



FACULTAD DE INGENIERÍA

Memoria del proyecto para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

ANÁLISIS DE LOS TSUNAMIS DE CAMPO LEJANO EN CHILE

Jorge Isaac Gómez Mena

Mayo 2015

**UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL OCEÁNICA
VALPARAÍSO**

“ANÁLISIS DE LOS TSUNAMIS DE CAMPO LEJANO EN CHILE”

JORGE ISAAC GÓMEZ MENA

COMISIÓN REVISORA	CALIFICACIONES Nota	Firma
PROFESOR GUÍA SR. PATRICIO MONARDEZ	_____	_____
PROFESOR CO-GUÍA SR. MATÍAS QUEZADA	_____	_____
PROFESOR INTEGRANTE SR. MAURICIO REYES	_____	_____

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL OCEÁNICO
VALPARAÍSO, CHILE
2015

DECLARACIÓN

Este trabajo o alguna de sus partes no ha sido presentado anteriormente en la Universidad de Valparaíso, institución universitaria chilena o extranjera u organismo de carácter estatal, para evaluación, comercialización u otros propósitos. Salvo las referencias citadas en el texto, confirmo que el contenido intelectual de este Proyecto de Título es resultado exclusivamente de mis esfuerzos personales.

La Universidad de Valparaíso reconoce expresamente la propiedad intelectual del autor sobre esta Memoria de Titulación. Sin embargo, en caso de ser sometida a evaluación para los propósitos de obtención del Título de Ingeniero Civil Oceánico, el autor renuncia a los derechos legales sobre la misma y los cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos

Patricio Monárdez Santander
Profesor Guía

Jorge Gómez Mena
Alumno Memorista

CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	HIPÓTESIS	2
3.	OBJETIVOS.....	3
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	3
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
4.	MARCO TEÓRICO.....	4
4.1	GENERALIDADES.....	4
4.2	DEFINICIÓN GENERAL DE LA ONDA DE TSUNAMI	4
4.3	MAGNITUD E INTENSIDAD DE UN TSUNAMI	7
4.3.1	INTENSIDAD DEL TSUNAMI.....	7
4.3.2	MAGNITUD DEL TSUNAMI	8
4.4	TIPOS DE TSUNAMIS.....	9
4.4.1	GENERALIDADES.....	9
4.4.2	TERREMOTOS SUBMARINOS	9
4.4.3	DESLIZAMIENTOS DE TIERRA	14
4.4.4	ERUPCIONES VOLCÁNICAS.....	15
4.4.5	TSUNAMIS DE ORIGEN ATMOSFÉRICO	15
4.5	PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE TSUNAMI	15
4.5.1	GENERALIDADES.....	15
4.5.2	PROPAGACIÓN EN GRANDES PROFUNDIDADES	15
4.5.3	PROPAGACIÓN DEL TSUNAMI HACIA LA COSTA	18
4.5.4	PÉRDIDAS DE ENERGÍA	19
4.5.5	TRANSFORMACIÓN DE LA ONDA DE TSUNAMI	24
4.6	SISMOS TSUNAMIGÉNICOS EN EL MUNDO.....	26
4.6.1	DESCRIPCIÓN DE LOS TERREMOTOS Y TSUNAMIS.....	27
4.6.2	RESUMEN SISMOS	37
4.7	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE TSUNAMI	37
4.8	MODELACIÓN NUMÉRICA DE TSUNAMIS – REVISIÓN DE MODELOS DISPONIBLES.....	41
4.8.1	CAMPO CERCANO	41
4.8.2	CAMPO LEJANO	44
4.8.3	CONCLUSIONES RESPECTO A LOS MODELOS NUMÉRICOS PARA TSUNAMIS	47
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	49
5.1	DESCRIPCIÓN MODELO COULWAVE.....	49
5.2	FUENTES DE INFORMACIÓN	53
5.2.1	TOPOBATIMETRÍA	53
5.3	CONSTRUCCIÓN MODELOS.....	57
5.3.1	TIPO DE MODELO	57
5.3.2	DIMENSIONAMIENTO ESPACIAL Y TEMPORAL	57
5.3.3	CONDICIONES DE BORDE.....	57
5.3.4	FRICCIÓN DE FONDO	58
5.3.5	VISCOSIDAD DE REMOLINO	58
5.4	ANÁLISIS DE REFLEXIÓN Y RADIACIÓN DE LA ONDA DE TSUNAMI	58
5.4.1	ENERGÍA REFLEJADA	58
5.4.2	RADIACIÓN DE LA ONDA DE TSUNAMI	61
5.4.3	ANÁLISIS DE LA DIRECCIÓN DE LA ONDA DE TSUNAMI.....	65
6.	RESULTADOS.....	68

