

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN DE SUELOS EN CHIMBOTE, PERÚ

Jorge E. Alva Hurtado ⁽¹⁾
Denys Parra Murrugarra ⁽²⁾

RESUMEN

El terremoto del 31 de Mayo de 1970 produjo el fenómeno de licuación de suelos en el área epicentral, principalmente en la ciudad de Chimbote, zona industrial y pesquera del norte peruano. La ciudad se ubica sobre depósitos aluviales del río Lacramarca, constituídos por arenas limpias y arenas limosas saturadas, con compacidades medias y sueltas en algunas zonas. Se presenta en un mapa las áreas en donde el fenómeno de licuación de suelos ocurrió en Chimbote durante el sismo de 1970.

El estudio presentado ha consistido en realizar sondajes con ensayos de penetración estándar y de cono holandés, convenientemente distribuidos en la ciudad. Además, se recopilaron sondajes antiguos realizados en Chimbote por diversas instituciones, con el objeto de complementar el conocimiento de las condiciones del subsuelo en toda la ciudad.

La evaluación del potencial de licuación se realizó por medio de metodologías simplificadas desarrolladas en Estados Unidos y el Japón, que están basadas en ensayos de penetración, contenido de finos de la arena, magnitud y aceleración del sismo de diseño y la resistencia a la licuación del suelo en estudio.

Como resultado del estudio se presenta un mapa de la ciudad en donde se distinguen las áreas susceptibles a la licuación en función al sismo de diseño y se compara el potencial de licuación con las áreas en donde dicho fenómeno ocurrió durante el sismo de 1970.

INTRODUCCIÓN

Uno de los casos mejor documentados sobre la ocurrencia del fenómeno de licuación de suelos en el Perú debido a la acción sísmica, es el ocurrido en la ciudad de Chimbote durante el sismo de 1970 (Alva Hurtado, 1983).

A las 3:23 p.m. (hora local) del 31 de Mayo de 1970 ocurrió un terremoto con magnitud $M_s=7.8$

(1) Profesor Principal y Jefe del Laboratorio Geotécnico del CISMID, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú.

(2) Asistente de Investigación, Laboratorio Geotécnico del CISMID, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú.

Ponencia presentada en el IX Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, Viña del Mar, Chile, 1991.

y profundidad focal de 45 km con epicentro aproximadamente a 50 km de la costa del Perú, al oeste de la ciudad de Chimbote. El sismo activó un acelerógrafo en Lima, cuya aceleración máxima corregida fue de 0.11 g. En Chimbote no se registraron aceleraciones; sin embargo, la máxima intensidad del sismo se calculó en IX grados en la escala de intensidades Mercalli Modificada.

La disponibilidad de ensayos de penetración en Chimbote (Morimoto et al, 1971; Hermoza, 1972; Carrillo, 1972), así como ensayos realizados especialmente en este estudio, han permitido evaluar el potencial de licuación de suelos de Chimbote para un sismo de diseño dado, así como para verificar la ocurrencia del fenómeno de licuación durante el sismo de 1970.

LICUACIÓN EN CHIMBOTE, SISMO DE 1970

A continuación se resume brevemente la documentación existente en la literatura sobre la ocurrencia del fenómeno de licuación de suelos en Chimbote.

Ericksen et al (1970) y Plafker et al (1971) indicaron que en Casma, Puerto Casma y en zonas cercanas del litoral en Chimbote, se produjo desplazamiento lateral del terreno causado por la licuación de depósitos deltaicos y de playa, ocasionando grietas en el terreno que derrumbaron las estructuras que las cruzaron. La zona central de Chimbote fue evidentemente un área de licuación de suelos, así como de compactación diferencial de la cimentación. En Chimbote, Casma y a lo largo de la Carretera Panamericana, se notaron subsidencias superficiales producto de la licuación.

Cluff (1971) reportó fallas del terreno en Chimbote debido a la existencia de depósitos de playa saturados y sueltos. En muchas áreas se produjeron volcanes de arena y eyección de aguas subterráneas por existir nivel freático alto. Berg y Husid (1973) indicaron evidencia de licuación de suelos en la cimentación del Colegio Mundo Mejor, en Chimbote.

Carrillo (1970) indicó descensos en los terraplenes de acceso de casi todos los puentes de la Carretera Panamericana y asentamientos en las plataformas del Terminal Marítimo de Chimbote. También presentó evidencias del fenómeno en los depósitos de arenas saturadas de la calle Elías Aguirre, en Chimbote.

Morimoto et al (1971) describieron la ocurrencia del fenómeno de licuación de suelos y prepararon un mapa de distribución de grietas en el terreno y volcanes de arena en Chimbote. En la zona pantanosa se produjo licuación generalizada, con grietas debido a compactación diferencial; y en la zona aluvial, licuación subsuperficial con grietas y volcanes de arena. El fenómeno se presenta en la Fig. 1.

