



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y
Recursos Naturales**

“Determinación del Ruido Radiado en los Espacios de Habitabilidad de una Lancha
de Servicio Hidrográfico utilizando el Método SEA – Statistical Energy Analysis”

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO NAVAL

Presentada por:

Luis Enrique Lavayen Cardoso

GUAYAQUIL – ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

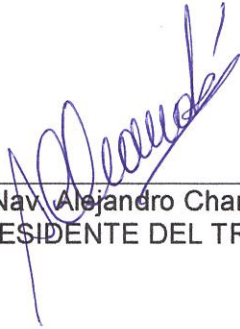
A Dios, que en su bondad y paciencia me permitió alcanzar este capricho.

Al Sr. Ing. Nav. Jorge Faytong Durango y su confianza depositada en el autor de este trabajo.

DEDICATORIA

A mi Mamá y Papá, por el lujo de
tenerlos como padres.

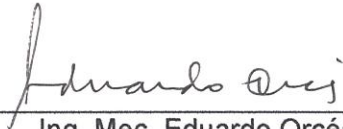
TRIBUNAL DE GRADUACION



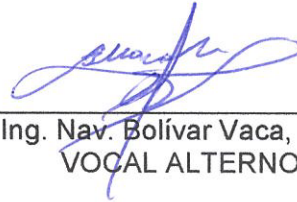
Ing. Nav. Alejandro Chanabá, Msc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Nav. Jorge Faytong, Msc, MBA.
DIRECTOR DEL TRABAJO



Ing. Mec. Eduardo Orcés, Msc.
VOCAL PRINCIPAL



Ing. Nav. Bolívar Vaca, Msc.
VOCAL ALTERNO

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Graduación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Luis Enrique Lavayen Cardoso

RESUMEN

El presente trabajo consiste en desarrollar una metodología para la determinación de los valores de ruido radiado en los espacios de habitabilidad de una embarcación -producto de sus fuentes de excitación- mediante el empleo del Método SEA (Statistical Energy Analysis).

Para tal efecto, primero se realiza una introducción del desarrollo de la teoría de ruido en buques, las fuentes de excitación más importantes, formas de transmisión y recepción en los compartimentos, las formas de atenuación y finalmente, la normativa o criterios internacionales pertinentes.

Se introducen la definiciones que sustentan al Método SEA (Statistical Energy Analysis) describiendo brevemente su origen y aplicaciones; se exponen las formulaciones aplicables para cada parámetro y su relación con los subsistemas (o divisiones) de la embarcación modelo.

Mediante las características generales de la embarcación se desarrolla un modelo topológico -físico- el que presenta cada subsistema componente y la ubicación de las fuentes de excitación. Los subsistemas se encuentran acoplados entre si según su distribución en el casco; teniendo presente esto,

se evalúan los subsistemas de la embarcación y los parámetros SEA con un algoritmo desarrollado en lenguaje Fortran y los resultados finales de la predicción son entregados en decibelios bajo ponderación A cuya percepción sonora es relativa al oído humano.

Cada resultado de la evaluación es posteriormente cotejado con la Resolución MSC.337(91), 30-NOV-2012 –Código de Ruidos IMO- que es el criterio internacional vigente para el control de ruidos, se comprueba los niveles de tolerancia al ruido radiado entre espacios habitables concluyéndose consecuentemente.

INDICE GENERAL

RESUMEN	vi
INDICE GENERAL	viii
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE TABLAS.....	xii
SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	xiv
INTRODUCCION	xvii
CAPITULO I.....	19
EL RUIDO A BORDO DE LOS BUQUES	
1.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	19
1.2 EL CONTROL DEL RUIDO	23
1.3 CRITERIO INTERNACIONAL RESPECTO AL RUIDO	27
1.4 METODOS DE PREDICCION DEL RUIDO	37
1.4.1 MÉTODOS DE PREDICCIÓN EN BASE A MEDICIONES REFERENCIALES Y CÁLCULOS EMPÍRICOS.....	38
1.4.2 MÉTODOS DE PREDICCIÓN POR ELEMENTOS FINITOS.....	43
1.4.3 MÉTODOS DE PREDICCIÓN POR STATISTICAL ENERGY ANALYSIS.	44
CAPITULO II	47
EL METODO SEA -STATISTICAL ENERGY ANALYSIS-	
2.1 INTRODUCCION AL METODO SEA.....	47
2.2 PROCEDIMIENTOS GENERALES.....	49
2.3 LA ECUACION DE BALANCE DE ENERGIA	51
2.4 PARAMETROS DEL METODO SEA.....	57
2.4.1 DENSIDAD MODAL.....	58
2.4.2 FACTOR DE PERDIDA POR AMORTIGUAMIENTO	60
2.4.3 FACTOR DE PERDIDA POR ACOPLAMIENTO	66
2.4.4 POTENCIA DE EXCITACIÓN INICIAL DEL SUBSISTEMA	70

CAPITULO III	80
APLICACIÓN PRACTICA DEL METODO SEA EN EMBARCACION MODELO	
3.1 DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LANCHAS HIDROGRAFICA “SIRIUS”	80
3.2 CREACION DEL MODELO TOPOLOGICO DE LA EMBARCACION	83
3.3 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DEL METODO SEA EN LANCHA HIDROGRAFICA “SIRIUS”	89
3.3.1 HELICE PROPULSORA	90
3.3.2 MAQUINARIA PRINCIPAL	96
3.3.3 MAQUINARIA AUXILIAR	99
3.3.4 COMPRESORES DE REFRIGERACION A/A	102
3.3.5 UNIDAD DE VENTILACION HVAC	103
3.4 CALCULO DE RESPUESTAS EN LA EMBARCACION MODELO ..	106
3.4.1 CANTIDAD TOTAL DE SUBSISTEMAS Y DE FRECUENCIAS EN OCTAVA DE BANDA	107
3.4.2 NUMERO DE SUBSISTEMA, IDENTIDAD Y FUENTE DE EXCITACION	107
3.4.3 PROPIEDADES FISICAS DE CADA SUBSISTEMA	108
3.4.4 IDENTIFICACION DE SUBSISTEMAS ACOPLADOS Y SUS PROPIEDADES	108
CAPITULO IV	116
ANALISIS DE RESULTADOS CON CRITERIOS INTERNACIONALES	
CAPITULO V	124
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 CONCLUSIONES	124
5.2 RECOMENDACIONES	128
BIBLIOGRAFIA	129
ANEXOS	135
ANEXO A	136
SISTEMA MATRICIAL DE ECUACIONES DE DOS SUBSISTEMAS ACOPLADOS UTILIZANDO RELACION DE RECIPROCIDAD	

ANEXO B	139
SISTEMA DE ECUACIONES DE LOS SUBSISTEMAS EN EL METODO SEA. DEFINICION DE ACOPLAMIENTOS	
ANEXO C	161
ARCHIVO FUENTE PARA LA PREDICCIÓN DE RUIDOS MEDIANTE USO DEL METODO SEA.	
ANEXO D	169
ARCHIVO DE DATOS DE LOS 185 SUBSISTEMAS	
ANEXO E	193
ARCHIVO DE RESULTADOS	

INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1	Tipos de Ruido en una embarcación marina.....	22
Figura No. 2	Relación Horas de Exposición vs Niveles de Ruido	33
Figura No. 3	Diagrama de Flujo para predicción de ruidos propuesto por Plunt.	40
Figura No. 4	Diagrama de Flujo para predicción de ruidos propuesto por SNAME	42
Figura No. 5	Esquema del Análisis con Método SEA	46
Figura No. 6	Forma típica del modelo SEA.....	50
Figura No. 7	Modelo SEA de tres subsistemas.....	53
Figura No. 8	Coefficiente de Absorción Atmosférica total	65
Figura No. 9	Lancha Hidrográfica “Sirius”.....	81
Figura No. 10	Líneas de Forma L.H. “Sirius”	83
Figura No. 11	Distribución General L.H. “Sirius”	84
Figura No. 12	Modelo topológico L.H. “Sirius”	84
Figura No. 13	Subsistema “Servomotor”	85
Figura No. 14	Subsistema “Sala de Máquinas”	86
Figura No. 15	Subsistema “Alojamientos de la Cubierta 100”	86
Figura No. 16	Subsistema “Espacios de Cubierta Principal”	87
Figura No. 17	Subsistema “Superestructura”	87
Figura No. 18	Detalle del acoplamiento de subsistemas en Sala de Máquinas y Alojamientos de Cubierta 100.....	88
Figura No. 19	Frecuencia de Corte al borde de la pala	91
Figura No. 20	Frecuencia de Corte de superficie de la pala	92
Figura No. 21	Ruido de la Hélice a 3[pies] del borde de las aspas	93
Figura No. 22	Función de transferencia según espesor del acero	95
Figura No. 23	Archivo de datos de subsistemas.....	106
Figura No. 24	Archivo de datos de subsistemas y acoples	109
Figura No. 25	Compartimentos de Cubierta 100 y Fondos.....	111
Figura No. 26	Compartimentos de Cubierta Habitabilidad.....	112
Figura No. 27	Compartimentos de Cubierta Principal Proa	114
Figura No. 28	Compartimentos de Puente de Gobierno.....	115
Figura No. 29	Mediciones realizadas por ASTINAVE-EP	119
Figura No. 30	Niveles de ruido en compartimentos Cubierta 100	122

INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1	Marco Regulatorio de la Acústica del Buque.	29
Tabla No. 2	Niveles del Código de Ruido OMI 2012.	31
Tabla No. 3	Comparación de Niveles de Ruido bajo Criterios OMI 2012 – ABS/HAB	35
Tabla No. 4	Factores de Pérdida Estructural, η_s	62
Tabla No. 5	Coefficientes de Absorción promedio, α , según material.....	66
Tabla No. 6	Ajuste por transmisión de vibración.....	77
Tabla No. 7	Niveles de Presión Sonora Compresores	77
Tabla No. 8	Nivel de Potencia Sonora base.	79
Tabla No. 9	Características Principales L.H. “Sirius”.	81
Tabla No. 10	Características de Maquinaria Principal y Auxiliar L.H. “Sirius”.	82
Tabla No. 11	Ruido de la Hélice observado a 3[pies] del borde de aspas ..	94
Tabla No. 12	Coefficientes de Función de Transferencia	95
Tabla No. 13	Potencia de Excitación debido a Hélices	96
Tabla No. 14	Potencia de Excitación descarga de gases CAT-C18.....	97
Tabla No. 15	Potencia de Excitación radiación en carcasa CAT-C18.....	97
Tabla No. 16	Potencia de Excitación radiada al aire por motor CAT-C18... 98	
Tabla No. 17	Potencia de Excitación radiada a estructura por CAT-C18.... 99	
Tabla No. 18	Potencia de Excitación descarga de gases CAT-C4.4.....	100
Tabla No. 19	Potencia de excitación radiación en carcasa CAT-C4.4	100
Tabla No. 20	Potencia de Excitación radiada al aire por motor CAT-C4.4	101
Tabla No. 21	Potencia de Excitación radiada a estructura por CAT-C4.4.	102
Tabla No. 22	Niveles de Presión Sonora 03 Chillers 48k [BTU/h].....	103
Tabla No. 23	Nivel de Potencia Sonora tipos Airfoil.	104
Tabla No. 24	Nivel de Potencia Sonora de Ventilador 17”	105
Tabla No. 25	Efectos Potencia Sonora de Ventiladores en compartimentajes	105
Tabla No. 26	Niveles de Presión Sonora Cubierta 100 y Fondos en [dB].	111
Tabla No. 27	Niveles de Presión Sonora Cubierta de Habitabilidad en [dB]	112
Tabla No. 28	Niveles de Presión Sonora Cubierta Principal proa en [dB].	113
Tabla No. 29	Niveles de Presión Sonora Puente de Gobierno en [dB]	114
Tabla No. 30	Transformación de resultados a valores dB(A)	117

Tabla No. 31	Resultados del Método de Predicción en dB(A).....	118
Tabla No. 32	Niveles de Ruido medidos en LH “Sirius”	120
Tabla No. 33	Comparación Medición-Predicción-Criterio	121

SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

SEA	Statistical Energy Analysis
Hz	herzt
dB(A)	decibel bajo ponderación A
W	watt
m	metro
SNAME	Society of Naval Architects and Marine Engineers
OMI	Organización Marítima Internacional
ABS	American Bureau of Shipping
HAB	Code of Habitability
HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning
MEF	Método de Elementos Finitos
DFL	Damping Loss Factor
BEM	Boundary Element Method
Π_{in}	Energía de excitación por unidad de tiempo
Π_{dis}	Energía disipada
E	Energía almacenada
N	Número de modos resonantes
ω	Frecuencia angular
$\Delta\omega$	Ancho de Banda
$n_i(f)$	Densidad Modal del subsistema i respecto a frecuencia f

η_i	Factor de Pérdida por Fricción en el subsistema i
η_{ij}	Factor de Acoplamiento entre subsistema i y subsistema j
L_p	Nivel de presión sonora
V_i	Volumen de subsistema i
log	Logaritmo en base 10
c	Velocidad del sonido en el aire
kg	kilogramo
in	Pulgadas
A	Área
b	Ancho de una barra
h	Alto de una barra
L	Longitud
f	Frecuencia
ρ_s	Densidad del Acero
s	Área Seccional
E_s	Módulo de Young del Acero
B	Módulo de Rigidez a la Flexión
I_B	Momento de Inercia del área transversal de una barra
ν	Relación de Poisson.
l	Longitud total de las aristas del elemento
ρ_o	Densidad del fluido circundante
σ	Razón de radiación del elemento estructural

ρ_A	Masa por unidad de área del elemento estructural
M	Masa del elemento estructural
D	Modulo de Rigidez de Flexión
α_i	Coefficiente de Absorción atmosférica total en tonos puros
$\bar{\alpha}$	Coefficiente de Absorción promedio
C_{Bi}	Velocidad de la onda flexionante del subsistema i
m	Densidad superficial
τ_{ij}	Factor de Eficiencia de transmisión
R	Factor de Pérdida por transmisión
φ	Angulo de Incidencia
n_b	Número de palas
N_p	RPM de la hélice
D_H	Diámetro de la hélice
L_s	Eslora de la embarcación
ΔL_{pa}	Función de transferencia presión sonora-aceleración
d_t	Distancia entre punta de hélice a plancha casco
P	Potencia del motor
R_{RPM}	RPM de placa del motor
O_{RPM}	RPM de servicio del motor

INTRODUCCION

La tripulación embarcada de una estructura marina es el componente de éxito o fracaso sin importar el tipo de actividad comercial; de lo anterior un aspecto fundamental es el control del ruido y siendo más específicos, el “confort”¹ ó el cumplimiento de recomendaciones de diseño que eviten vulnerar la seguridad ocupacional de estas personas.