6.1	REFLEXIÓN ESPERADA PARA UN TSUNAMI DE CAMPO LEJANO DEBIDO A LA FOSA CHILE – PERÚ	68
6.1.1	PERFILES BATIMÉTRICOS	68
6.1.2	MODELACIONES	70
6.2	CÁLCULO DE LA DEFORMACIÓN INICIAL DEL FONDO MARINO	76
6.3	COMPARACIÓN ALTURA DE OLA EN CUALQUIER PUNTO USANDO LA ECUACIÓN DE RADIACIÓN PROPUESTA	81
6.3.1	RESULTADOS TSUNAMI SAMOA 2009	81
6.3.2	RESULTADOS TSUNAMI CHILE 2010	83
6.3.3	RESULTADOS TSUNAMI JAPÓN 2011	88
6.4	APLICACIÓN DE LA EVACUACIÓN DE RADIACIÓN EN EL ESTUDIO DE TSUNAMIS DE CAMPO LEJANO	91
6.4.1	COMPARACIÓN RESULTADOS DE CHILE 1960, CHILE 1877 Y CHILE 2010 EN JAPÓN Y HAWAI 91	
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
7.1	EFFECTO DE LA FOSA CHILE - PERÚ SOBRE TSUNAMIS DE CAMPO LEJANO	93
7.2	EFFECTO DE LA TRANSFORMACIÓN Y DISIPACIÓN DE LA ONDA DE TSUNAMI	93
7.2.1	EFFECTO DE LA DISIPACIÓN	93
7.2.2	EFFECTO DE LA RADIACIÓN	94
7.3	EFFECTO DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA DE LA ONDA DE TSUNAMI EN LA FOSA	94
7.4	TSUNAMIS TRANSOCEÁNICOS OCURRIDOS	94
7.5	RECOMENDACIONES	95
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
9.	ANEXOS	102
9.1	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO COULWAVE	102
9.1.1	SENSIBILIDAD DIMENSIONAMIENTO ESPACIAL	102
9.1.2	SENSIBILIDAD FRICCIÓN DE FONDO	105
9.1.3	SENSIBILIDAD VISCOSIDAD DE REMOLINO	106
9.1.4	SENSIBILIDAD SITUACIÓN CON Y SIN FOSA	107
9.2	ANÁLISIS DE TSUNAMIS DE CAMPO LEJANO SOBRE LAS COSTAS CHILENAS	109
9.2.1	TSUNAMI 1946, ALEUTIANAS	109
9.2.2	TSUNAMI 1952, KAMCHATKA	109
9.2.3	TSUNAMI 1964, ALASKA	110
9.2.4	TSUNAMI 2011, JAPÓN	110
9.2.5	RESUMEN TSUNAMIS CAMPO LEJANO	111
9.3	ESCALAS DE INTENSIDADES DE UN TSUNAMI	119
9.3.1	ESCALAS DE SIEBERG–AMBRASEYS	119
9.3.2	ESCALA DE INTENSIDAD DE PAPADOPOULOS – IMAMURA	119
9.4	CARACTERIZACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD KS	122
9.4.1	RUGOSIDAD DEBIDO AL TAMAÑO DEL GRANO	122
9.4.2	RUGOSIDAD DEBIDO A LA FORMA DE FONDO	123
9.5	RESULTADOS MODELACIONES	125
9.6	HEMEROTECA	134