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE CHIMBOTE

La ciudad de Chimbote se ubica en la costa norte del Perú a 400, km de Lima. La geología del área está representada por tres tipos de constituyentes: el Volcánico Casma (derrames andesíticos y riolíticos), el Intrusivo (granodiorita) y el Cuaternario (depósitos de arenas eólicas). Chimbote se ubica en la planicie aluvional del río Lacramarca, con una longitud de 10 km por 5 km de ancho. Por el norte limita con cerros de origen volcánico y por el sur del abanico aluvional, el depósito desciende gradualmente llegando a pantanos y lagunas. Las montañas tienen pendientes suaves y planicies amplias, consistentes en depósitos de gran espesor de arena gruesa y grava. En las zonas costeras el mar ha formado líneas de playa recientes y antiguas que consisten en capas de arenas laminares con conchuelas. En la parte sur de Chimbote existe capas gruesas de arena eólica reciente. El abanico aluvional del río Lacramarca está dividido por pequeños valles que consisten de arenas limosas con o sin restos orgánicos. La geología de Chimbote se presenta en la Fig. 2.

La napa freática en Chimbote es de tipo radial, libre y a filetes divergentes, con gradientes hidráulicos entre 2 y 8 por mil, con afloramiento de la napa freática en zonas extensas cercanas al mar, por falta de drenaje. Existen materiales muy permeables en el subsuelo de Chimbote, con permeabilidades del orden de $k=8 \times 10^{-4}$ m/seg. La napa freática en Chimbote se encuentra entre los 0 y 20 metros.

Se puede afirmar que la ciudad de Chimbote se desplanta sobre un depósito potente de arena con niveles superficiales de agua, que es susceptible de sufrir licuación y densificación, produciendo asentamientos diferenciales a las edificaciones. En la mayor parte de la ciudad la arena tiene una compacidad media a densa, con valores de N de 10 a 30, suprayaciendo arena más densa hasta la roca basal; sin embargo, en otras zonas el valor de N es inferior a 10 con nivel freático superficial.

La zona norte comprende San Pedro, Pensacola, Casco Urbano, La Caleta y la Siderúrgica. En San Pedro existe arena suelta a medianamente densa, con nivel freático a 5.0 metros. En la Siderúrgica existen depósitos de arena fina a media con lentes de limos y gravilla, cubiertos por material orgánico de relleno, con nivel freático de 0.5 a 1.0 metro. Los valores de N son de 5 a 10 en la superficie, aumentado con la profundidad. El Casco Urbano está constituido por estratos de arena fina a media con lentes de caliche y grava, con nivel freático a 1.50 metros. En la superficie los valores de N son menores de 10 golpes/pie, aumentando con la profundidad hasta llegar a 50 a los 5.0 metros. La Caleta y El Puerto están formados por suelos limo-arenosos sueltos con materia orgánica, de espesor 1.5 a 4.0 metros, suprayaciendo arenas medianamente compactas y gravas.

La zona central está comprendida entre la Urb. 21 de Abril y Pueblo Libre, hasta Villa María Baja, incluyendo Miraflores, Miramar Alto y Bajo, Florida Alta y Baja, La Libertad y Trapecio. En Miramar Bajo existe material orgánico en la superficie; por debajo arena fina a media hasta los 10 metros, luego arena limosa hasta los 20 metros y después grava. El nivel freático oscila entre 0.70 y 1.40 metros. En Miraflores los valores de N son de 8 a 12 a los 2.0 metros, superando los

40 golpes/pie a los 4.0 metros. En Trapecio existen arenas finas y arenas limosas con conchuelas, de 4 a 6 metros de espesor, suprayaciendo un estrato de arena densa con lentes de arcilla y gravilla. En 27 de Octubre existe arena fina con nivel freático a 1 metro. En Villa María Baja existe en la superficie un material fino de relleno, suprayaciendo arenas sueltas a semisueltas, con nivel freático superficial.

La zona sur incluye a Villa María Alta, Buenos Aires, Nuevo Chimbote, Casuarinas y Canalones. El nivel freático en esta zona se encuentra por debajo de los 16 metros. La mayor parte del subsuelo está constituido por arena fina a gruesa con presencia de grava. En Buenos Aires el estrato de arena fina a gruesa tiene 20 metros de espesor, mientras que en Nuevo Chimbote tiene 4 metros, suprayaciendo arenas finas a medias con arcilla hasta los 16 metros. Los ensayos de penetración estándar indican valores de N mayores que 12 al metro de profundidad, creciendo rápidamente a mayores profundidades (Ordoñez et al, 1984).

MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE CHIMBOTE

La microzonificación sísmica de Chimbote fue realizada por Morimoto et al (1971), en base a la geología, ensayos de penetración estándar, evaluación de daños durante el sismo de 1970, medición de microtrepidaciones y réplicas, ensayos de refracción sísmica y análisis de amplificación de ondas sísmicas. En la microzonificación sísmica de Chimbote se distinguen cuatro zonas. (Fig. 3).

Zona I. El subsuelo consiste de gravas densas o roca; el nivel freático está a más de 10 metros. Las elevaciones topográficas son mayores de 10 m.s.n.m. Existen pocas posibilidades de asentamiento en edificios o subsidencia del terreno. Se esperan mayores fuerzas sísmicas, debido a la iteracción suelo-estructura.