Las metodologías existentes operan con modelos que son producto de mediciones y aproximaciones y, en muchos casos, sólo constituyen en el montaje de paneles aislantes una vez que la unidad se encuentre en pruebas previo su entrega al Armador. Normalmente no hay un requerimiento específico por parte de nuestros armadores respecto al ruido en los compartimentos salvo la percepción de que cierta nave es inoperable debido al ruido presente.

Teniendo presente lo anterior, se observa que el control del ruido es más efectivo en la etapa de diseño y, dado que no existen normas individuales para el diseño de cada buque, es preferible abordar el tema desde el punto de vista estadístico mediante una técnica apropiada. Esta técnica es Statistical Energy

¹ Disposición de la dotación a utilizar cada espacio del buque para el fin al que fue diseñado y experimentando mínimas interferencias o molestias debido al ruido.

Analysis la cual resulta de empleo obligatorio en las industrias marinas, automotrices y aeroespaciales contemporáneas.

Mediante el entendimiento de este método se puede predecir cómo se transporta la energía entre los componentes estructuras o particiones del buque, sabiéndose también que esta energía es el resultado de las fuentes de excitación aérea y estructural de la maquinaria en servicio y de los factores de atenuación y de acoplamiento presentes.

Objetivo general

Determinar de manera predictiva el nivel de ruido en compartimentos habitables de una embarcación marina.

Objetivos específicos

1. Describir el modelo de predicción de ruidos aplicable para el Método SEA.
2. Presentar las expresiones que definen los parámetros del Método SEA.
3. Implementar un algoritmo en lenguaje Fortran para la evaluación de los parámetros del Método SEA y obtener los niveles de ruido presentes por compartimento.
4. Comparar los resultados obtenidos con los criterios internacionales vigentes y los niveles medidos en la embarcación modelo.

CAPITULO I

EL RUIDO A BORDO DE LOS BUQUES

1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El ruido es un sonido indeseable cuya audición es producto de fluctuaciones de presión² en un medio compresible, la tasa de ocurrencia de una fluctuación completa se denomina frecuencia y su unidad de medida es el Hertz [Hz]. [1]

La gama de frecuencias audibles al oído humano comprende un rango entre 20 - 20,000 [Hz] existiendo en cada persona un grado de “sensibilidad auditiva” o tolerancia al nivel de presión sonora³. La pérdida de audición que experimenta una persona es la respuesta al deterioro de esta sensibilidad y para valorar el nivel de presión sonora se utiliza el decibel [dB] que

² Término que contiene la rarefacción (expansión) y compresión de la onda acústica propagada a lo largo del medio a partir de una fuente sonora.

³ Indicador en Acústica que relaciona la percepción del oído humano a la intensidad del sonido.

corresponde al logaritmo decimal entre la intensidad acústica observada [W/m^2] y la intensidad referencial valorada en 10^{-12} [W/m^2].

Al exponerse una persona a niveles altos de ruido, como resultado de la explotación de una embarcación naval, el primer efecto fisiológico será la pérdida de audición en la banda de frecuencias 4000 – 6000 [Hz] ó 95 dB(A). Este efecto es revertido por el oído humano de manera natural si existe suficiente tiempo de descanso o “recuperación” que consiste en 120 minutos aproximadamente. Pero, ¿qué ocurre si no se dispone de este tiempo de descanso o la exposición resulta permanente durante días de navegación debido al ruido radiado por la maquinaria y equipos? Entonces, la pérdida de la audición se transforma en permanente dentro del rango indicado pudiéndose comprometer también los niveles por encima y debajo del mismo.

Adicional a la pérdida de audición, un nivel alto de ruido induce a la fatiga en la tripulación, al no haber un ambiente que favorezca el reposo, y genera distorsiones en la comunicación personal por pérdida de efectividad.

El ruido afecta a todas las embarcaciones marinas pero, particularmente, a aquellas cuya eslora es inferior a 60 metros [2] debido a la concentración de maquinaria en torno a los espacios de trabajo y de descanso siendo los niveles de ruido observados entre 50 a 120 [dB].

Las fuentes de excitación más comunes según el criterio de varios autores [3], [4], [5] se listan a continuación:

- 1) Hélice,
- 2) Máquinas Principales,
- 3) Generadores,
- 4) Planta de Aire Acondicionado; y
- 5) Unidades de Ventilación.

No se incluye el diseño ineficiente de formas del casco y apéndices ya que esto debe probarse y corregirse en Canal de Pruebas. La precisión en el cálculo de valores para las fuentes de excitación es fundamental previo a la obtención de niveles de presión sonora que afectan a los compartimentos. La evaluación de estas fuentes se presenta en el Capítulo 3 siguiendo el desarrollo recomendado por SNAME [5].

Existen básicamente dos tipos de ruido a bordo de una embarcación, su naturaleza es eminentemente estructural [3], [14] y son mostrados en la Figura No. 1. El primero se refiere al transmitido a la estructura del casco (en inglés: structureborne) mediante los descansos de la maquinaria; el segundo considera la excitación que el ruido aéreo (en inglés: airborne) ejerce sobre la estructura en forma directa. Puesto que el ruido estructural y aéreo se

transmiten por las estructuras del casco hasta llegar a los compartimentos habitables, es importante mantener dichos niveles de ruido por debajo de los límites establecidos en criterios internacionales.

Las mitigaciones comunes para el caso de embarcaciones marinas consisten en minimizar la potencia sonora y la vibración de las fuentes de excitación, reducir o atenuar la transmisión hacia el medio ambiente y aislar de manera conveniente los espacios receptores.

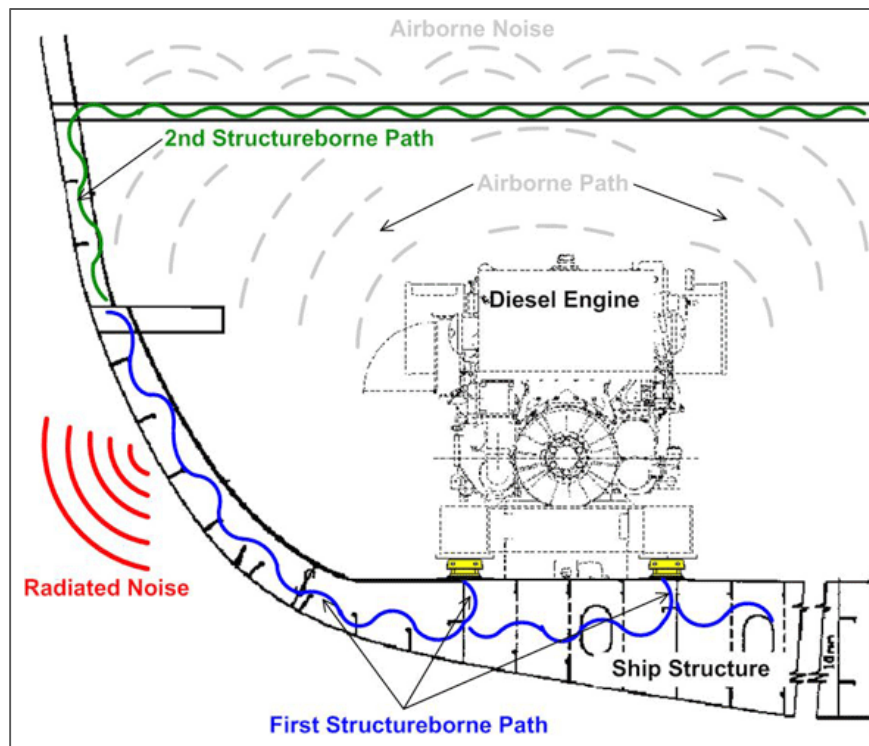


Figura No. 1 Tipos de Ruido en una embarcación marina⁴

⁴ <http://www.noise-control.com/images/airborne3.png>

El objeto de estas medidas no es observar cada fuente como un fenómeno aislado sino superponer el efecto de todas estas excitaciones con el fin de satisfacer de forma integral los requerimientos del Armador y/o las prácticas vigentes.

La evaluación del nivel de ruido (al igual que las vibraciones) posee una importancia contemporánea y singular, ya sea por optimización estructural o por el creciente uso de materiales compuestos en la estructura de los cascos marinos, como también por las normativas OMI respecto a la prevención de riesgos laborales y contaminación ambiental del ecosistema marino.

1.2 EL CONTROL DEL RUIDO

El ruido es un agente físico contaminante que puede causar la alteración de la salud de la tripulación, el nivel de confort del personal embarcado, la efectividad del trabajo abordo, la contaminación del ambiente marino y sus especies; y la dinámica del trabajo y habitabilidad en áreas pobladas cercanas al puerto que recibe estas embarcaciones.

El control del mismo debe permitir a la tripulación tolerar niveles aceptables de presión sonora durante turnos de trabajo de 8 horas y también, el intervalo de tiempo no laboral de 16 horas que permanecen expuestos durante la

navegación. En el caso de embarcaciones de turismo, la consideración anterior se transforma en 24 horas de exposición al ruido por cada día de operación.

Según Beltrán-Palomo [6] las normativas para el control de niveles de ruido desarrolladas por Organismos Reguladores a nivel internacional responden, en principio, a los requerimientos de reducción del impacto medioambiental viéndose afectada la reglamentación y directivas de construcción naval a nivel mundial. Un ejemplo de lo anterior es la Directiva 2002/49/EC aprobada por el Parlamento Europeo el 25-JUN-2002 respecto a la Evaluación y Control del Ruido Ambiental.

Las publicaciones [6] y [7] clasifican el control de los niveles de ruido en embarcaciones marinas de acuerdo al siguiente esquema:

1) Vibraciones y Ruidos a bordo.

Minimizar la magnitud de la excitación de las fuentes que, pese a ser un aspecto que concierne exclusivamente al fabricante, debe ser observado durante la selección de maquinaria en las etapas del diseño preliminar y conceptual. De esta elección dependerá la viabilidad del diseño propuesto y posterior cumplimiento de los compromisos contractuales.

Los aspectos fundamentales que deben observarse para la atenuación de la vibración y ruido a bordo se listan a continuación:

- a) Las fuentes principales de vibraciones y ruido se deben montar sobre asientos elásticos debidamente calculados. Debe preverse que las máquinas principales y auxiliares posean elementos silenciadores en las descargas, así como también, que las bancadas y montajes de maquinaria rotativa posea una amortiguación y/o suspensión flotante pertinente.
- b) El diseño de la hélice no debe presentar cavitación en ninguna de las condiciones de operación.
- c) La excitación radiada por el sistema de aire acondicionado debe estar acorde a los límites de cada compartimento. La aspiración de cada ventilador debe poseer elementos silenciadores.
- d) Realizar una predicción de vibraciones a fin de observar que los detalles constructivos de la unidad, escantillado estructural y disposición final permitan descartar fenómenos de resonancia. Así también, realizar una predicción de ruidos para optimizar y

redimensionar los aislamientos de las principales fuentes de excitación para satisfacer el límite fijado en cada local receptor.

2) Ruido radiado al puerto.

Los aspectos para la atenuación del ruido radiado al puerto consideran el control del ruido a bordo de la unidad y además observar el dimensionamiento y diseño acústico de silenciadores en las aspiraciones y descargas de ventiladores de cada costado de la unidad así como en las descargas de la maquinaria principal y auxiliar. Cada ducto de estas ventilaciones debe poseer aislamiento del tipo lana de roca o similares.

3) Ruido radiado al agua.

Los requerimientos del ruido radiado al agua son relativamente recientes y su aplicación se concentra en la acústica de buques de investigación oceanográfica⁵ y afines siendo la norma obligatoria el Reporte ICES No. 209 [8]. Los aspectos considerados en la mitigación del ruido radiado al agua son los siguientes:

- a) La propulsión será Diésel-Eléctrica con motores principales de corriente continua. Las bases de los grupos Diésel-Generador deben

⁵ DNV publicó el año 2010 la guía "Silent Class Notation" válida para construcciones nuevas con énfasis en el ruido submarino la cual aborda 4 campos: hidroacústico, sísmico, pesquero y de investigación así como el control de emisiones de ruido al ambiente.

poseer doble asiento elástico y su eficiencia debe contrastarse en Banco de Pruebas.

b) Las hélices serán del tipo pala fija y se evitarán las cajas reductoras.

c) Las zonas del casco próximas a Sala de Máquinas deben ser recubiertas con aislamiento tipo visco-elástico en especial toda área sumergida.

De lo escrito en estos tres numerales, es evidente que el control del ruido se enfoca fundamentalmente en la etapa de diseño que es donde todas las medidas propuestas logran su mayor eficacia y cualquier mejora posterior sólo tendrá un impacto negativo en el costo en la inversión inicial.

1.3 CRITERIO INTERNACIONAL RESPECTO AL RUIDO

El objetivo del criterio internacional es proporcionar estándares que beneficien la protección de pasajeros y de la dotación embarcada contra la exposición al ruido satisfaciendo estos tres objetivos:

- 1) Proporcionar condiciones de trabajo seguras,
- 2) Prevenir la pérdida auditiva por la exposición al ruido; y,

3) Brindar a las dotaciones un grado aceptable de confort en espacios de distracción y de descanso.

El Comité de Seguridad Marítima de la OMI mediante Resolución MSC.337 (91) del 30-NOV-2012 adoptó el Código de Niveles de Ruido a bordo de Buques [9] o Código OMI 2012 siendo mandatoria su aplicación para todos los países signatarios desde el 01-JUL-2014. Este nuevo código reemplaza al original Código de Ruido introducido por la OMI con Resolución A.468 (XII) del año 1981.

Este Examen Complexivo utilizará exclusivamente los criterios del Código OMI 2012 pero debe tenerse en cuenta que el marco regulatorio de la acústica del buque ha experimentado una evolución y mejoramiento sostenido desde los últimos 40 años. El detalle de estos cambios se presenta en la Tabla No. 1.

El Código OMI 2012 propone estándares medibles para prevenir niveles de ruido potencialmente perjudiciales tanto para la salud del personal embarcado como para el ambiente de trabajo. Sus recomendaciones abarcan desde la medición de la exposición a los niveles de ruido, la protección de la capacidad auditiva del personal embarcado respecto a los niveles encontrados, los límites aceptables de niveles de ruido en compartimentaje en dónde trabaje, habite y

se entretenga el personal embarcado y, la verificación del aislamiento entre los espacios de acomodación.