LISTA DE TABLAS

TABLA 4-1: MAGNITUD E INTENSIDAD TSUNAMIS HISTÓRICOS	11
TABLA 4-2: PARÁMETROS DE ENTRADA DEL MÉTODO DE OKADA (1985)	12
TABLA 4-3: PARÁMETROS FALLA SISMO 1877, CHILE	28
TABLA 4-4: PARÁMETROS DEL TERREMOTO DE 1946, ALEUTIANAS	29
TABLA 4-5: PARÁMETROS DEL TERREMOTO DE 1952, KAMCHATKA	31
TABLA 4-6: PARÁMETROS DEL TERREMOTO DE 1960, CHILE	32
TABLA 4-7: PARÁMETROS FALLA SISMO 1964, ALASKA	33
TABLA 4-8: PARÁMETROS FALLA SISMO 2009, SAMOA	34
TABLA 4-9: PARÁMETROS FALLA SISMO 2010, CHILE	35
TABLA 4-10: PARÁMETROS DEL TERREMOTO DE 2011, JAPÓN	36
TABLA 4-11: RESUMEN SISMOS A ESTUDIAR	37
TABLA 4-12: CRITERIO DE UMBRAL SÍSMICO DE ALERTA DE TSUNAMI	40
TABLA 4-13: COMPARACIÓN MODELOS PARA TSUNAMIS	48
TABLA 5-1: BOYAS DART A UTILIZAR EN ANÁLISIS	56
TABLA 5-2: ÁNGULOS CRÍTICOS PERFILES NORTE, CENTRO Y SUR	66
TABLA 6-1: PARÁMETRO MODELACIONES FOSA CHILE - PERÚ	71
TABLA 6-2: RESULTADOS COEFICIENTES DE REFLEXIÓN	71
TABLA 6-3: COMPARACIÓN DIMENSIONES FOSA NORTE Y CENTRO	72
TABLA 6-4: PARÁMETROS MODELO DE OKADA (1985)	76
TABLA 6-5: PARÁMETROS DE ENTRADA DEL MÉTODO DE OKADA (1985)	76
TABLA 6-6: DESPLAZAMIENTO VERTICAL DEL FONDO MARINO	80
TABLA 6-7: CÁLCULO ALTURA DE OLA EN BOYAS DART, SAMOA 2009	81
TABLA 6-8: CÁLCULO ALTURA DE OLA EN BOYAS DART, CHILE 2010	83
TABLA 6-9: ALTURA DE OLA JUAN FERNÁNDEZ, CHILE 2010	88
TABLA 6-10: CÁLCULO ALTURA DE OLA EN BOYAS DART, JAPÓN 2011	89
TABLA 6-11: ALTURA DE OLA ESPERADA SEGÚN FÓRMULA PROPUESTA, EVENTOS CHILE 1960 Y 2010	91
TABLA 9-1: PARÁMETROS MODELOS, SENSIBILIDAD GRILLA	103
TABLA 9-2: COMPARACIÓN AMPLITUD Y TIEMPO DE ARRIBO PARA LAS DISTINTAS GRILLA	103
TABLA 9-3: VALORES DE Ks ASOCIADO AL TAMAÑO DEL GRANO	105
TABLA 9-4: VALORES DE EDDY VISCOSITY	106
TABLA 9-5: PARÁMETROS MODELOS CON Y SIN FOSA	107
TABLA 9-6: COEFICIENTES DE REFLEXIÓN PERFILES FOSA	108
TABLA 9-7: ALTURAS DE TSUNAMI DE CAMPO LEJANO MAYORES A DOS METROS	111
TABLA 9-8: IMPACTO TSUNAMIS DE CAMPO LEJANO EN CHILE	114
TABLA 9-9: INTENSIDAD DE PAPADOPOULOS – IMAMURA PARA LOS TSUNAMIS DE CAMPO LEJANO	118