Zona II. Esta zona está cubierta por arena suelta a medianamente densa con varios metros de potencia. Por debajo existen arenas densas y cementadas. En la mayor parte el nivel freático se encuentra a 5 metros de profundidad. No se esperan asentamientos en edificios de hasta dos pisos, excepto en los bordes exteriores de las dunas. Se recomienda cimentar los edificios mayores de dos pisos, por pilotes en la arena densa. La construcción en las dunas requerirá vibroflotación.

Zona III. El subsuelo consiste de arena cubierta con capa delgada de suelo agrícola. Las gravas se encuentran por debajo de los 10 metros. El nivel freático se encuentra a poca profundidad. La arena fina suelta que se encuentra a distintas profundidades se licuará durante un sismo. Sin embargo, debido a su profundidad, no ocurrirán asentamientos apreciables en los edificios, excepto casos especiales.

Zona IV. Esta zona tiene un nivel freático muy alto, la mayor parte está cubierta por agua o

pantanos. La elevación promedio de la zona es menor de 5 m.s.n.m. El subsuelo consiste de arenas saturadas cubiertas por capas delgadas de limo orgánico. El daño a las edificaciones será principalmente por asentamiento y parcialmente por amplificación. En algunos lugares la arena se licuará hasta la superficie ante la ocurrencia de un sismo severo. Se recomienda cimentar por pilotes hasta la arena densa, o mejorar el terreno con vibroflotación.

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

Con el propósito de estudiar la vulnerabilidad sísmica de Chimbote, Barrón (1984) recopiló sondajes con ensayos de penetración estándar y calicatas realizados por distintas instituciones en la ciudad, principalmente con posterioridad al sismo de 1970, para elaborar el Plan Director de Chimbote y con propósitos de cimentación de nuevas edificaciones.

Adicionalmente a los sondajes recopilados, se programó la ejecución de sondajes en lugares representativos de Chimbote y en áreas donde no se pudo recuperar información geotécnica. Los sondajes de exploración se realizaron en tres campañas de campo, de Agosto de 1989 a Enero de 1990. El programa de exploración consistió de 11 sondajes con ejecución de ensayos de penetración estándar; 9 sondajes con ensayos de penetración con el cono holandés y 9 sondajes con posteadora manual.

Los ensayos de penetración estándar se ejecutaron en perforaciones que emplearon el método de avance por lavado. Se empleó entubado de protección. Los ensayos de penetración se realizaron cada metro; la profundidad de los sondajes varió de 4 a 11 metros. Se recuperaron muestras alteradas para realizar ensayos de laboratorio de clasificación de suelos, y se obtuvo el valor de N con la profundidad.

Los ensayos de cono holandés se realizaron con equipo manual de 2.0 toneladas de capacidad a intervalos de 0.20 metros, obteniéndose un registro continuo de valores de resistencia en la punta, qc, con la profundidad. Las máximas profundidades alcanzadas fueron de 6 metros. También se ejecutaron 9 sondajes con posteadora manual, con el propósito de obtener muestras alteradas, para realizar ensayos de clasificación de laboratorio. Estos sondajes se realizaron en los lugares donde se ejecutó en ensayo de cono holandés.

En la Fig. 4 se presenta la ubicación y el tipo de los sondajes realizados en este estudio. Asimismo, se presenta la ubicación de las perforaciones recopiladas.

Con las muestras alteradas obtenidas de los sondajes de penetración estándar y de posteadora manual, se realizaron ensayos de clasificación de suelos y de contenido de humedad. Se obtuvieron 190 muestras alteradas, con las que se ejecutaron 136 análisis granulométricos, 28 ensayos de límite líquido y 23 ensayos de límite plástico. Adicionalmente se ejecutaron 136 ensayos de contenido de humedad. La mayor parte de las muestras ensayadas son arenas

finas mal graduadas a limosas, por lo que era importante determinar su contenido de finos, ya que es un parámetro necesario en el análisis del potencial de licuación de suelos.

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN

La evaluación del potencial de licuación de los suelos de Chimbote se ha realizado mediante el método simplificado, basado en el comportamiento del suelo en terremotos pasados. Este método consiste en comparar las condiciones de sitios en donde haya o no haya ocurrido licuación de suelos en sismos pasados, con las condiciones del sitio en estudio. Se compara la relación de esfuerzos (esfuerzo cortante promedio actuante/esfuerzo vertical efectivo), con valores corregidos del ensayo de penetración.

En Estados Unidos, Seed et al (1983) y Seed y De Alba (1986) han presentado el método simplificado, en base a ensayos de penetración estándar y el cono holandés. En el Japón, Tokimatsu y Yoshimi (1981, 1983), Iwasaki et al (1978) e Iwasaki (1986) han presentado también el método simplificado en base a la experiencia japonesa. Estas metodologías simplificadas fueron programadas en lenguaje Basic para realizar un análisis sistemático de los datos. La conversión del ensayo de penetración estándar al de cono holandés se realizó según Robertson y Campanella (1983, 1985). La corrección de sobrecarga se realizó de acuerdo a Liao y Whitman (1986).