Año	Ruidos a bordo.	Vibraciones a bordo.	Ruido radiado a los Puertos y Vías Navegables.	Ruido radiado al Agua.
1974	SOLAS Protección contra el ruido			
1975	OMI A.343(XII)			
1981	OMI A.468(XII)			
1984	ISO-6954:1984			
1990's	Comfort Class Notation			
2000	ISO-6954:2000			
2001	ISO-2922:2000			International Union for Conservation of Nature – RESWCC3-068
2002		Directiva 2002/44/EC	Directiva 2002/49/EC	
2003	Directiva 2003/10/EC			
	ILO Maritime Labour Convention			
2006	Directiva 2006/87/EC			
	ILO Convention No. 188 Work Fishing Sector			
	ILO Recommendation WFS			
2007	ISO-14509-2:2007			ICES No. 209
	OMI A.468(XII) Rev. 85 dBA – 80 dBA			
2009	ISO-14509-1:2009			
2010	SILENT Class			
2012	OMI MSC.337(91)			

Tabla No. 1 Marco Regulatorio de la Acústica del Buque. [6]

Para que un buque sea aplicable a los parámetros del Código OMI 2012 debe poseer 1600 toneladas brutas o más, aunque el numeral 1.3.3 de la misma publicación expresa que "... construcciones nuevas cuyo tonelaje bruto sea inferior a 1600 toneladas pueden utilizar el código siempre y cuando sea racional y práctico a criterio de OMI".

De lo anterior, están contenidas en el Código OMI 2012 las embarcaciones convencionales tanto de pasaje como de carga, en libre navegación o actividades portuarias y con dotación permanente embarcada. Así también el código identifica el tipo de embarcaciones marinas que no son aplicables para su criterio: las dinámicamente soportadas, de alta velocidad, barcos pesqueros, barcazas porta-tuberías, barcazas grúa, buques de perforación offshore, yates de turismo sin fletar, buques de guerra y de transporte de tropas, buques no propulsados por medios mecánicos, buques porta-pilotes y dragas.

Los niveles de ruido máximos permisibles según el código se muestran en la Tabla No. 2

Estos valores están medidos en decibelios dB(A)⁶ y son aplicables en: 1) Espacios de trabajo, 2) Sectores de navegación, 3) Áreas de acomodación, 4) Espacios de servicios y 5) Espacios de uso limitado.

⁶ Medida de nivel de presión acústica bajo ponderación A.

Designación de compartimentos y espacios	Tamaño del buque	
	Entre 1,600-10,000 TRB	Mayor que 10,000 TRB
a) Espacios de trabajo.		
Salas de máquina.	110 dB(A)	110 dB(A)
Salas de control de máquinas.	75 dB(A)	75 dB(A)
Talleres. (no pertenecientes a espacios de máquinas)	85 dB(A)	85 dB(A)
Otras áreas de trabajo no especificadas.	85 dB(A)	85 dB(A)
b) Sectores de navegación.		
Puente de mando y sala de cartas.	65 dB(A)	65 dB(A)
Puestos de observación. (puente volante)	70 dB(A)	70 dB(A)
Sala de radio. (con equipos operando pero sin transmitir)	60 dB(A)	60 dB(A)
Sala de radar.	65 dB(A)	65 dB(A)
c) Áreas de acomodación.		
Camarotes y enfermería.	60 dB(A)	55 dB(A)
Comedores.	65 dB(A)	60 dB(A)
Cuartos de recreación.	65 dB(A)	60 dB(A)
Áreas abiertas de recreación.	75 dB(A)	75 dB(A)
Oficinas.	65 dB(A)	60 dB(A)
d) Espacios de servicios.		
Cocina (sin equipos de procesamiento operando)	75 dB(A)	75 dB(A)
Camaretas y reposterías	75 dB(A)	75 dB(A)
e) Espacios de uso limitado.		
Compartimentos de uso no frecuente.	90 dB(A)	90 dB(A)

Tabla No. 2 Niveles del Código de Ruido OMI 2012. [9]

Los valores límites mostrados en la Tabla No. 2 permitirían a la dotación una exposición continua de 24 horas que no supera 80 dB(A) promedio. En caso de requerirse permanecer en espacios donde excedan 85 dB(A), el Código OMI 2012 propone el uso obligatorio de protección auditiva y, bajo ningún caso, se expondrá sin protección al personal a niveles sonoros con picos superiores de 135 dB(A). Pese a que en Ecuador se encuentra vigente el “Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo”⁷ que propone 115 dB(A) como máximo nivel de ruido continuo, este trabajo se apoyará en los niveles mostrados en el Código OMI 2012 por ser actualizados y coincidentemente más conservadores.

Dado que a bordo de las unidades existen compartimentos con diferente frecuencia de uso, la Figura No. 2 muestra la interacción de cinco zonas propuestas por el código que relacionan las horas diarias de exposición con el nivel de ruido encontrado. Del esquema se hacen las siguientes observaciones:

Zona A. Máxima exposición con protección. Ninguna persona debe estar expuesta, aún utilizando protección auditiva, a niveles de ruido que excedan 120 dB(A) durante 1 hora ó a niveles de 105 dB(A) por un lapso de 24 horas.

⁷ República del Ecuador, Decreto No. 2393, R.O. No. 249 del 03-FEB-1998

Zona B. Exposición Ocasional. Sólo se permitirá exposición ocasional dentro de los niveles mostrados en la Zona B y deberá utilizarse protección auditiva con atenuación entre 25 y 35 dB(A).

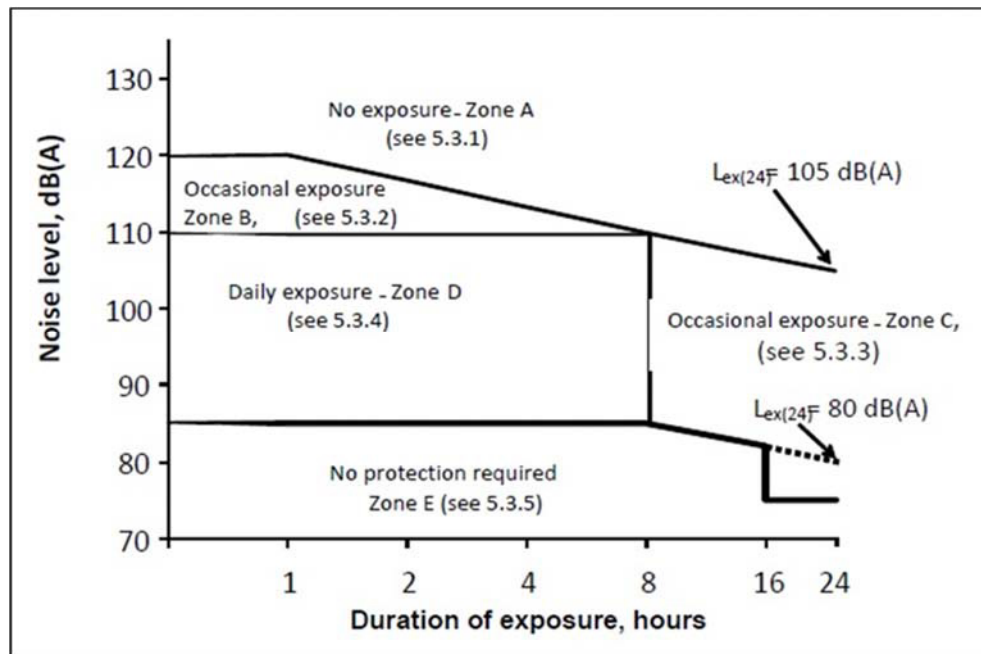


Figura No. 2 Relación Horas de Exposición vs Niveles de Ruido [9]

Zona C. Exposición Ocasional. Sólo se permitirá exposición ocasional dentro de los niveles mostrados en la Zona C y deberá utilizarse protección auditiva con atenuación de al menos 25 dB(A).

Zona D. Exposición Diaria. Se permite al personal embarcado la exposición diaria dentro de los niveles mostrados en la Zona D. Se recomienda el uso de protección auditiva con atenuación de al menos 25 dB(A) y también la

ejecución de un programa de conservación auditiva según los riesgos de cada espacio de trabajo.

Zona E. Máxima exposición sin protección. Si la exposición es menor de 8 horas, el personal puede prescindir el uso de protección auditiva si los niveles no son superiores a 85 dB(A). Si la permanencia en el compartimento es mayor a 8 horas, este no debe exceder 80 dB(A) como promedio equivalente de 24 horas. El código aconseja que al menos 8 horas de las 24 horas diarias el personal permanezca en espacios con niveles de ruido inferiores a 75 dB(A).

Finalmente y dado que en Ecuador es tendencia trabajar con las Normas de Clasificación de American Bureau of Shipping (ABS), la Tabla No. 3 presenta la comparación de los niveles de ruido del Código OMI 2012 y la Publicación ABS 102, "Habitabilidad en Buques" [10] que considera para su aplicación que las acomodaciones como los espacios de recreación son utilizados por el personal un tiempo superior a 20 minutos. Mediante los certificados HAB, HAB+ y HAB++, ABS garantiza mejorar del desempeño, comunicación y descanso del personal, como también propender a su seguridad y confort.

Designación de compartimentos y espacios	COMPARACION DE CRITERIOS			
	OMI 2012	ABS 2013 - HABITABILITY ON SHIPS		
	Entre 1,600-10,000 TRB	HAB	HAB+	HAB++
a) Espacios de trabajo.				
Salas de máquina.	110 dB(A)	90 dB(A)	90 dB(A)	90 dB(A)
Salas de control de máquinas.	75 dB(A)	75 dB(A)	70 dB(A)	70 dB(A)
Talleres. (no pertenecientes a espacios de máquinas)	85 dB(A)	85 dB(A)	80 dB(A)	80 dB(A)
Otras áreas de trabajo no especificadas.	85 dB(A)	85 dB(A)	80 dB(A)	80 dB(A)
b) Sectores de navegación.				
Puente de mando y sala de cartas.	65 dB(A)	65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)
Puestos de observación. (puente volante)	70 dB(A)	65 dB(A)	60 dB(A)	60 dB(A)
Sala de radio. (con equipos operando pero sin transmitir)	60 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)	55 dB(A)
Sala de radar.	65 dB(A)	65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)
c) Áreas de acomodación.				
Camarote y enfermería.	60 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)
Comedores.	65 dB(A)	65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)
Cuartos de recreación.	65 dB(A)	65 dB(A)	60 dB(A)	65 dB(A)
Áreas abiertas de recreación.	75 dB(A)	75 dB(A)	70 dB(A)	70 dB(A)
Oficinas.	65 dB(A)	65 dB(A)	60 dB(A)	60 dB(A)
d) Espacios de servicios.				
Cocina (sin equipos de procesamiento operando)	75 dB(A)	75 dB(A)	70 dB(A)	65 dB(A)
Camaretas y reposterías	75 dB(A)	75 dB(A)	70 dB(A)	70 dB(A)
e) Espacios de uso limitado.				
Compartimentos de uso no frecuente.	90 dB(A)	85 dB(A)	80 dB(A)	80 dB(A)

Tabla No. 3 Comparación de Niveles de Ruido bajo Criterios OMI 2012 – ABS/HAB

En la Tabla No. 3 sólo fueron considerados los niveles de ruido del Código OMI 2012 para buques entre 1,600 – 10,000 TRB y estos se compararon con los niveles HAB, HAB+, HAB++ de ABS. La restricción en el análisis del nivel de ruido respecto al tonelaje bruto se debe a que la embarcación presentada en el Capítulo 3 posee una capacidad menor a 1,600 TRB y, a falta de información específica, se utilizarán estos niveles de ruido como base correspondiente.

A simple vista los niveles de ruido mostrados por ABS [10] son más exigentes que los establecidos por la OMI sobre todo lo que concierne al certificado HAB+ y HAB++. Esto es una práctica común de las Sociedades de Clasificación las cuales presentan información con factores de seguridad implícitos a fin elevar la exigencia de los diseños y satisfacer holgadamente los requisitos de normas internacionales como la OMI.

La comparación entre el Código OMI 2012 y ABS-HAB no presenta diferencias salvo en los niveles de ruido de Sala de Máquinas. Esta contiene una variación de 20 dB(A) que, debido a la naturaleza logarítmica del decibel, equivale a un factor de exigencia de 100 veces para ABS; así también los compartimentos de uso no frecuente poseen una diferencia de 5 dB(A) lo que corresponde a un factor de exigencia de 3.16 veces igualmente para ABS. La explicación de estas notables diferencias es que la norma ABS 2013 “Habitabilidad en Buques” fue ideada, al igual que las otras Reglas de

Clasificación, para otorgar un Certificado sea este HAB, HAB+, HAB++ para los buques cuyos diseños cumplan estos requisitos. Esta razón da nuevamente peso a la idea de que los efectos más eficaces y eficientes para el control de ruido a bordo de las unidades se hacen principalmente en la etapa de diseño y de un cuidadoso control durante la construcción y el alistamiento.

1.4 METODOS DE PREDICCIÓN DEL RUIDO

La confiabilidad de los niveles de ruido obtenidos para cada fuente de excitación es de incidencia fundamental en la precisión de los métodos de predicción y, siempre que sea posible, se debe preferir la información obtenida por mediciones de campo. Un método de predicción debe contener cuatro elementos:

- 1) Generación, la cual transmite la energía hacia las estructuras y medio circundante. Tal como se señaló en 1.1 estas fuentes de excitación son la maquinaria principal y auxiliar, la hélice, sistemas HVAC.

- 2) Transmisión, que es la forma como se traslada dicha energía sea vía aérea, estructural o submarina.

- 3) Propagación, que es el camino que toma esta energía el cual depende del amortiguamiento y aislamiento del material; y,
- 4) Radiación, se trata del local receptor de la energía y es cualquier espacio de la embarcación.

1.4.1 MÉTODOS DE PREDICCIÓN EN BASE A MEDICIONES REFERENCIALES Y CÁLCULOS EMPÍRICOS.

Plunt [4] desarrolla las bases del estudio predictivo de ruidos y el punto de partida es la adquisición de datos de las excitaciones aéreas y estructurales en cada fuente. Especial consideración mereció la cantidad de mediciones que deben efectuarse determinándose que la variación promedio entre cada lectura debe ser 5 dB(A) fin obtener la precisión deseada. Finalmente cada lectura es evaluada para los octavos de banda en que fue adquirida y se obtienen interpolaciones que fundamenten lo observado en las fuentes de excitación y la composición del compartimento del buque empleado como referencia.

El método propuesto por Plunt se expone en el diagrama de flujo de la Figura No. 3 para un programa de computación evaluado en octavos de banda. Este

esquema está dispuesto por bloques cuya identificación está en el borde superior derecho de los recuadros.