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4-1: ESQUEMA DE UNA SECCIÓN DE UN TSUNAMI EN LA COSTA.....	6
FIGURA 4-2: FALLA ZONA DE SUBDUCCIÓN	10
FIGURA 4-3: RELACIÓN ENTRE LA INTENSIDAD DEL TSUNAMI Y M_w PARA EL OCEANO PACÍFICO	11
FIGURA 4-4: REPRESENTACIÓN DEL PLANO DE FALLA Y SUS PARÁMETROS.....	13
FIGURA 4-5: GEOMETRÍA DEL MODELO DE OKADA (1985).....	14
FIGURA 4-6: EJEMPLO DE UN REGISTRO DE TSUNAMI	16
FIGURA 4-7: DIAGRAMA ESPECTRAL DEL TSUNAMI	17
FIGURA 4-8: PROPAGACIÓN DE LA ONDA, LEY DE GREEN	19
FIGURA 4-9: PÉRDIDA DE ENERGÍA POR VISCOSIDAD	22
FIGURA 4-10: PÉRDIDA DE ENERGÍA POR FRICCIÓN DE FONDO	23
FIGURA 4-11: SECCIÓN FOSA DE ATACAMA	26
FIGURA 4-12: FOSA DE ATACAMA	26
FIGURA 4-13: UBICACIÓN EPICENTRO SISMO 1877, CHILE.....	28
FIGURA 4-14: UBICACIÓN EPICENTRO SISMO 1946, ALEUTIANAS	29
FIGURA 4-15: COMPARACIÓN DE LO OBSERVADO VERSUS MODELOS, ALEUTIANAS 1946.....	30
FIGURA 4-16: UBICACIÓN EPICENTRO SISMO 1952, KAMCHATKA.....	31
FIGURA 4-17: UBICACIÓN EPICENTRO SISMO 1960, CHILE.....	32
FIGURA 4-18: UBICACIÓN EPICENTRO SISMO 1964, ALASKA.....	33
FIGURA 4-19: UBICACIÓN EPICENTRO SISMO 2009, SAMOA.....	34
FIGURA 4-20: UBICACIÓN EPICENTRO SISMO 2010, CHILE.....	35
FIGURA 4-21: UBICACIÓN EPICENTRO SISMO 2011, JAPÓN.....	36
FIGURA 4-22: ÁREAS DE RESPONSABILIDAD DEL SISTEMA DE ALERTA DE TSUNAMI	38
FIGURA 4-23: DIAGRAMA DE FLUJO, SISTEMA DE ALERTA DE TSUNAMI.....	39
FIGURA 4-24: PROCEDIMIENTO BÁSICO DE ALERTA DE TSUNAMI, JAPÓN.....	41
FIGURA 4-25: MODELACIÓN TSUNAMI CHILE 2010 USANDO MODELO TUNAMI	42
FIGURA 4-26: MODELACIÓN TSUNAMI CHILE 2010, MOST	45
FIGURA 4-27: MODELACIÓN TSUNAMI JAPÓN 2011, MOST	45
FIGURA 4-28: MODELO TSUNAMI ALASKA 1964, COMCOT.....	47
FIGURA 5-1: IMAGEN TOPOBATIMÉTRICA, SUDAMÉRICA	53
FIGURA 5-2: UBICACIÓN BOYAS DART	54
FIGURA 5-3: SISTEMA DE OPERACIÓN BOYAS DART	55
FIGURA 5-4: DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ENERGÍA CINÉTICA	59
FIGURA 5-5: DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ENERGÍA POTENCIAL	60
FIGURA 5-6: PERFIL CAÑÓN SCRIPPS.....	65
FIGURA 5-7: COEFICIENTE DE REFLEXIÓN PARA CAÑÓN SCRIPPS (INCIDENCIA NORMAL).....	65
FIGURA 5-8: REPRESENTACIÓN GRÁFICA ÁNGULO CRÍTICOS, ZONAS NORTE, CENTRO Y SUR	67
FIGURA 6-1: UBICACIONES PERFILES BATIMÉTRICOS FOSA CHILE-PERÚ	69
FIGURA 6-2: PERFIL BATIMETRÍA FOSA CHILE-PERÚ, ZONA NORTE	69
FIGURA 6-3: PERFIL BATIMETRÍA FOSA CHILE-PERÚ, ZONA CENTRO	70
FIGURA 6-4: PERFIL BATIMETRÍA FOSA CHILE-PERÚ, ZONA SUR	70
FIGURA 6-5: RESULTADOS COEFICIENTE DE REFLEXIÓN.....	71
FIGURA 6-6: ZOOM PERFIL FOSA, ZONA NORTE Y CENTRO	72
FIGURA 6-7: MODELO T_60 [MIN], ZONA NORTE.....	73
FIGURA 6-8: UBICACIONES PERFILES BATIMÉTRICOS FOSA JAPÓN	74
FIGURA 6-9: COMPARACIÓN PERFIL ZONA NORTE JAPÓN - CHILE	74
FIGURA 6-10: COMPARACIÓN PERFIL ZONA CENTRO JAPÓN - CHILE	75
FIGURA 6-11: COMPARACIÓN PERFIL SUR JAPÓN - CHILE	75
FIGURA 6-12: REPRESENTACIÓN DEL PLANO DE FALLA Y SUS PARÁMETROS.....	77
FIGURA 6-13: DEFORMACIÓN INICIAL DEL FONDO MARINO, CHILE 1877	77
FIGURA 6-14: DEFORMACIÓN INICIAL DEL FONDO MARINO, ALEUTIANAS (A) 1946	78
FIGURA 6-15: DEFORMACIÓN INICIAL DEL FONDO MARINO, ALEUTIANAS (B) 1946	78