Los datos requeridos para realizar el análisis simplificado de licuación, empleando cualquiera de las metodologías descritas, involucran el conocimiento de:

Perfil estratigráfico del subsuelo, que incluye el tipo de suelo y la ubicación del nivel freático.

Las características de los estratos del subsuelo, es decir, su densidad, contenido de finos y diámetro promedio de las partículas.

Los valores de N ó q_c con la profundidad y su conversión.

Los parámetros del sismo de diseño, es decir su magnitud (M_s) y la aceleración máxima en la superficie del terreno.

Con algunos de los sondajes recopilados y todos los sondajes realizados en este estudio, se efectuó el análisis simplificado de licuación en Chimbote. En cada sondaje se aplicó el método de Seed e Idriss; Tokimatsu y Yoshimi e Iwasaki y Tatsuoka para sismos con 0.15 y 0.30 g de aceleración máxima y magnitud M_s de 7.5. En la Fig. 5 se presentan las áreas de Chimbote susceptibles a licuación para sismos de 0.15 y 0.30 g de aceleración máxima.

Para el sismo con aceleración máxima de 0.15 g y magnitud de $M_s=7.5$, se producirá licuación en los barrios de Alto Perú, Zona de Reubicación, Miraflores Alto, Miraflores 1ª y 3ª zona y en parte de Florida Baja. Estos lugares se ubican en el depósito aluvial del río Lacramarca. El subsuelo está constituido por una capa delgada superficial (limos y arcillas) que suprayace arenas sueltas que aumentan de compacidad con la profundidad y que tienen estratos delgados de arcillas. El nivel freático es superficial. También se produciría el fenómeno de licuación en los barrios de San Juan, Urb. Trapecio, Barrio Magisterial y parte de Miraflores 2ª zona. Estos lugares se ubican sobre arenas eólicas sueltas en la superficie, que aumentan de densidad en profundidad. El nivel freático se encuentra entre 1.50 y 2.00 metros. Finalmente, un área pequeña de Miramar Bajo y parte del Casco Urbano, también en depósito aluvial, constituida por arenas finas y limosas con alto nivel freático, produciría el fenómeno de licuación con el sismo de diseño.

Si el sismo tiene una magnitud $M_s=7.5$ y una aceleración máxima en la superficie de 0.30 g, el fenómeno de licuación ocurriría además en los barrios de Dos de Mayo, La Victoria, San Isidro, Magdalena, Miraflores Bajo, Florida Alta y Baja, en parte de 21 de Abril, El Acero, La Caleta y en la mayor parte del Casco Urbano, a excepción de una franja en éste, que corresponde geológicamente a una línea de playa antigua. Las áreas pertenecen al depósito aluvial del río Lacramarca y a la zona de pantanos antiguos al noreste de Chimbote. La zona pantanosa al noreste también producirá el fenómeno de licuación, así como parte de la Siderúrgica y el Vivero Forestal en el norte.

La comparación de los resultados obtenidos en este estudio de evaluación del potencial de licuación de suelos en Chimbote, con la documentación del mismo fenómeno ocurrido en la ciudad durante el sismo del 31 de Mayo de 1970, indica que existe concordancia entre las zonas donde se reportó el fenómeno y las áreas susceptibles a licuación propuestas en este estudio. Se puede concluir que la aceleración máxima del sismo de 1970 en Chimbote, fue superior a 0.3 g.

CONCLUSIONES

1. Se ha documentado la ocurrencia del fenómeno de licuación de suelos en la ciudad de Chimbote durante el sismo del 31 de Mayo de 1970.
2. Se ha recopilado un gran número de sondajes realizados en Chimbote, así como se han ejecutado ensayos de penetración estándar y de cono holandés. Este banco de datos es muy importante para el conocimiento del subsuelo en el futuro desarrollo de la ciudad.
3. Las distintas metodologías simplificadas de evaluación del potencial de licuación, aplicadas en Chimbote, producen resultados semejantes. Se requiere el conocimiento del perfil estratigráfico y ensayos de penetración, nivel freático, ensayos de clasificación de laboratorio y el sismo de diseño para ejecutar el análisis.

4. Se ha presentado un mapa de áreas con potencial de licuación de suelos en Chimbote, ante sismos de 0.15 y 0.30 g de aceleración máxima, con magnitud de $M_s=7.5$. Existe una excelente correlación entre la geología y la zona de ocurrencia del fenómeno.
5. La predicción del fenómeno de licuación de suelos en Chimbote con la metodología simplificada ha sido validada con el sismo del 31 de Mayo de 1970.