El Bloque 1 contiene los datos de ingreso de las fuentes de excitación estructural, entre ellas la velocidad vertical de las bancadas de máquinas (bases) y la velocidad promedio del planchaje del casco en Sala de Máquinas. Los Bloques 2 y 13 consideran que otras fuentes de excitación que influyen sobre las bancadas de máquinas y planchaje circundante. Los Bloques 3 y 14 determinan la velocidad vertical en el forro del casco y en ciertos casos, la velocidad del planchaje de mamparos en el local receptor siguiendo modelos de propagación de la onda y su atenuación. Los Bloques 5 y 16 contienen información sobre diversos tipos de aislamiento de cuyos datos se puede obtenerse máxima atenuación en el modelo.

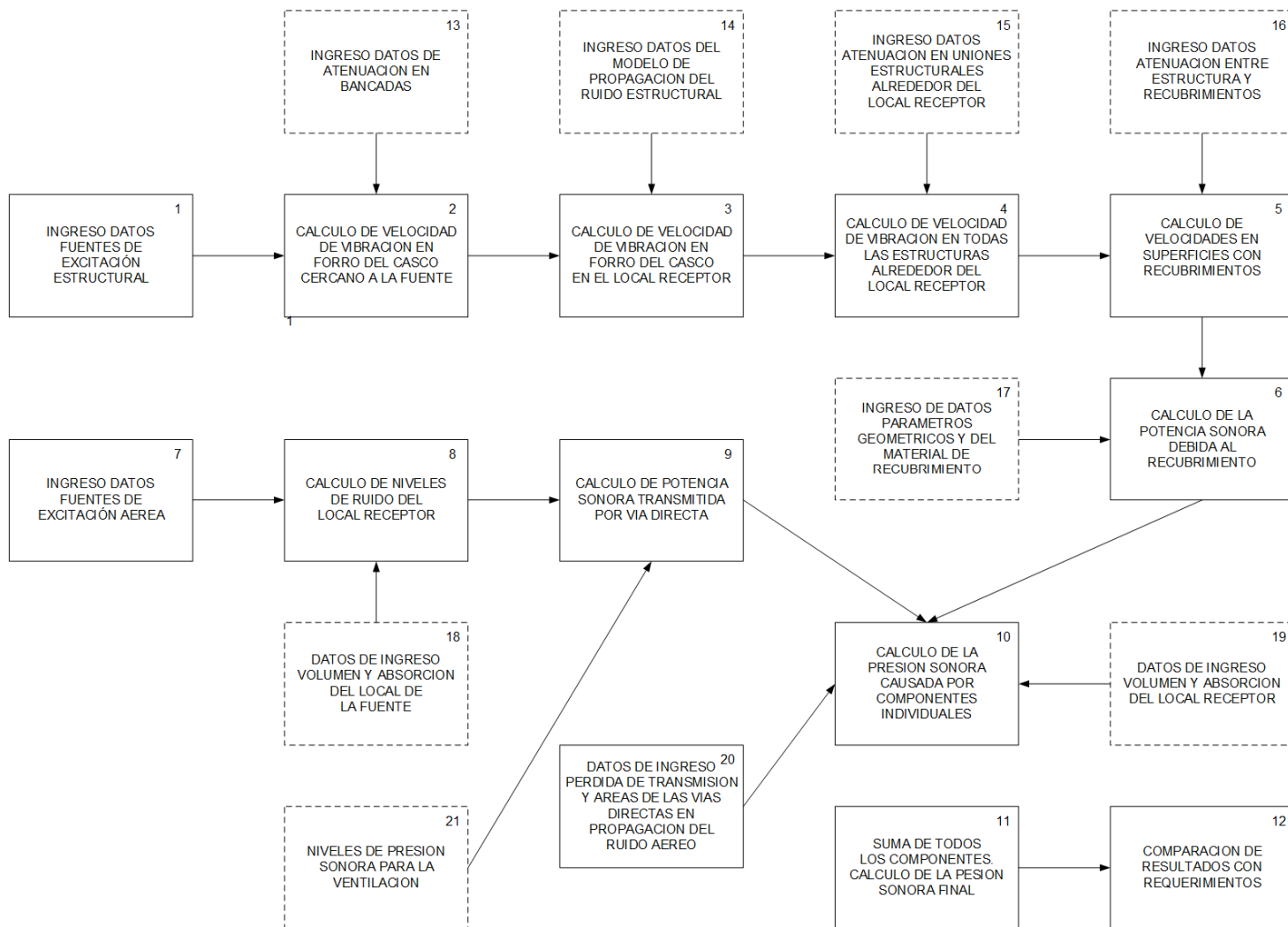


Figura No. 3 Diagrama de Flujo para predicción de ruidos propuesto por Plunt. [4]

Por su parte, SNAME [5] presenta una metodología de predicción cuya parte medular es la determinación de los niveles de presión sonora aéreo y estructural basados en cálculos de arquitectura acústica y métodos empíricos.

Este proceso está bien delineado por 5 fases: 1) Fuentes de excitación, que es la adquisición de niveles de presión sonora iniciales mediante formulaciones desarrolladas en cada caso, 2) Caminos de transmisión, que tratan los diferentes caminos por donde se transmite la onda y su correspondiente atenuación, sean estos mamparos, ductos de ventilación, estructuras y combinación estructural-aéreo; 3) Locales receptores, son espacios dónde se analiza el efecto del ruido y su afectación al entorno, 4) Control de ruido, son las medidas que se toman para atenuar los efectos medidos, incluyen tratamiento acústico, revisión del camino de transmisión y aislamiento de las fuentes, 5) Comparación con criterio, revisión de resultados con las normativas internacionales al finalizar las medidas de control y decidir si el proceso termina o se debe rediseñar.

La Figura No. 4 muestra el diagrama de flujo propuesto por SNAME.

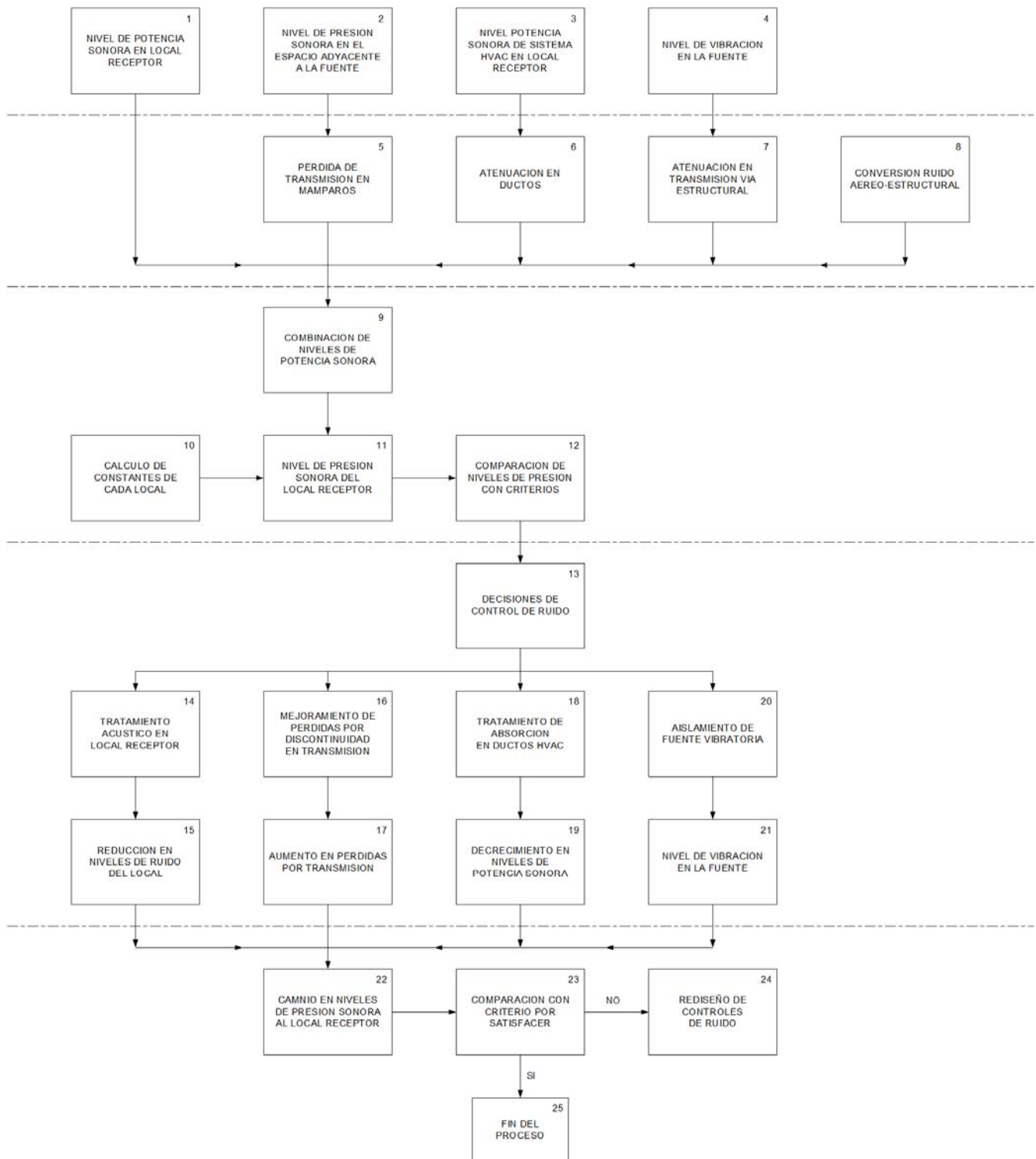


Figura No. 4 Diagrama de Flujo para predicción de ruidos propuesto por SNAME [5]

De lo observado, los métodos descritos en este numeral son herramientas valiosas y válidas específicamente si la información disponible es escasa y el análisis de la embarcación aún está en etapa de diseño.

1.4.2 MÉTODOS DE PREDICCIÓN POR ELEMENTOS FINITOS.

Para Parunov et al. [11] el ruido tipo estructural se propaga en alta frecuencia con valores superiores a 1000 [Hz] y, la aplicación del Método de Elementos Finitos (MEF) es más eficaz en baja frecuencia con rangos entre 5 a 50 [Hz]. A medida que la frecuencia de análisis sea mayor, se deben manejar mayor cantidad de elementos finitos para modelar la sección de la embarcación haciendo su uso poco práctico. Otro efecto negativo es que al tratar de describir todos los modos naturales y la forma de propagación del flujo de energía a través de una estructura, se incrementa la cantidad de ecuaciones por resolver y el tiempo de procesamiento. Así también, trabajar en altas frecuencias (como son las audibles) produce que la longitud de onda sea más pequeña incluso que los elementos estructurales analizados produciéndose alta sensibilidad en los parámetros y por consiguiente imprecisión en los resultados.

De lo anterior y pese a ser poderosa herramienta para análisis de vibraciones globales y locales en estructuras complejas, el MEF no resulta recomendable como método de predicción de ruidos.

1.4.3 MÉTODOS DE PREDICCIÓN POR STATISTICAL ENERGY ANALYSIS.

La idea general del Método Statistical Energy Analysis (SEA) es dividir una estructura compleja en subsistemas que se encuentran acoplados entre sí. Cada subsistema, que posee características físicas particulares sean estos mamparos, cubiertas, recubrimientos, espacios volumétricos, son relacionados con las fuentes de excitación presentes en cada local. Posterior a ello se constituye un sistema lineal de ecuaciones llamado “ecuación de balance de energía” que al resolverse permite encontrar los niveles de energía contenidos en los subsistemas y con ello la valoración de los niveles de ruido [12].

La principal ventaja del Método SEA es poder trabajar en alta frecuencia debido a su naturaleza estadística, aspecto que era limitante para los elementos finitos. Su desventaja consiste en que la precisión de resultados depende de la confiabilidad de los datos como coeficientes de transmisión, de

acoplamiento y la intensidad de cada fuente, parámetros que deben ingresarse para resolver la ecuación de balance.

A fin de obtener precisión en la predicción de niveles de ruido, el método debe observar las siguientes recomendaciones:

- 1) Lograr confiabilidad en valoración de la amplitud de las fuentes de excitación ya sean fuerzas, momentos, velocidades o presiones acústicas. La medición de la excitación de las fuentes es práctica aceptable pero depende en gran medida de la información proporcionada por el fabricante.
- 2) Representar todos los tipos de modos que se generen en el subsistema analizado dentro de las frecuencias de interés.
- 3) Determinar factores de pérdida por acoplamiento para todos los tipos de modos según interactúen en las uniones de los subsistemas. Los factores de pérdida por aislamiento también se deben conocer o predecir.

Para la predicción de niveles de ruido, este Examen Complexivo desarrollará el Método SEA en la embarcación modelo. El procedimiento a seguir consiste en presentar los fundamentos del método y posteriormente exponer las relaciones que conforman la ecuación de balance, resolver el sistema de

ecuaciones lineales cuya única variable es la energía transmitida entre subsistemas y, determinar los niveles de presión sonora en los compartimentos escogidos. La Figura No. 5 esquematiza los pasos mencionados siguiendo la sugerencia de Beltrán-Palomo [3]; se obtiene un diagrama topológico de la embarcación para observar la interacción entre subsistemas, luego se añaden las fuentes de excitación en el modelo a fin de determinar su acción sobre los subsistemas. El resultado de esta interacción es la energía que se transmite entre subsistemas la cual, una vez determinada, se transforma en el nivel de presión sonora correspondiente bajo términos dB(A) facilitando su comparación con el Criterio OMI 2012.