FIGURA 6-16: DEFORMACIÓN INICIAL DEL FONDO MARINO, KAMCHATKA 1952	78
FIGURA 6-17: DEFORMACIÓN INICIAL DEL FONDO MARINO, ALASKA 1964	79
FIGURA 6-18: DEFORMACIÓN INICIAL DEL FONDO MARINO, SAMOA 2009	79
FIGURA 6-19: DEFORMACIÓN INICIAL DEL FONDO MARINO, CHILE 2010	79
FIGURA 6-20: DEFORMACIÓN INICIAL DEL FONDO MARINO, JAPÓN 2011	80
FIGURA 6-21: COMPARACIONES ENTRE LAS ESTACIONES DART Y ECUACIÓN (83), SAMOA 2009	82
FIGURA 6-22: COMPARACIÓN ALTURA CALCULADA VERSUS ALTURA MEDIDA, SAMOA 2009.....	82
FIGURA 6-23: COMPARACIONES ENTRE LAS ESTACIONES DART, MOST Y ECUACIÓN (83)	84
FIGURA 6-24: COMPARACIÓN ALTURA CALCULADA VERSUS ALTURA MEDIDA, CHILE 2010.....	85
FIGURA 6-25: MODELACIÓN MOST Y BATIMETRÍA SECTOR BOYAS DART 52401 Y 52402.....	86
FIGURA 6-26: COMPARACIÓN ALTURA CALCULADA VERSUS ALTURA MEDIDA PARA LAS BOYAS DART 51406 Y 21418, CHILE 2010	86
FIGURA 6-27: MODELO GLOBAL MOST, CHILE 2010.....	88
FIGURA 6-28: COMPARACIONES ENTRE LAS ESTACIONES DART, Y ECUACIÓN DE RADIACIÓN	89
FIGURA 6-29: COMPARACIÓN ALTURA CALCULADA VERSUS ALTURA MEDIDA, JAPÓN 2011.....	90
FIGURA 9-1: PERFIL BATIMÉTRICO FOSA CHILE-PERÚ	102
FIGURA 9-2: RESULTADOS ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ESPACIAMIENTO GRILLA	104
FIGURA 9-3: ZOOM ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ESPACIAMIENTO GRILLA.....	104
FIGURA 9-4: DESNIVELACIÓN ONDA PARA DISTINTOS VALORES DE Ks	105
FIGURA 9-5: DESNIVELACIÓN ONDA PARA DISTINTOS VALORES DE EDDY.....	106
FIGURA 9-6: PERFILES BATIMÉTRICOS PARA SENSIBILIDAD DE LA FOSA CHILE - PERÚ	107
FIGURA 9-7: COMPARACIÓN DESNIVELACIÓN DE LA ONDA PARA LOS CASOS CON Y SIN FOSA	108
FIGURA 9-8: UBICACIÓN LOCALIDADES AFECTADAS POR LOS TSUNAMIS.....	111
FIGURA 9-9: UBICACIÓN LOCALIDADES AFECTADAS POR LOS TSUNAMIS, ARICA	112
FIGURA 9-10: UBICACIÓN LOCALIDADES AFECTADAS POR LOS TSUNAMIS, ANTOFAGASTA	112
FIGURA 9-11: UBICACIÓN LOCALIDADES AFECTADAS POR LOS TSUNAMIS, VALPARAÍSO	113
FIGURA 9-12: UBICACIÓN LOCALIDADES AFECTADAS POR LOS TSUNAMIS, TALCAHUANO.....	113
FIGURA 9-13: IMAGEN DE RIPPLE BIEN FORMADO	124
FIGURA 9-14: MODELO T_5 [MIN], ZONA NORTE.....	125
FIGURA 9-15: MODELO T_20 [MIN], ZONA NORTE.....	126
FIGURA 9-16: MODELO T_60 [MIN], ZONA NORTE.....	127
FIGURA 9-17: MODELO T_5 [MIN], ZONA CENTRO.....	128
FIGURA 9-18: MODELO T_20 [MIN], ZONA CENTRO.....	129
FIGURA 9-19: MODELO T_60 [MIN], ZONA CENTRO.....	130
FIGURA 9-20: MODELO T_5 [MIN], ZONA SUR	131
FIGURA 9-21: MODELO T_20 [MIN], ZONA SUR.....	132
FIGURA 9-22: MODELO T_60 [MIN], ZONA SUR.....	133