REFERENCIAS

- Alva Hurtado J.E. (1983), "Breve Historia del Fenómeno de Licuación de Suelos en el Perú", IV Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, Lima, Perú.
- Alva Hurtado J.E. y Orihuela P. (1982), "Estudio de Licuación y Amplificación Sísmica en Chimbote, Perú", IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Chiclayo, Perú.
- Barrón H. (1984), "Vulnerabilidad Sísmica de Chimbote", Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Berg G.V. y Husid R. (1973), "Structural Behavior in the 1970 – Peru Earthquake", 5th World Conference in Earthquake Engineering, Rome, Italy.
- Carrillo Gil A. (1970), "Algunas Apreciaciones del Comportamiento del Suelo en la Zona del Sismo de Ancash", II Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, Lima, Perú.
- Carrillo Gil A. (1972), "Estudio de Suelos para Cimentación y Pavimentación", Plan Director de Desarrollo de Chimbote PNUD, Chimbote, Perú.
- Cluff L.S. (1971), "Peru Earthquake of May 31, 1970; Engineering Geology Observations", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol 61, N°3, pp 511-534.
- Ericksen G.E., Plafker G. y Fernández-Concha J. (1970), "Preliminary Report on the Geological Events Associated with the May 31, 1970 Peru Earthquake", U.S. Geological Survey Circular 639.
- Hermoza M. (1972), "Estudio sobre el Sismo del 31 de Mayo de 1970, Ciudad de Chimbote", Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Iwasaki T., Tatsuoka F., Tokida K. y Yasuda S. (1978), "A Practical Method for Assessing Soil Liquefaction Potential Based on Case Studies at Various Sites in Japan", 5th Japan Symposium on Earthquake Engineering, November.

Iwasaki T. (1986), "Soil Liquefaction Studies in Japan State of the Art", International Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering.

Liao S. y Whitman R.V. (1986), "Overburden Correction Factors for SPT in Sand", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, March, pp 373-377.

Morimoto R., Koizumi Y., Matsuda T., Hakuno M. y Yamaguchi I. (1971), "Seismic Microzoning of Chimbote Area, Peru", Overseas Technical Cooperation Agency, Government of Japan, March.

Ordoñez A., Barrón H. y Alva Hurtado J.E. (1984), "Vulnerabilidad Sísmica de Chimbote y Huaraz", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.

Plafker G., Ericksen G.E. y Fernández-Concha J. (1971), "Geological Aspects of the May 31, 1970, Peru Earthquake", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol 61, N°3, pp 543-578.

Robertson P.K. y Campanella R.G. (1983), "Interpretation of Cone Penetration Test Part I: Sand", Canadian Geotechnical Journal, Vol 20, pp 718-733.

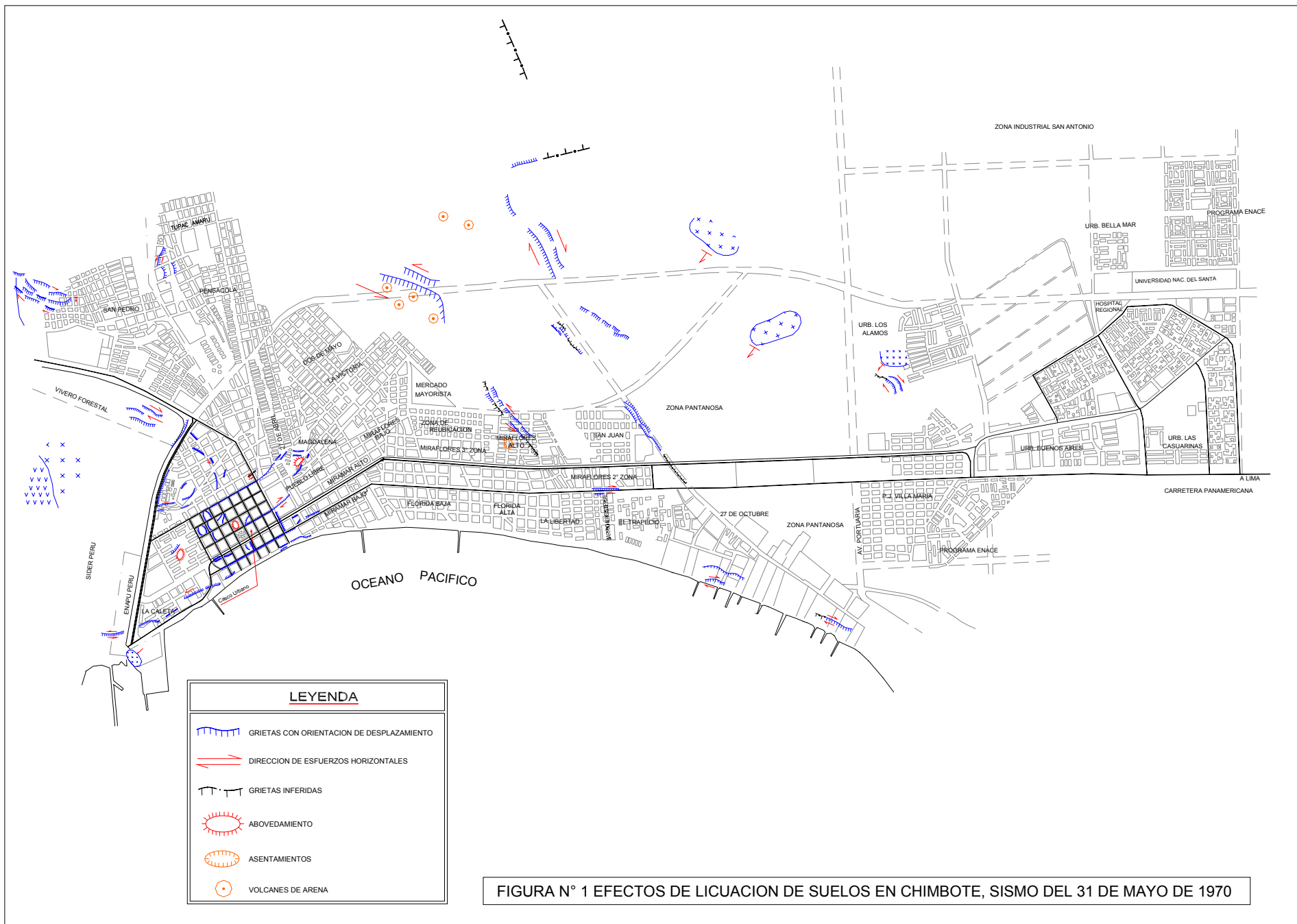
Robertson P.K. y Campanella R.G. (1985), "Liquefaction Potential of Sands using the CPT", Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol 111, N°3, pp 384-403.

