## **ESCALA DE INTENSIDADES (MODIFICADA DE MERCALLI)**

- I** *Detectados por instrumentos muy sensibles.*
  
- II** *Percibido sólo por algunas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios; algunos objetos suspendidos se balancean.*
  
- III** *Se siente en los interiores de edificios aunque no siempre se reconoce como un temblor. Es posible estimar la duración del sismo.*
  
- IV** *Advertido en el interior de casas y edificios por muchos y al aire libre por unos pocos; los vehículos detenidos se balancean notablemente.*
  
- V** *Percibido por la mayoría de las personas; en la noche algunas se despiertan; volcamiento de objetos altos, los relojes de pendulo alteran su ritmo.*
  
- VI** *Lo sienten todas las personas; algunos se asustan y corren hacia el exterior, se siente inseguridad para caminar; hay desprendimiento del acabado con daños menores.*

- VII** *Las personas se atemorizan, corren hacia el exterior y es difícil permanecer en pie. Es notado por conductores de vehículos en movimiento.*
- VIII** *Se hace difícil conducir vehículos motorizados; hay derrumbes de muros y monumentos; los paneles se desprenden de sus marcos o pórticos.*
- IX** *Pánico general; algunas construcciones son desplazadas de sus cimientos; desplomes y agrietamientos; el suelo expelle lodo y arena.*
- X** *Destrucción casi total de las construcciones de albañilería; daños serios en estructuras mayores, puentes, represas, diques; deslizamientos de tierra.*
- XI** *Los rieles de líneas ferroviarias sufren grandes deformaciones, las tuberías subterráneas quedan fuera de servicios.*
- XII** *El daño es casi total; hay desplazamiento de grandes rocas; otros objetos saltan al aire.*

## **MAGNITUD :**

*La magnitud es una medida instrumental objetiva relacionada con la energía liberada por el movimiento sísmico, la cual se expresa en la escala de Richter que corresponde a mediciones efectuadas sobre un sismograma obtenido de un sismógrafo normalizado.*

*La escala de Richter no tiene límite superior, pero por limitaciones físicas impuestas por las características de la corteza terrestre es altamente improbable que pueda producirse un terremoto de magnitud mucho mayor que 9.*

*Existe una corriente teórica que trata de establecer como magnitud 8.6, como la máxima, explicando con ésta limitación, la capacidad total de energía que las rocas pueden almacenar en zonas hipocéntricas.*

*Cuando la magnitud se eleva de un rango de la escala a otra inmediatamente superior, el aumento de energía es casi 30 veces y cuando la magnitud se eleva en dos rangos, la energía liberada es más o menos 1,000 veces mayor.*

*Los sismos con magnitudes mayores a 8, considerados dentro de rangos de terremotos catastróficos, si el epicentro se localiza dentro del mar, se origina un tsunami.*

## ANEXO B

### HISTORIA DE TSUNAMIS EN EL PERU

---

**1586, julio 9.-** Severo maremoto a lo largo de la costa, en los alrededores de Lima, el mar subió 14 brazas, destruyendo propiedades en unos 300 metros tierra adentro. Las olas marinas inundaron aproximadamente 10 Km<sup>2</sup>.

*Esta ola fue ocasionada por un sismo cuyo epicentro estuvo cerca de las costas de Lima, y cuya intensidad fue VIII en la escala de Mercalli Modificado (MM), el mismo que destruyó la ciudad y en el que perdieron la vida aproximadamente 25 personas.*

**1664, mayo 12.-** Maremoto en las costas de Pisco (Ica), el mar invadió parte de la población, hubo 70 muertos. El maremoto fue ocasionado por un fuerte movimiento sísmico ocurrido a las 4 a.m., sentido en Ica con una intensidad de XI grados de MM.

**1678, junio 17.-** La ola causó en el Callao y otros puertos vecinos muchos estragos, fue ocasionado por un sismo cuyo epicentro estuvo al Norte

*de Lima y cuya intensidad fue VII en la escala de MM, haciendo que el mar retrocediera y regresara con fuerza destructiva.*

**1687, octubre 20.-** *Grandes olas en el Callao y otros puertos vecinos ocasionaron muchos estragos, fue ocasionado por el sismo ocurrido a las 4 p.m., cuya intensidad fue de IX grados en la escala de MM, que dejó la mayor parte de Lima en ruinas y más de 200 muertos.*

*El mar en el Callao se retiró y regresó con gran violencia causando destrucción en muchas propiedades.*

**1705, noviembre 26.-** *Gran maremoto a lo largo de toda la costa Sur, especialmente desde Arequipa hasta Chile; Arica fue destruída por este tsunami.*