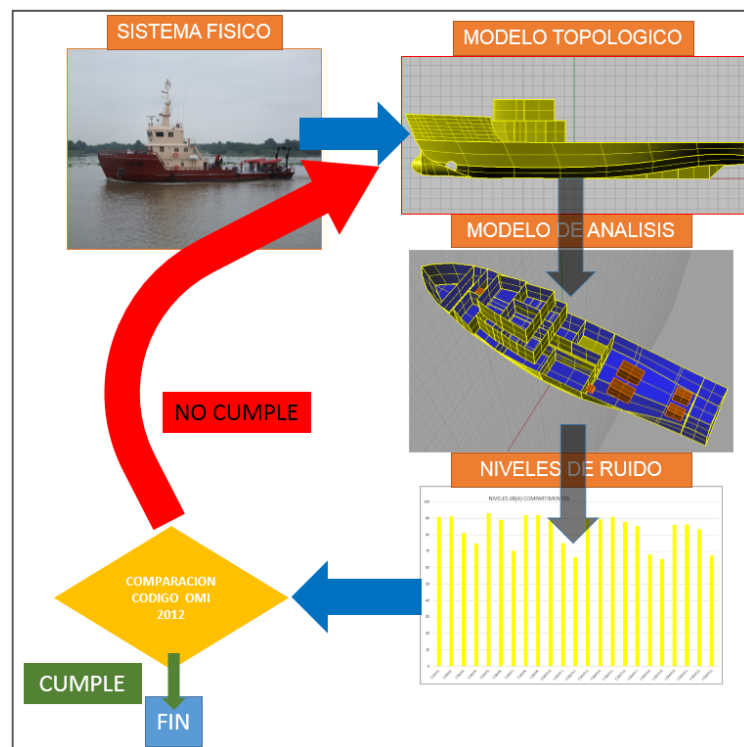


Figura No. 5 Esquema del Análisis con Método SEA

CAPITULO II

EL METODO SEA -STATISTICAL ENERGY ANALYSIS-

2.1 INTRODUCCION AL METODO SEA.

El Método SEA –Statistical Energy Analysis- se originó y desarrolló en los 1960's (principalmente en el sector aeroespacial) siendo su finalidad analizar el flujo de energía en sistemas complejos conformados por subsistemas [13]. Estos subsistemas están acoplados linealmente entre sí facilitando el intercambio de energía mediante modos resonantes de vibración lo que permite estimar las características dinámicas, respuestas en niveles de vibración y la radiación debida al ruido en cada subsistema como producto de una excitación externa.

El desarrollo de los modelos SEA se basa en 4 asunciones [14]:

1. El espectro de la excitación externa está contenido en el ancho de banda observado y no existen tonos puros.

2. La energía no se genera en el acoplamiento de los subsistemas pero se disipa entre las uniones de los mismos siendo aquel el efecto añadido del factor de pérdida por amortiguamiento (DLF) de cada subsistema modelado.
3. El factor de pérdida por amortiguamiento es el mismo en cada modo de los subsistemas analizados al ancho de banda correspondiente.
4. Los modos entre subsistemas no interactúan entre sí excepto para compartir energía.

Los subsistemas son entidades estructurales o acústicas compuestos de modos de igual naturaleza y energía, por consiguiente, diferente composición de subsistemas poseen diferente energía modal. Puesto que la energía reside solamente en modos resonantes, la energía total de cada subsistema es la suma de la energía en los modos [13].

Como se ha expuesto, la variable de interés en el Método SEA es la energía. Producto de una excitación externa, la energía es distribuida entre los subsistemas estableciéndose un balance del flujo que considera los tipos de acoplamiento, amortiguación y factor de pérdida por radiación en cada subsistema.

2.2 PROCEDIMIENTOS GENERALES

La predicción del ruido significa trabajar con alta frecuencia la que se encuentra presente en la onda de excitación y en los caminos de transmisión. Como ya se mencionó, los métodos de análisis convencionales como los Elementos Finitos (MEF) y los Elementos de Contorno (BEM) resultan técnicamente no viables para predicciones en alta frecuencia debido a las restricciones en el tamaño del modelo que impone la longitud de onda y, la sensibilidad en las variaciones de propiedades físicas, que aunque pequeñas, tienen consecuencias al trabajar con alta frecuencia.

El Método SEA proporciona un procedimiento para calcular el flujo de energía a través de sistemas complejos y el correspondiente almacenamiento en subsistemas tal como lo ilustra la Figura No. 6 [13]. La energía que proviene de una excitación externa (Π_{in}), sea perturbación sonora o mecánica, usualmente se presenta en el rango de frecuencia de un tercio o un octavo de banda. Para la evaluación de (Π_{in}) se utilizará el procedimiento y datos propuestos por SNAME [5] siendo la información disponible para la diferente maquinaria operada en la embarcación modelo.

La disipación de la energía en cada subsistema (Π_{dis}) es producida por la viscosidad o fricción y representa la energía perdida motivo por el cual, no se

la considera en la ecuación de balance. La energía transmitida entre subsistemas, para el caso entre 1 y 2, (Π_{12}), representa la razón de intercambio energético entre los subsistemas siendo el valor de amplitud promediado en el tiempo.

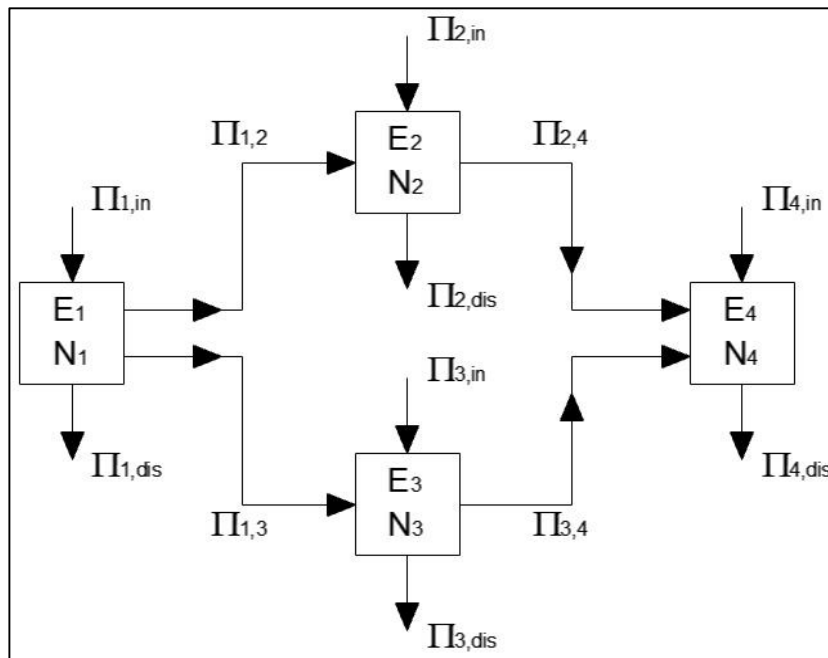


Figura No. 6 Forma típica del modelo SEA.

La energía almacenada (E) está determinada por la cantidad de modos disponibles (N) en cada subsistema para el ancho de banda ($\Delta\omega$) escogido. La relación $N/\Delta\omega$ se denomina densidad modal (n) del subsistema y es el valor recomendado a utilizar en vez del Modo disponible (N) por simplicidad de evaluación [13]. Otros parámetros que inciden en la transferencia de energía son la impedancia del sistema y el acoplamiento entre subsistemas.

Para determinar la energía almacenada en cada subsistema se desarrollan ecuaciones de balance de energía que son ordenadas como un sistema lineal y se lo resuelve por álgebra de matrices utilizando como coeficientes las amplitudes de las fuentes de excitación y los parámetros de cada subsistema. El resultado final muestra la distribución de la energía almacenada en cada subsistema según el ancho de banda que corresponda.

Cada subsistema debe reflejar un grupo de modos similares pudiendo ser flexural, torsional o acústico tales como mamparos, vigas o espacios cerrados. Los grupos modales deberán ser seleccionados según su similaridad y significancia, esto es, se espera que los modos sean igualmente excitados por la fuente, se acoplen a los modos de otros subsistemas, posean amortiguamiento y que su rol sea importante en la transmisión, disipación y almacenamiento de la energía.

2.3 LA ECUACION DE BALANCE DE ENERGIA

La siguiente ecuación representa el balance de energía del Método SEA [13]:

$$\frac{\Pi}{\omega} = \eta E \quad (2.1) \text{ donde:}$$

Π : Energía de excitación por unidad de tiempo

ω : Frecuencia

η : Factor de Pérdida

E: Energía almacenada

Esta relación muestra la proporcionalidad entre la energía disipada (Π/ω) y la energía total (E) almacenada en el subsistema. El coeficiente de proporcionalidad es el factor de pérdida (η) identificándose dos tipos en el desarrollo de un Modelo SEA:

- a. El Factor de Pérdida por Fricción (η_i) asociado con la Energía Disipada (Π_i) y que representa a la energía perdida por el subsistema (i) debido a la fricción (η_{int}) interna y la radiación (η_{rad}) hacia el medio circundante ($\eta_i = \eta_{int} + \eta_{rad}$); y,
- b. El Factor de Pérdida por Acoplamiento (η_{ij}) cuya incidencia regula la energía transmitida entre el subsistema i al subsistema j.

Para explicar el uso de la ecuación de balance de energía considérese un grupo de tres subsistemas excitados por fuentes independientes tal como lo presenta la Figura No. 7.

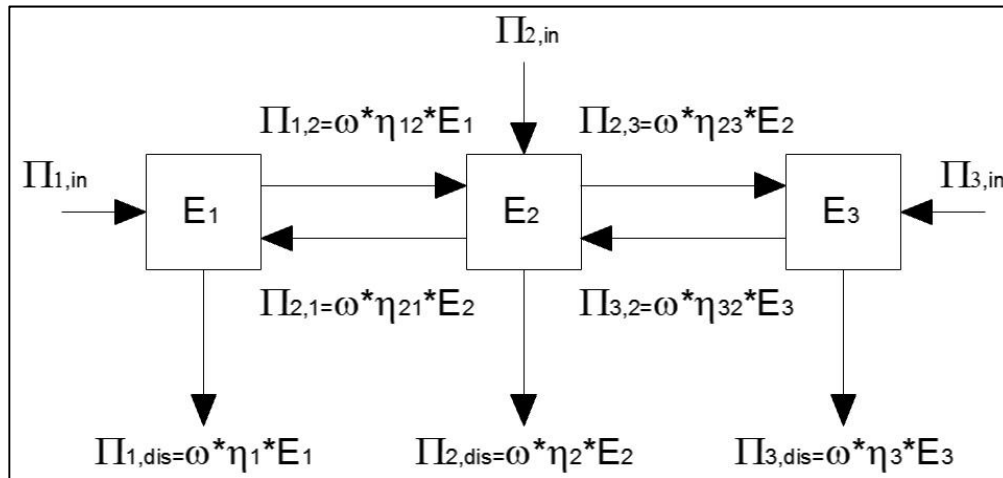


Figura No. 7 Modelo SEA de tres subsistemas.

Del esquema mostrado se desarrollan tres ecuaciones:

$$\Pi_{1,in} = \omega\eta_1 E_1 + \omega\eta_{12} E_1 - \omega\eta_{21} E_2 \quad (2.2)$$

$$\Pi_{2,in} = \omega\eta_2 E_2 + \omega\eta_{21} E_2 + \omega\eta_{23} E_2 - \omega\eta_{12} E_1 - \omega\eta_{32} E_3 \quad (2.3)$$

$$\Pi_{3,in} = \omega\eta_3 E_3 + \omega\eta_{32} E_3 - \omega\eta_{23} E_2 \quad (2.4)$$

Los términos de las ecuaciones (2.2), (2.3) y (2.4) contienen parámetros del Método SEA que se explican a continuación: La excitación externa $\Pi_{i,in}$ es recibida por el subsistema i , ω es la frecuencia angular de la banda analizada, η_i es el factor de pérdida por fricción del subsistema i , η_{ij} es el factor de

pérdida por acoplamiento entre subsistema i y subsistema j; y E_i es la energía total del subsistema i. La excitación externa puede ser de naturaleza mecánica o acústica e inyectan energía a los sub-sistemas y pueden ser fuerzas, momentos, presiones y movimientos. [15]

Al ordenar en forma matricial las ecuaciones de balance de energía se presenta un arreglo de cuya resolución se obtendrá la energía E_i almacenada en cada subsistema i.

$$\omega \begin{bmatrix} \eta_1 + \eta_{12} & -\eta_{21} & 0 \\ -\eta_{12} & \eta_2 + \eta_{21} + \eta_{23} & -\eta_{32} \\ 0 & -\eta_{23} & \eta_3 + \eta_{32} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \Pi_{1,in} \\ \Pi_{2,in} \\ \Pi_{3,in} \end{Bmatrix} \quad (2.5)$$

Los términos correspondientes a los factores de pérdida por acoplamiento pueden ser reescritos valiéndose de la Relación de Reciprocidad donde η_{ij} es el factor de pérdida por acoplamiento entre el subsistema i y subsistema j y Π_i es la densidad modal del subsistema i siendo las mismas definiciones aplicables para η_{ji} y Π_j .

$$\eta_{ij} * \Pi_i = \eta_{ji} * \Pi_j \quad (2.6)$$

Esta relación es válida para procesos lineales que, tal como lo describen [13], [15], [16] contienen al estudio de ruido y vibración; y señala la consistencia

existente entre la energía modal de dos subsistemas y sus respectivos factores de pérdida por acoplamiento los que permanecen constantes en la aplicación.

Reemplazando la relación (2.6) en el sistema de ecuaciones (2.5) se obtiene un nuevo arreglo matricial del modelo de tres subsistemas cuyo desarrollo se presenta en el Anexo A.

$$\omega \begin{bmatrix} (\eta_1 + \eta_{12})n_1 & -\eta_{12}n_1 & 0 \\ -\eta_{21}n_2 & (\eta_2 + \eta_{21} + \eta_{23})n_2 & -\eta_{23}n_2 \\ 0 & -\eta_{32}n_3 & (\eta_3 + \eta_{32})n_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{E_1}{n_1} \\ \frac{E_2}{n_2} \\ \frac{E_3}{n_3} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \Pi_{1,in} \\ \Pi_{2,in} \\ \Pi_{3,in} \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Los términos 0 (cero) del arreglo matricial corresponden al acoplamiento entre los subsistemas 1 y 3 el cual no existe, tal como lo muestra la Figura No. 7.