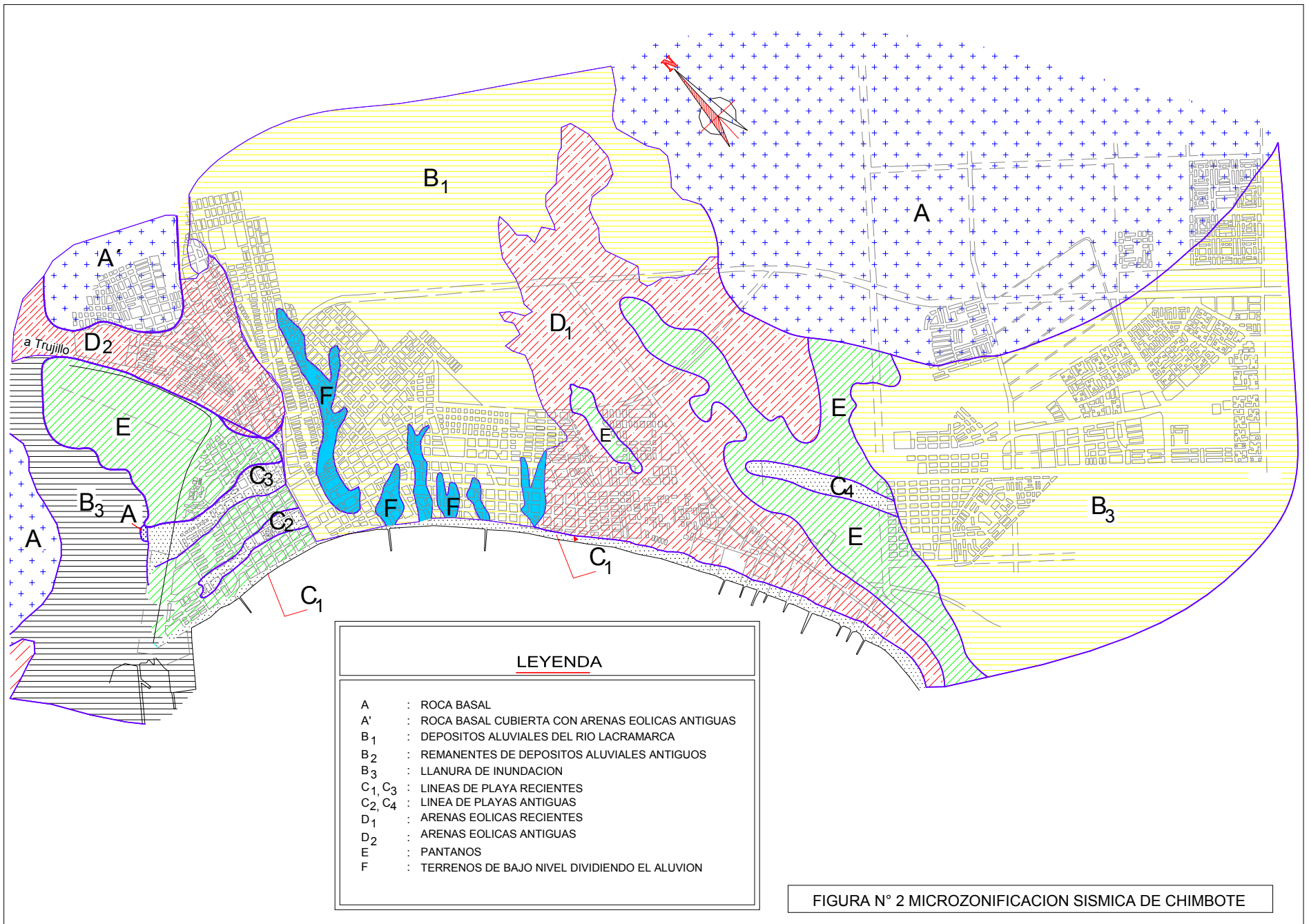
Seed H.B., Idriss I.M. y Arango I. (1983), "Evaluation of Liquefaction Potential Using Field Performance Data", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol 109, N°3, pp 458-481.