**1716, febrero 10.-** *Maremoto que causó fuertes daños en Pisco, fue ocasionado por un sismo que ocurrió en Camaná a las 8 p.m., que fue sentido con intensidad IX de la escala de MM.*

**1746, octubre 28.-** *Producido a las 10:30 p.m., pocos minutos fueron necesarios para destruir la obra paciente de 200 años. No quedó en el Callao una sola casa en condiciones seguras de habitabilidad, pues las oleadas hechas montañas, quisieron demostrar que en un tiempo existió una hermosa ciudad. De los 5,000 habitantes que tenía*

*el Callao, apenas 200 chalacos quedaron con vida.*

**1806, diciembre.-** *Tsunami que afectó el Callao y que llegó a 6 metros de altura, dejando varias embarcaciones en tierra. La ola levantó un ancla de tonelada y media y la depositó sobre la casa del Capitán del Puerto. Edificios y propiedades de todo el litoral quedaron destruídos. La ola fue ocasionada por un sismo que fue fuertemente sentido en Lima.*

**1828, marzo 30.-** *Las ciudades fueron destruídas por efecto del maremoto, el que fue ocasionado por un sismo que ocurrió a las 7:30 a.m., el que fue sentido con una intensidad VII de MM.*

**1868, agosto 13.-** *Maremoto que ocasionó grandes daños desde Trujillo (Perú), hasta Concepción (Chile). En Arica una nave de guerra de los Estados Unidos de N.A., fue depositado 400 metros tierra adentro. El tsunami se dejó sentir en puertos tan lejanos como Hawaii, Australia y Japón. Este maremoto fue debido a un fuerte sismo producido a las 5:30 p.m. en Arequipa, el movimiento fue sentido con intensidad XI, y probablemente fue el sismo más fuerte registrado en el Perú hasta la fecha. El día 15, el maremoto alcanzó las costas de Nueva Zelandia, Australia, Hawaii, Samoa, etc.*

**1877, mayo 9.-** *Olas marinas de gran violencia causaron daños desde Pisco (Perú) hasta Antofagasta (Chile). Grandes destrucciones en Chile. Tsunami sentido en Japón, Nueva Zelandia, Hawaii, Samoa y California.*

**1878, enero 10.-** *El mar inundó las ciudades costeras comprendidas entre los puertos del departamento de Arequipa e Iquique.*

**1883, agosto 26.-** *No hay registro de detalle en el Perú.*

*Originado por volcán Krakatoa. Máxima onda registrada 23 mts. en Mera, Java.*

**1914, enero 12.-** *Un pequeño tsunami inundó la Escuela Naval de La Punta.*

**1928, abril 28.-** *Maremoto en el Sur del Perú.*

**1942, agosto 24.-** *Movimiento submarino cerca de Pisco, braveza del mar registrada en Matarani y en el Callao. Alguna evidencia de deslizamientos submarinos. Maremoto ocasionado por el sismo submarino.*

**1946, abril.-** *Tsunami en Chile, Perú, Ecuador y Colombia. Destructivo en una gran área del Pacífico. En Talara registró una oscilación de 1 metro y en Matarani 1.5 metros.*

**1952, noviembre 5.-** Fuerte maremoto azota las costas de Chile, Perú, Ecuador, mayor destrucción en Chile. Registros mareográficos indican que en el Callao, las olas alcanzaron los 2 metros.

**1960, mayo 22.-** Originado frente a las costas de Chile, por su magnitud, fue similar a uno de los grandes maremotos del siglo pasado.

*En La Punta (Callao) el mareógrafo registró 2.2 metros de altura. Los daños más grandes fueron en Hawaii y Japón.*

**1964, marzo 28.-** Originado en Kodiak, Alaska, uno de los más grandes terremotos registrados en el Pacífico Norte. Daños de gran magnitud en las costas de Alaska, Oeste de Norte América. Cobró más de 100 vidas humanas.

*Registrado en las costas del Perú y Chile. En el Callao se registró una onda de 1.5 metros.*

**1966, octubre 17.-** Tsunami en el Callao (Terremoto en Pativilca), azotó la costa peruana desde Chimbote hasta San Juan. La primera onda del tsunami registrado en el mareógrafo de La Punta en el Callao, fue a las 5:36 p.m. con una altura de 3.40 metros, después de 50 minutos de producirse el sismo. La misma onda se registró en los mareógrafos de Chimbote y San Juan.

**1974, octubre 4.-** *Un sismo submarino de 7 grados de magnitud en la escala de Richter producido al Sur-Oeste del Callao, ocasionó un tsunami a las 9:15 hrs.; la altura de ola llegó a alcanzar casi 2 metros, el que ocasionó destrozos en las instalaciones de la Escuela Naval ubicado en La Punta. El mar se retiró previamente una distancia aproximada de 200 metros, para luego inundar las costas.*