Para el caso general de N subsistemas existirán N ecuaciones de balance por resolver tal como se presenta en el arreglo (2.8). Los parámetros requeridos para la resolución de las ecuaciones son conocidos (densidad modal, factores de pérdida por fricción y acoplamiento asociados a cada subsistema) pudiéndose determinar la energía promedio almacenada en cada subsistema en la frecuencia angular correspondiente.

$$\omega * \begin{pmatrix} (\eta_1 + \sum_{i \neq 1}^N \eta_{1i})n_1 & -\eta_{12}n_1 & -\eta_{13}n_1 & \dots & -\eta_{1N}n_1 \\ -\eta_{21}n_2 & (\eta_2 + \sum_{i \neq 2}^N \eta_{2i})n_2 & -\eta_{23}n_2 & \dots & -\eta_{2N}n_2 \\ -\eta_{31}n_3 & -\eta_{32}n_3 & (\eta_3 + \sum_{i \neq 3}^N \eta_{3i})n_3 & \dots & -\eta_{3N}n_3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\eta_{N1}n_N & -\eta_{N2}n_N & -\eta_{N3}n_N & \dots & (\eta_N + \sum_{i \neq N}^N \eta_{Ni})n_N \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{E_1}{n_1} \\ \frac{E_2}{n_2} \\ \frac{E_3}{n_3} \\ \dots \\ \frac{E_N}{n_N} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Pi_{1,in} \\ \Pi_{2,in} \\ \Pi_{3,in} \\ \dots \\ \Pi_{N,in} \end{pmatrix}$$

(2.8) Sistema de ecuaciones de N subsistemas

Para que los valores de energía antes mencionados se relacionen con el nivel de presión sonora (decibel) del subsistema, L_p , se utilizan las siguientes expresiones considerando sólo a los elementos de volumen acústico que representan los compartimentos de la embarcación, para lo cual:

$$\frac{E_i}{n_i} = \overline{\langle p^2 \rangle} * \frac{V_i}{\rho * c^2} \quad (2.9)$$

$$L_p = 10 * \log \left(\frac{\overline{\langle p^2 \rangle}}{p_{ref}^2} \right) \text{ [dB]} \quad (2.10)$$

- n_i : Densidad modal del subsistema i
- $\overline{\langle p^2 \rangle}$: Presión Promediada al Cuadrado, [N/m²]
- V_i : Volumen del elemento acústico i, [m³]
- ρ : Densidad del fluido (aire), [Kg/m³]
- c : Velocidad del sonido en el aire, [m/s]

Como nivel de presión sonora referencial, p_{ref} , se considera a la mínima presión que el oído humano puede detectar, esto es, 20 [μPa] ó su equivalente 2E-5 [N/m²].

2.4 PARAMETROS DEL METODO SEA

Los siguientes parámetros conforman los componentes para aplicar el Método SEA:

2.4.1 DENSIDAD MODAL

La Densidad Modal (adimensional) es el número de modos por frecuencia de trabajo en los cuales un subsistema entra en resonancia debido a una excitación externa y representa según sea el caso, el modo de la respuesta acústica y de vibración en elementos estructurales y la respuesta acústica en elementos de volumen.

El Reporte NASA CR-1773 [17] presenta un compendio de expresiones para cuantificar la densidad modal en estructuras con típica aplicación en ingeniería tales como barras, vigas, planchas y espacios acústicos siendo para efectos de programación utilizadas dichas expresiones en conjunto a las propuestas por Hynnä. [18]

a. Densidad Modal en vigas uniformes sujetas a vibración por flexión.

$$n_V(f) = \frac{L}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot f}} * \sqrt[4]{\frac{\rho_S \cdot S}{E_S \cdot I}} \quad (2.11)$$

en donde:

L : Longitud de la viga, [m]

f : Frecuencia, [Hz]

- ρ_s : Densidad del acero, [kg/m³]
 s : Área de la sección media de la viga, [m²]
 E_s : Módulo de Young del acero, [N/m²]
 I : Segundo Momento de Área de la sección media de la viga, [m⁴]

b. Densidad Modal en planchas uniformes sujetas a vibración por flexión.

$$n_P(f) = \frac{\sqrt{12} * S}{2 * \sqrt{\frac{E_s}{\rho_s * (1 - \nu^2)}} * h} \quad (2.12)$$

en donde:

- S : Área de la plancha, [m²]
 E_s : Módulo de Young del acero, [N/m²]
 ρ_s : Densidad del acero, [kg/m³]
 ν : 0.28, Relación de Poisson
 h : Espesor de la plancha, [m]

- Nótese que la densidad modal en planchas uniformes no depende de la frecuencia.

c. **Densidad Modal de un elemento acústico de 3 dimensiones (volumen).**

$$n_{3D}(f) = \frac{4*\pi*f^2*V}{c^3} + \frac{\pi*f*S}{2*c^2} + \frac{l}{8*c} \quad (2.13)$$

en donde:

f : Frecuencia, [Hz]

V : Volumen del elemento, [m³]

c : Velocidad del sonido en el aire, [m/s]

S : Área total de las paredes del elemento, [m²]

l : Longitud total de las aristas del elemento, [m]

2.4.2 FACTOR DE PERDIDA POR AMORTIGUAMIENTO

La determinación de este factor adimensional se realiza en base a mediciones experimentales y en general, no se disponen de publicaciones sobre expresiones analíticas para elementos estructurales como de volúmenes acústicos “siendo esta particularidad la mayor fuente de incertidumbre durante el desarrollo de la predicción” [13].

El Factor de Pérdida por Fricción es proporcional a la energía disipada respecto a la energía almacenada en el subsistema e incorpora mecanismos de amortiguamiento lineal como no lineal. Existen dos formas comunes de amortiguamiento lineal, uno del tipo estructural y que depende de las

propiedades del material y otro a manera de radiación acústica ocasionando pérdidas por radiación desde la superficie de la estructura hacia el medio circundante. Por su parte, el amortiguamiento no lineal está presente en el contorno de las estructuras e incluye toda fricción entre estructuras con un fluido en su intermedio⁸.

Tanto el mecanismo lineal como no lineal actúan separadamente y su contribución al amortiguamiento de los elementos estructurales es la suma de tres componentes:

$$\eta = \eta_s + \eta_{rad} + \eta_j \quad (2.14) \text{ donde:}$$

- η : Factor de pérdida por Fricción del elemento estructural.
- η_s : Factor de pérdida Estructural asociado al material.
- η_{rad} : Factor de pérdida por Radiación Acústica.
- η_j : Factor de pérdida relacionado con la disipación de energía en contornos del elemento estructural.

En forma general, las estructuras metálicas se encuentran acopladas rígidamente y en dicho caso, $\eta_j < \eta_s$, permitiendo despreciar el efecto de

⁸ Este fenómeno se conoce como "Squeeze Film Damping".

disipación en los contornos quedando el Factor de pérdida por Fricción, η , dependiendo solamente del Factor de pérdida Estructural, η_s , y del Factor de pérdida por Radiación Acústica, η_{rad} . La Tabla No. 4 muestra valores típicos del Factor de pérdida Estructural obtenidos experimentalmente.

Material	Factor de pérdida Estructural, η_s .
Aluminio	1.0×10^{-4}
Cobre	2.0×10^{-3}
Acero	Entre $1 - 6 \times 10^{-4}$

Tabla No. 4 Factores de Pérdida Estructural, η_s . [16]

El factor de pérdida por Radiación Acústica está dado por [16]:

$$\eta_{rad} = \frac{\rho_0 * c * \sigma}{\omega * \rho_A} \quad (2.15) \text{ donde:}$$

ρ_0 : Densidad del fluido circundante, [kg/m³]

c : Velocidad del sonido en el aire, [m/s]

σ : Razón de radiación del elemento estructural.

ω : Frecuencia angular centrada en la banda de trabajo, [rad/s]

ρ_A : Masa por unidad de área del elemento estructural, [kg/m²]

La Razón de Radiación, σ , presenta una expresión aplicada en ondas de flexión libres a lo largo de placas infinitas desarrollada por Gerges [1] tal como se muestra a continuación:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{k_f}{k_o}\right)^2}} \quad (2.15.1)$$

en donde k_f es el número de onda de flexión de una placa en el vacío y k_o es el número de onda en el aire.

$$k_f = \sqrt{\omega} * \sqrt[4]{\frac{M}{D}} = \sqrt{\omega} * \sqrt[4]{\frac{\rho_s * h}{\left[\frac{E * h^2}{12 * (1 - \nu^2)}\right]}} \quad (2.15.2)$$

$$\text{en donde finalmente } k_f = 1.5158 * \sqrt[2]{\frac{\omega}{h * c_1}} \quad (2.15.3)$$

$$c_1 = \sqrt[2]{\frac{E}{\rho_s}} \quad (2.15.3.1)$$

$$k_o = \frac{\omega}{c} \quad (2.15.4)$$

M : Masa del elemento estructural, [kg]

D : Modulo de Rigidez de Flexión, [N/m²]

h : Espesor del material del elemento estructural, [m]

c_l : Velocidad de la onda longitudinal, [m/s]

Cuando $k_f > k_o$ el valor de σ será asumido cero ya que no existe irradiación sonora de la fuente de potencia.

Para el caso de elementos de volumen el Factor de pérdida por Fricción se tiene la siguiente expresión [18]:

$$\eta_{3D} = \frac{c}{\pi * f} * \left[\alpha_i - \left(\frac{S}{8 * V} * \ln[1 - \bar{\alpha}] \right) \right] \quad (2.16)$$

c : Velocidad del sonido en el aire, [m/s]

f : Frecuencia, [Hz]

α_i : Coeficiente de Absorción atmosférica total en tonos puros, [dB/m] Este coeficiente está expresado en función de la frecuencia, temperatura absoluta, la humedad relativa y presión atmosférica.

S : Área total de las superficies del elemento de volumen, [m²].

V : Volumen del elemento [m³].

$\bar{\alpha}$: Coeficiente de Absorción promedio del material que rodea las superficies del elemento.

La Figura No. 8 muestra el esquema para la obtención del mismo en condiciones de 1 [atm] y 20 [°C] para diferentes humedades relativas.

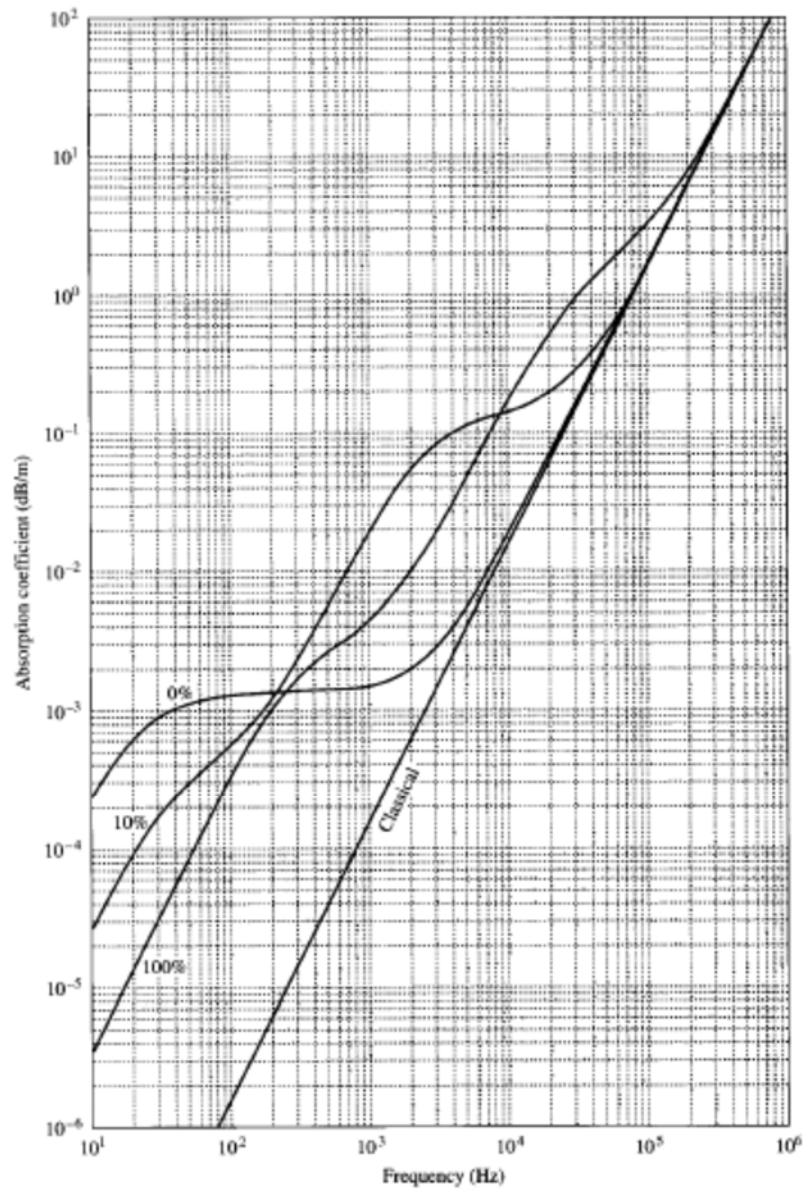


Figura No. 8 Coeficiente de Absorción Atmosférica total [19].

Los valores para Coeficiente de Absorción promedio, $\bar{\alpha}$, son determinados experimentalmente y representan la propiedad de absorción de energía de dicho material. La Tabla No. 5 muestra los datos del material por emplearse siendo evaluados en octavos de banda [20].

Material	Octavos de Banda [hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
Fibra Vidrio - Lana Roca						
16 kg/m ³ , espesor 50 mm.	0.17	0.45	0.80	0.89	0.97	0.94
16 kg/m ³ , espesor 75 mm.	0.30	0.69	0.94	1.00	1.00	1.00
24 kg/m³, espesor 50 mm.	0.27	0.54	0.94	1.00	1.00	1.00
24 kg/m ³ , espesor 75 mm.	0.28	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00
48 kg/m ³ , espesor 50 mm.	0.30	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00
48 kg/m ³ , espesor 75 mm.	0.43	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00
Pisos						
Madera con uniones.	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07

Tabla No. 5 Coeficientes de Absorción promedio, $\bar{\alpha}$, según material.

El valor del Coeficiente de Absorción promedio, α , en el caso de utilizar Alucobond⁹, es 0.05 para todo el octavo de banda considerado [21]

2.4.3 FACTOR DE PERDIDA POR ACOPLAMIENTO

El Factor de Pérdida por Acoplamiento, η_{ij} , relaciona el flujo de energía desde el subsistema i al subsistema j. En el caso de que ambos subsistemas sean estructuras metálicas, el acoplamiento más común lo representa la unión lineal entre aristas siendo su expresión [22], [23]:

⁹ Paneles de material compuesto cuya conformación incluye dos placas de aluminio y un relleno de polietileno.

$$\eta_{ij} = \frac{2 * C_{Bi} * L * \tau_{ij}}{\pi * \omega * S_i} \quad (2.17) \text{ donde:}$$

C_{Bi} : Velocidad de la onda flexionante del subsistema i representado por

$$C_{Bi} = \sqrt[4]{\frac{E_S * h^3 * \omega^2}{12 * m * (1 - \nu^2)}} \quad (2.17.1)$$

E_S : Módulo de Young del acero, [N/m²].

h : Espesor de la plancha, [m].

ω : Frecuencia angular, [rad/s].

ρ_S : Densidad del acero, [kg/m³].

m : Densidad superficial = $\rho_S * h$, [kg/m²].

ν : Relación de Poisson = 0.28

L : Longitud de la línea de acoplamiento, [m].

ω : Frecuencia central en banda de trabajo, [rad/s].

S_i : Área de la superficie del subsistema, [m²].