Seed H.B. y De Alba P. (1986), "Use of SPT and CPT Test for Evaluating the Liquefaction Resistance of Sands", Use of Insitu Test in Geotechnical Engineering, ASCE, pp 281-302.

Tokimatsu K. y Yoshimi Y. (1981), "Field Correlation of Soil Liquefaction with SPT and Grain Size", International Conference of Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, University of Missouri-Rolla, pp 203-208.

Tokimatsu K. y Yoshimi Y. (1983), "Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on SPT N-value and Fines Content", Soils and Foundation, Vol 23, N°4, pp 56-74.

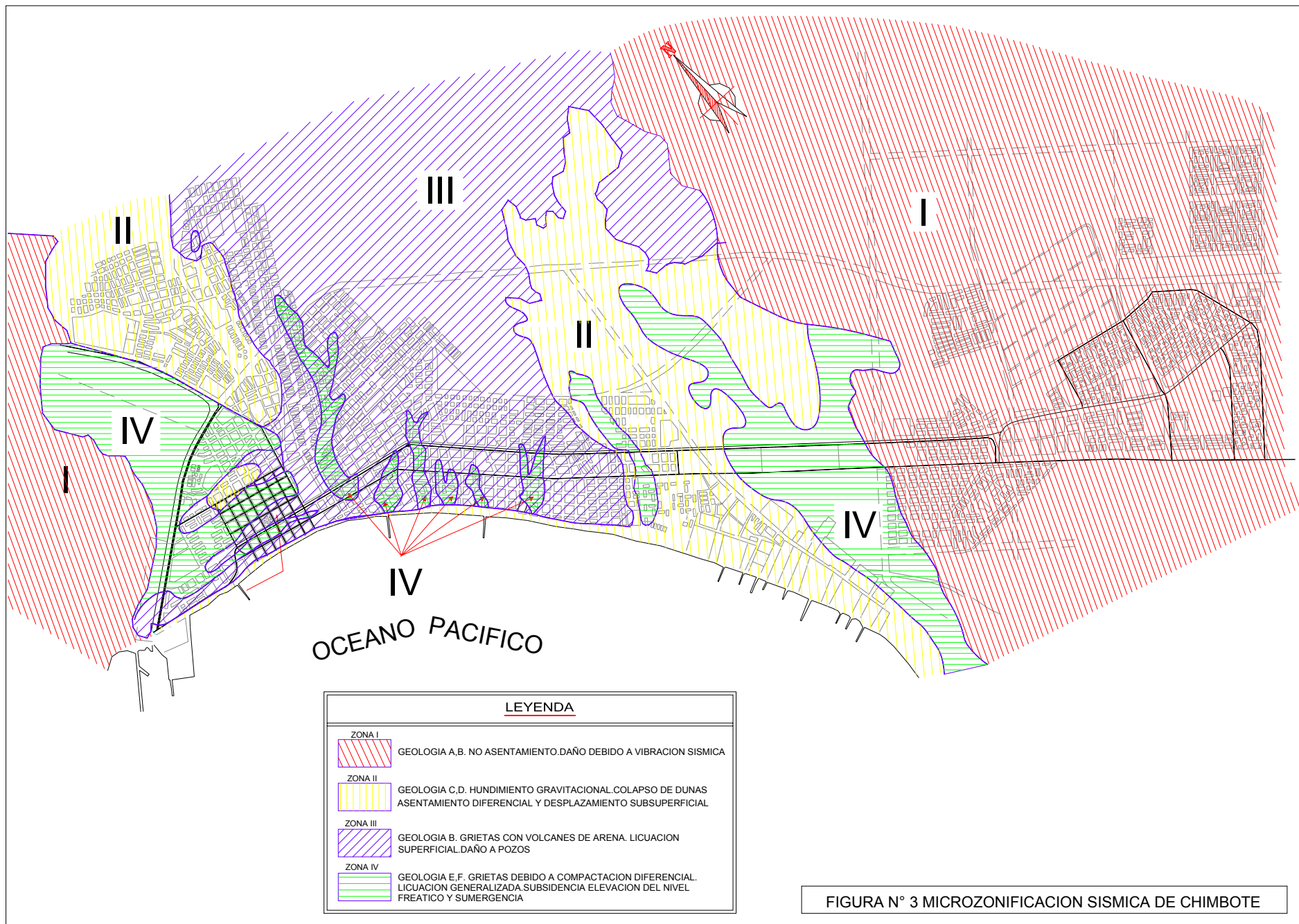


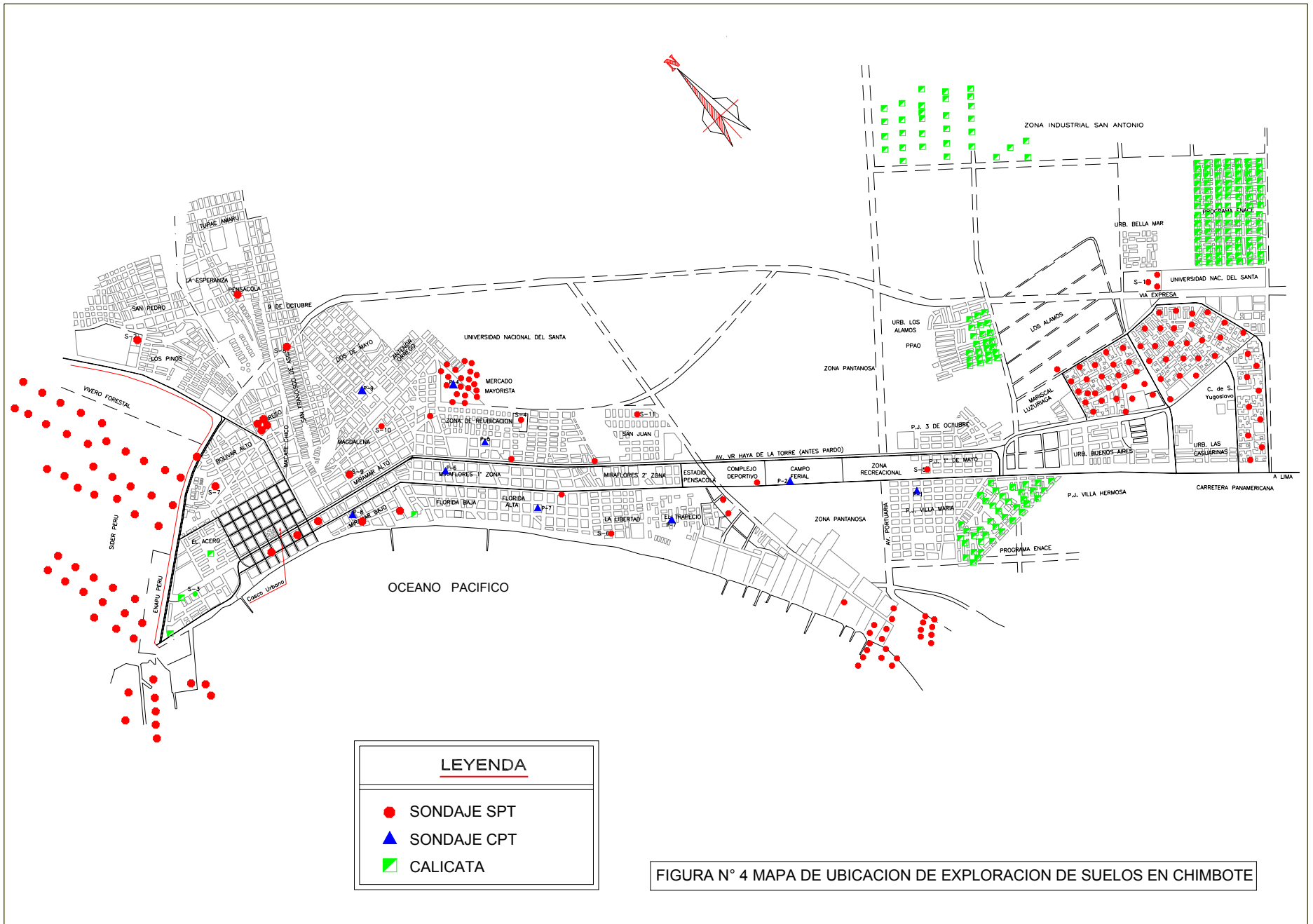


LEYENDA

A	: ROCA BASAL