RESUMEN

La revisión bibliográfica de los efectos de tsunamis de campo lejano muestran efectos dispares en Chile comparados con Japón y Hawai. Terremotos originados en Chile han causado daños mayores en dichos lugares; mientras que por el contrario, en nuestras costas no se han producido efectos del mismo orden de magnitud producto de eventos de campo lejano. Existen algunos tsunamis que han provocado daños relativamente menores, mientras que otros pasaron prácticamente inadvertidos. De estos últimos podemos destacar el terremoto producido en Japón el año 1896 con una magnitud M_w : 8.5, cuyos efectos en Chile fueron mínimos. Mayor fue el efecto de los tsunamis de Aleutianas 1946, Kamchatka 1952 y Alaska 1964 sobre las costas chilenas pero en general no registraron víctimas fatales y no generaron grandes daños.

Para entender ello, en este trabajo se analizan cuatro hipótesis, las que son expuestas en lo que sigue:

- La configuración geográfica de la Fosa Chile - Perú actuaría como una fuente disipadora de energía, la cual reflejaría parte de la onda de tsunami. Esta hipótesis será analizada desde el punto de vista numérico, usando para ello el modelo COULWAVE.
- El efecto de pérdidas de la energía de la onda ya sea por fricción de fondo o viscosidad, serían causantes de su bajo impacto en las costas chilenas. Estos fenómenos serán estudiados de manera empírica.
- El concepto de intensidad, que se define como la potencia dividida por el área ($I = P/A$), indica que a medida que al área aumenta, la intensidad decrece (esto para una potencia determinada). Luego, dicho concepto es usado para describir la radiación de la onda, que conduce a una distribución de la energía a medida que la onda se propaga en el Océano, lo que produciría una disminución en la altura de ola considerable como para afectar nuestras costas. Para evaluar tal efecto se propone una ecuación basada en este fenómeno, la que será validada con los tsunamis de Samoa 2009, Chile 2010 y Japón 2011.
- De acuerdo al mismo concepto anterior, el efecto sobre las costas es dependiente de la cantidad de energía liberada, la que a su vez está relacionada con la zona de fractura y la deformación inicial del fondo marino. Para analizar este último punto se realizan los cálculos de la deformación inicial del suelo marino a partir de la formulación de Okada (1985) para los eventos: Chile 1877, Aleutianas 1946, Kamchatka 1952, Chile 1960, Alaska 1964, Samoa 2009, Chile 2010 y Japón 2011. Cabe destacar que estos cálculos sirven además como input para la ecuación de radiación mencionada en el punto anterior.

De las hipótesis antes planteadas, se concluye que el efecto de radiación es la principal causante del menor impacto de las ondas de tsunami en el campo lejano.