τ_{ij} : Factor de Eficiencia de Transmisión entre subsistemas según el tipo de onda y de acoplamiento. Este factor adimensional está relacionado con la Pérdida por Transmisión, R, que caracteriza a las transmisiones de potencia entre subsistemas o particiones en campos acústicos difusos. [24]

$$R = 10 * \log\left(\frac{1}{\tau_{ij}}\right) \quad (2.17.2)$$

donde la formulación de R es la siguiente:

$$R = 10 \log \left[1 + \left[\left(\omega m - B \omega^3 * \frac{\text{sen}^4 \varphi}{c^4} \right)^2 \left(\frac{\text{cos} \varphi}{2 \rho c} \right)^2 \right] \right] \quad (2.17.3)$$

R : Factor de Pérdida de Transmisión.

ω : Frecuencia central de la banda de trabajo, [rad/s]

m : Densidad superficial = $\rho_s * h$, [kg/m²]

B : Rigidez a la Flexión del acero por unidad de longitud,
[N*m]

φ : Angulo de Incidencia.

c : Velocidad del sonido en el aire [m/s]

ρ : Densidad del medio de transmisión (acero), [kg/m³]

La pérdida por acoplamiento entre estructuras metálicas y elementos de volumen acústico dispone de la siguiente expresión:

$$\eta_{ij} = \frac{\rho_o * c * S_i * \sigma}{\omega * m_i} \quad (2.18) \quad \text{donde}$$

ρ_o : Densidad del fluido (aire), [Kg/m³].

c : Velocidad del sonido en el aire [m/s].

S_i : Área de la superficie del elemento estructural i [m²].

σ : Razón de radiación del elemento estructural. (2.15.1)

ω : Frecuencia central de la banda seleccionada, [rad/s].

m_i : Masa del elemento estructural i [Kg].

El caso de pérdida por acoplamiento entre elementos de volumen acústico considera la siguiente expresión [18]:

$$\eta_{ij} = \frac{c \cdot S \cdot \tau_{ij}^*}{4 \cdot \omega \cdot V_i} \quad (2.19) \quad \text{donde}$$

c : Velocidad del sonido en el aire [m/s].

S : Área de la superficie de acoplamiento (ó la división) entre espacios [m²].

τ_{ij}^* : Coeficiente de transmisión de incidencia aleatoria dependiente de la masa que fluye entre el acoplamiento del elemento fuente i al elemento receptor j. Puesto que los elementos poseen aberturas (accesos abiertos) el valor constante de τ_{ij}^* es 1. [16]

ω : Frecuencia central de la banda seleccionada, [rad/s].

V_i : Volumen del elemento acústico i [m³].

2.4.4 POTENCIA DE EXCITACIÓN INICIAL DEL SUBSISTEMA

La obtención de la potencia de excitación que actúa (según diseño) en cada subsistema es fundamental para la obtención de resultados confiables en el Modelo SEA. De acuerdo con Beltrán-Palomo en [3], [6], [25] los focos contemplados para su cálculo en una embarcación a flote son los siguientes:

- a) Hélice Propulsora,
- b) Maquinaria Principal,
- c) Maquinaria Auxiliar,
- d) Compresores de Refrigeración A/A; y
- e) Unidad de Ventilación HVAC.

La valoración de estas excitaciones es posible mediante las mediciones del nivel de presión sonora proporcionadas por SNAME [5] o con formulaciones semi-empíricas como propone Bies-Hansen [20] y Barron [26].

Existen dos formas de propagación del ruido: de tipo aéreo y tipo estructural. Una vez determinado cada caso, la aplicación de los niveles de presión y potencia acústica en cada subsistema tendrán presente que la propagación aérea es aplicable a espacios volumétricos y, la propagación estructural afecta al elemento directamente expuesto a la excitación.

2.4.4.1 HELICE PROPULSORA

Según [5] la excitación inducida por la hélice esto es, la fuente de vibración estructural localizado sobre esta y que afecta al compartimento inmediato superior a la hélice, depende del nivel de presión sonora radiado al agua por la hélice el cual debe representarse en niveles de aceleración [dB ref. $1\mu\text{g}$]. Esta excitación es considerada una “vibración transmitida por la estructura”.

La distancia longitudinal de este compartimento se mide entre el espejo al mamparo del servomotor; a su vez la distancia transversal se mide desde el costado babor al costado estribor en embarcaciones mono-hélices y; desde cualquier costado a la línea de crujía en embarcaciones de dos hélices.

El cálculo del nivel de vibración contiene dos etapas:

- a) Calcular del nivel de presión sonora del agua en cercanías de la plancha del fondo casco; y
- b) Determinar la función de transferencia presión sonora - nivel de aceleración.

Cabe indicar que las condiciones para aplicación del método es considerar únicamente hélices cavitantes.

CALCULO DEL NIVEL DE PRESION SONORA EN CERCANIAS DE LA PLANCHA FONDO CASCO

El nivel de presión sonora en cercanías de la plancha fondo casco es resultado de la suma de dos componentes: a) El ruido originado por la cavitación en la punta de la pala y; b) El ruido debido a la cavitación de la superficie de la pala. Para valorar estos dos componentes (en cada octavo de banda) se requiere la determinación de coeficientes en base a gráficos y su procedimiento se detalla en el Capítulo 3.

a) El ruido debido a la cavitación de la hélice considera que existe una distancia de tres (3) pies entre la punta de la pala de la hélice y la plancha del forro; se aplica la siguiente formulación:

$$L_{pt} = 10 * \log \left[0.23 * n_b * \left(\frac{N_p}{60} \right)^3 * \left(\frac{D_H}{3.28} \right)^4 * \frac{1}{f_{br}} \right] + 155 + C_t \quad (2.20)$$

n_b : Número de palas.

N_p : RPM de la hélice.

D_H : Diámetro de la hélice, [pies].

f_{br} : Frecuencia de corte, [Hz]

C_t : Coeficiente que depende de razón v/v_o .

$$\text{Cuando } v/v_o < 2.35, \quad C_t = 10 * \log \left[0.67 * \left(\frac{v}{v_o} - 1 \right) \right]$$

$$\text{Cuando } v/v_o > 2.35, \quad C_t = 0.$$

v : Velocidad de la unidad, [nudos].

v_o : Velocidad de inyección¹⁰, [nudos].

$$v_o = 7 + (0.005 * L_s)$$

L_s : Eslora de la embarcación, [pies]

b) El ruido debido a la cavitación de la superficie de la pala de la hélice responde a la siguiente ecuación:

$$L_{pb} = 10 * \log \left[0.23 * n_b * \left(\frac{N_p}{60} \right)^3 * \left(\frac{D_H}{3.28} \right)^4 * \frac{1}{f_{br}} \right] + 168 + C_b \quad (2.21)$$

$$\text{donde } C_b = 20 * \log \left[1 - \frac{v_o}{v} \right]$$

Por consiguiente, el nivel de presión total en la cercanía de la superficie es:

$$L_{p3'} = 10 * \log \left[10^{\frac{L_{pt}}{10}} + 10^{\frac{L_{pb}}{10}} \right] \quad (2.22)$$

Finalmente, el nivel de aceleración L_a (en bandas de octava de frecuencia) en la estructura del fondo casco por encima de la hélice [dB ref. 1 μg] es:

$$L_a = L_p + \Delta L_{pa} \quad (2.23)$$

¹⁰ Velocidad del buque a la cual la hélice empieza a cavitarse. Esta formulación entrega un valor conservador puesto que no se ha considerado las pruebas de canal ni optimización de la hélice en la embarcación analizada.

ΔL_{pa} : Función de transferencia presión sonora-aceleración según gráficos del Capítulo 3.

L_p : Nivel de presión sonora del agua en cercanías de la estructura.

$$L_p = L_{p3'} - \left(10 * \log \left[\frac{(0.1D_H + d_t)}{0.1D_H + 3.} \right] \right) \quad (2.24)$$

D_H : diámetro de la hélice, [pies].

d_t : distancia entre la punta de hélice a la plancha casco, [pies].

2.4.4.2 MAQUINARIA PRINCIPAL

La maquinaria principal produce dos tipos de excitación: a) Ruido radiado al compartimento por la descarga de gases y carcaza; y b) Vibración transmitida al casco por medio de la estructura. En ambos casos la estimación se realizó según formulación desarrollado por SNAME [5].

El ruido radiado producto de la descarga de gases es del tipo aéreo, la formulación aplicada considera que la distancia de medición tomada desde la fuente es 3 [pies] y que se conoce la razón de encendido del motor.

$$L_w = 77 + (10 * \log[P * R_{RPM}]) + \left(30 * \log \left[\frac{O_{RPM}}{R_{RPM}} \right] \right) + \left(10 * \log \left[\frac{1}{\left[\left(\frac{f_r}{f} \right)^3 + \left(\frac{f}{f_r} \right) \right]} \right] \right) \quad (2.25)$$

L_w : Nivel de potencia acústica, [dB ref. 1 pW]

P : Potencia del motor, [kW].

R_{RPM} : RPM de placa del motor.

O_{RPM} : RPM de servicio del motor.

f : Frecuencia en octavos de banda, [Hz].

f_r : Frecuencia de la razón de encendido, [Hz]

$$f_r = \text{Número cilindros} * O_{RPM} * \left(\frac{2}{60 * \# \text{tiempos}} \right)$$

en donde **# tiempos** es 2 ó 4 según diseño del motor.

El ruido radiado por la carcasa del motor es igualmente del tipo propagación aérea en donde SNAME [5] establece dos formulaciones para su determinación: a) operación del motor a revoluciones superiores a 700 RPM; y b) operación de motor a revoluciones inferiores a 700 RPM. En el caso de embarcación modelo, la velocidad nominal del motor es 2100 RPM.

a) Operación del motor a revoluciones superiores a 700 RPM

$$L_w = 57 + 10 * \log \left[\frac{R_{RPM} * P * \left(1 + \frac{P}{m} \right)}{\left(\frac{f}{1000} + \frac{1000}{f} \right)} \right] + 20 * \log \left[\frac{O_{RPM}}{R_{RPM}} \right] \quad (2.26)$$

m : Masa del motor, [kg].

Si la masa se desconoce, esta se aproxima con

$$\frac{P}{m} = 0.1 * \sqrt{\frac{P}{1000}}$$

b) Operación del motor a revoluciones inferiores a 700 RPM

$$L_w = 3 + (4.5 * \log P) + [A * (5.5 * \log P + 10 * \log R_{RPM} - 43)] + B \quad (2.27)$$

donde los coeficientes A y B son evaluados en el Capítulo 3. La excitación final radiada por vía aérea es la suma logarítmica de los valores obtenidos en la descarga de gases y la carcasa.

En el caso de la vibración transmitida por una excitación, esta se propaga estructuralmente por los elementos del casco, en especial los sectores dónde tiene incidencia su aplicación. SNAME [5] propone la siguiente fórmula para determinar el nivel de potencia acústico bajo parámetros [dB ref. 1 μ g], posterior a ello el resultado debe sumarse a los valores de la Tabla No. 6 fin obtener el valor corregido.

$$L_w = [-20 * \log(W)] + [20 * \log(HP)] + \left[30 * \log\left(\frac{RPM}{O_{RPM}}\right) \right] + 124 \quad (2.28)$$

L_w : Nivel de potencia acústica, [dB ref. 1 μ G]

W : Peso bruto del motor, [lb].

HP : Potencia de servicio del motor, [HP].

R_{RPM} : RPM de placa del motor.

O_{RPM} : RPM de servicio del motor.

Valores de Ajuste para el nivel de potencia acústica debida a transmisión por vibración	Frecuencias en octavos de banda, [Hz].								
	31.5	63.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	0	5	11	16	21	27	29	27	22

Tabla No. 6 Ajuste por transmisión de vibración

2.4.4.3 MAQUINARIA AUXILIAR

El cálculo de los niveles de potencia sonora de la maquinaria auxiliar es similar al de la maquinaria principal por contener ambos motores diésel.

2.4.4.4 COMPRESORES DE REFRIGERACION A/A

De acuerdo con Bies y Hansen [20], el compresor es la fuente de ruido predominante en plantas de aire acondicionado y por tal motivo es considerado como fuente de excitación única. Los mismos autores presentan la Tabla No. 7 que contiene los niveles de presión sonora [dB ref 20 μ Pa] medidos a 3 [pies] en compresores de diferente construcción y potencia.

Tipo de Compresor Potencia del motor	Frecuencias en octavas de banda [Hz]								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Recíprocos									
35 – 175 kW	79	83	84	85	86	84	82	78	72
175 – 615 kW	81	86	87	90	91	90	87	83	78
Rotativos									
350 – 1050 kW	70	76	80	92	89	85	80	75	73
Centrífugos									
Bajo 1750 kW	92	93	94	95	91	91	87	80	-
Sobre 1750 kW	92	93	94	95	93	98	98	93	87

Tabla No. 7 Niveles de Presión Sonora Compresores [20]

2.4.4.5 UNIDAD DE VENTILACION HVAC

El nivel de potencia acústica radiada al ambiente por unidades de ventilación depende del tipo de direccionamiento del flujo sea este axial o centrífugo. La embarcación modelo tiene instalados ventiladores del tipo centrífugo y dado que su instalación se realizó sobre amortiguadores de caucho, el nivel de vibración transmitido a la estructura se considera nulo.

Según Gerges [1], los principales mecanismos de generación de ruido en ventiladores (o extractores) son:

- a) Ruido aerodinámico generado en regiones de flujo turbulento y vórtices siendo una componente significativa para el ruido total,
- b) Ruido causado por el paso de las aspas próximo a elementos fijos; y
- c) Ruido de origen mecánico debido a vibraciones de componentes estructurales y de las aspas.

La siguiente ecuación propuesta por Barron [26] permite predecir el nivel de potencia acústica de un ventilador (o extractor) considerando el efecto de frecuencia de paso de las aspas.

$$L_W = L_W(B) + \left(10 * \log \left[\frac{Q}{Q_0}\right]\right) + \left(20 * \log \left[\frac{P}{P_0}\right]\right) + B_T \quad (2.29)$$

L_W : Nivel de potencia sonora, [dB ref. 1 pW].

$L_W(B)$: Nivel de potencia sonora base, Tabla No. 8

Q : Razón de flujo volumétrico del ventilador, [pies³/min].

Q_o : Razón de flujo volumétrico referencial, [1 pies³/min].

P : Cabezal de presión del ventilador, [pulg. H₂O].

P_o : Cabezal de presión referencial, [1 pulg. H₂O].