A'	: ROCA BASAL CUBIERTA CON ARENAS EOLICAS ANTIGUAS
B ₁	: DEPOSITOS ALUVIALES DEL RIO LACRAMARCA
B ₂	: REMANENTES DE DEPOSITOS ALUVIALES ANTIGUOS
B ₃	: LLANURA DE INUNDACION
C ₁ , C ₃	: LINEAS DE PLAYA RECIENTES
C ₂ , C ₄	: LINEA DE PLAYAS ANTIGUAS
D ₁	: ARENAS EOLICAS RECIENTES
D ₂	: ARENAS EOLICAS ANTIGUAS
E	: PANTANOS
F	: TERRENOS DE BAJO NIVEL DIVIDIENDO EL ALUVION

FIGURA N° 2 MICROZONIFICACION SISMICA DE CHIMBOTE





LEYENDA	
●	SONDAJE SPT
▲	SONDAJE CPT
■	CALICATA

FIGURA N° 4 MAPA DE UBICACION DE EXPLORACION DE SUELOS EN CHIMOTE




<u>LEYENDA</u>	
	DAÑO POTENCIAL POR LICUACION EN LA SUPERFICIE DEL TERRENO PARA UNA ACELERACION MAXIMA DE 0.30 g

FIGURA N° 5 MAPA DE POTENCIAL DE LICUACION DE CHIMBOTE