B_T : Componente de frecuencia donde $B_T=0$. excepto para el octavo de banda donde se sitúa la frecuencia de paso f_B .

$$f_B = n_r * N_b$$

f_B : Frecuencia de paso o número de veces que las aspas pasan la abertura del ventilador (extractor), [Hz].

n_r : Velocidad angular del ventilador, [RPS].

N_b : Número de aspas del ventilador.

Ventilador Centrifugo	Componente Aspas BT, dB	Frecuencias en octavos de banda, [Hz].							
		63.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Airfoil	3	35	35	34	32	31	26	18	10
BCB	3	35	35	34	32	31	26	18	10
Radiales	5 – 8	48	45	45	43	38	33	30	29
FCB	2	40	38	38	34	28	24	21	15
Tubular	4 - 6	46	43	43	38	37	32	28	25

Tabla No. 8 Nivel de Potencia Sonora base. [26]

CAPITULO III

APLICACIÓN PRACTICA DEL METODO SEA EN EMBARCACION MODELO

3.1 DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LANCHA HIDROGRAFICA “SIRIUS”

La Lancha Hidrográfica “Sirius” (Figura No. 9) fue construida en el año 2011 por Astilleros Navales Ecuatorianos-EP según encargo del Instituto Oceanográfico (INOCAR) siendo una unidad de apoyo logístico que opera con base en las Islas Galápagos [27]. Sus tareas principales comprenden la instalación de boyas de navegación y de amarre en el área del Parque Nacional Galápagos y; la investigación y levantamiento batimétrico del litoral insular en coordinación con el Centro de Investigaciones Marinas de Galápagos para lo cual explota sus instalaciones consistentes en laboratorios de oceanografía e hidrografía, diferentes sensores de equipos de investigación afín y una cámara hiperbárica para asistencia de buzos.



Figura No. 9 Lancha Hidrográfica "Sirius".

Las características principales de la unidad se indican en la Tabla No. 9

Características Principales	Descripción
Eslora total	32.93 [m]
Manga total	8.00 [m]
Puntal moldeado	3.50 [m]
Calado de diseño	2.35 [m]
Velocidad	12 [nudos]
Autonomía	2000.0 [Mn]

Tabla No. 9 Características Principales L.H. "Sirius".

El tipo de operación de la lancha y la especial sensibilidad de los equipos instalados hacen que la influencia del ruido y vibración generados por la maquinaria principal y auxiliar tengan singular correlación con los resultados obtenidos. Dicho esto, se debe aclarar que esta unidad no fue diseñada con un requerimiento explícito de ruidos y vibraciones por parte del INOCAR y; con el objeto de analizar los resultados de la predicción de ruidos en los compartimentos habitables, se tomarán como valores máximos esperados los

presentados por el Código OMI 2012 en la Tabla No. 3. Las características de maquinaria principal y auxiliar L.H. "Sirius" se muestran en la Tabla No. 10.

Características de maquinaria	Descripción
Motor Principal	
Número	2
Fabricante	Caterpillar
Modelo	C18 [28]
Potencia Nominal	670 [BHP]
Velocidad de giro nominal	2100 [RPM]
Ciclo	4 tiempos
Bancada	Elástico - Chockfast
Reductores	
Número	2
Fabricante	ZF
Modelo	ZFW 1800
Relación de Reducción	4.393:1
Generadores	
Número	2
Fabricante	Caterpillar
Modelo	C4.4
Potencia Nominal	220 [VA] - 99 [kW]
Número	1
Fabricante	Caterpillar
Modelo	C4.4 DINA
Potencia Nominal	220 [VA] - 44 [kW]
Hélices	
Número / Tipo de paso	2 / Fijo
Fabricante	RICE
Número de palas	4
Relación Paso/Diámetro	46/56 [pulg/pulg]
Peso	190 [kg]

Tabla No. 10 Características de Maquinaria Principal y Auxiliar L.H. "Sirius".

3.2 CREACION DEL MODELO TOPOLOGICO DE LA EMBARCACION

El modelo topológico consiste en esquematizar el casco de la unidad en subsistemas conformados por cubiertas y mamparos para posteriormente añadir las fuentes de excitación que definirán los compartimentos en locales emisores y receptores. Este tipo de organización facilitará la identificación de inconformidades al comparar los niveles de presión sonora encontrados con el Código OMI 2012 y servirá además para focalizar el empleo de tratamientos de atenuación acústica.

Para el levantamiento del modelo topológico de la unidad, se utilizó los planos de Líneas de Forma (Figura No. 10) y de Distribución General (Figura No. 11) desarrollados originalmente en AutoCad¹¹ para luego elaborar un modelo equivalente en Rhino¹². (Figura No. 12)

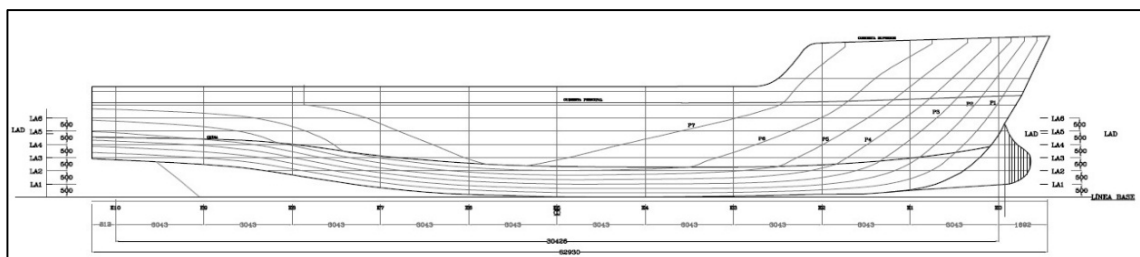


Figura No. 10 Líneas de Forma L.H. "Sirius"

¹¹ <http://www.autodesk.com/products/autocad/overview>

¹² <http://www.rhino3d.com/>

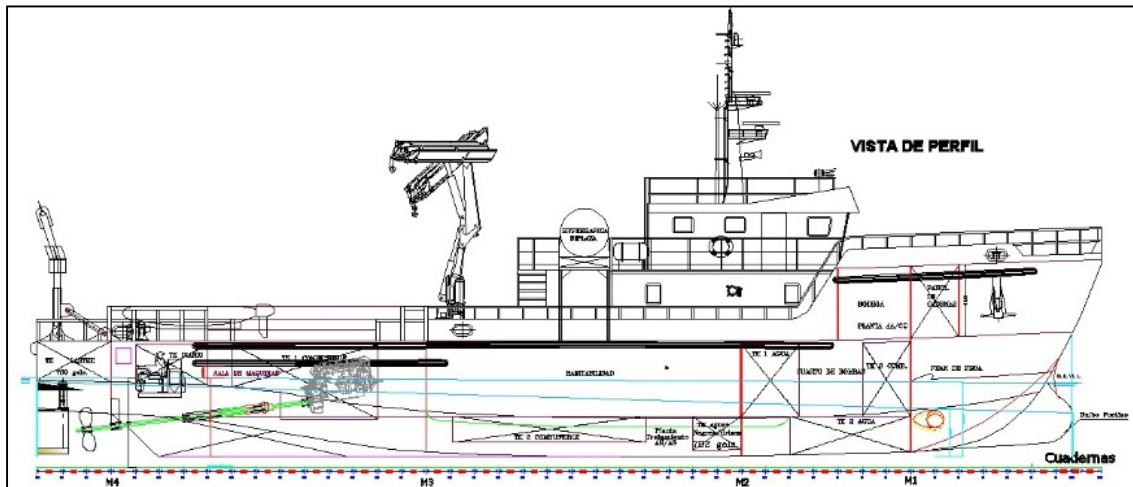


Figura No. 11 Distribución General L.H. "Sirius"

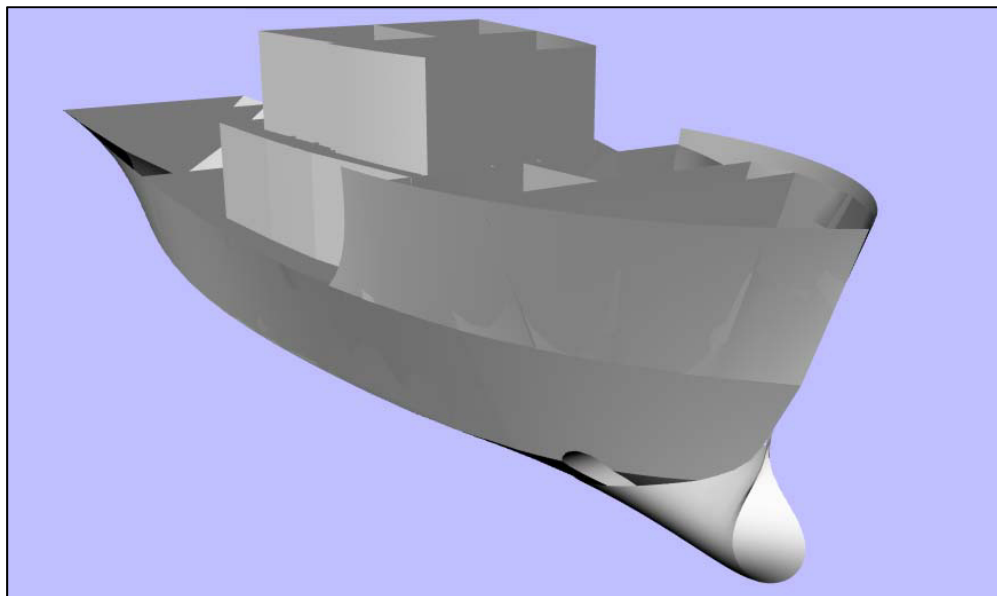


Figura No. 12 Modelo topológico L.H. "Sirius"

Del criterio expuesto, el modelo final consta de 185 subsistemas donde coexisten dos clases de elementos, uno del tipo estructural conformado por planchas y que incluyen el forro del casco, mamparos, cubiertas y estibas; y uno del tipo volumétrico que es el espacio físico que limitan las planchas y que conforman los compartimentos. Las fuentes de excitación son aplicadas en el subsistema correspondiente según la ubicación en la embarcación.

La numeración de los subsistemas es en dirección popa a proa y, a fin de facilitar su manipulación, estos se encuentran agrupados según el compartimento de pertenencia de acuerdo al siguiente detalle:

- 1) El compartimento "Servomotor" contiene 7 subsistemas de los cuales 6 son del tipo estructural y 1 del tipo volumétrico. La fuente de excitación que afecta este compartimento son las 02 hélices. (Figura No. 13)

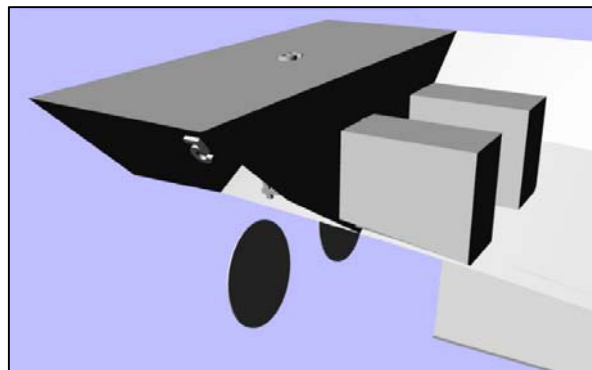


Figura No. 13 Subsistema "Servomotor"

2) El compartimento de “Sala de Máquinas” contiene 11 subsistemas de los cuales 10 son del tipo estructural y 1 del tipo volumétrico. Las fuentes de excitación en este compartimento son las 02 máquinas principales, 02 generadores y 01 bomba contra-incendio. (Figura No. 14)

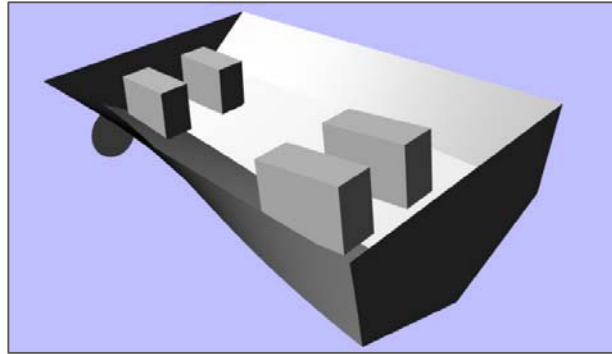


Figura No. 14 Subsistema “Sala de Máquinas”

3) El compartimento de “Alojamientos de la Cubierta 100” contiene 25 subsistemas de los cuales 20 son del tipo estructural y 5 del tipo volumétrico. La fuente de excitación en este compartimento es la planta de tratamiento de aguas grises y negras. (Figura No. 15)

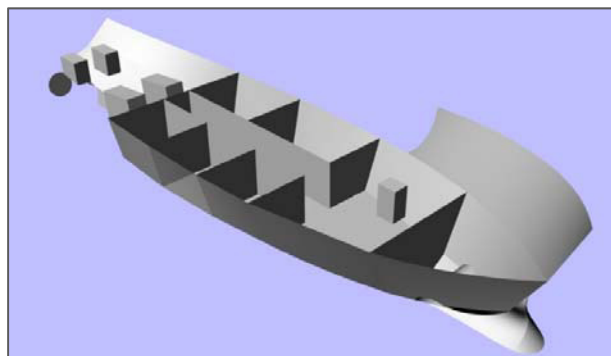


Figura No. 15 Subsistema “Alojamientos de la Cubierta 100”

4) El compartimento “Espacios de Cubierta Principal” contiene 121 subsistemas de los cuales 104 son del tipo estructural y 17 del tipo volumétrico. La fuente de excitación de este compartimento es la planta de aire acondicionado. (Figura No. 16)

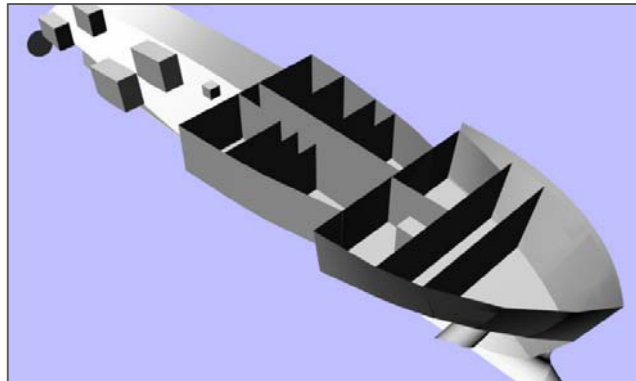


Figura No. 16 Subsistema “Espacios de Cubierta Principal”

5) El compartimento “Superestructura” contiene 19 subsistemas de los cuales 15 son del tipo estructural y 4 del tipo volumétrico. No existe fuente de excitación en este compartimento. (Figura No. 17)

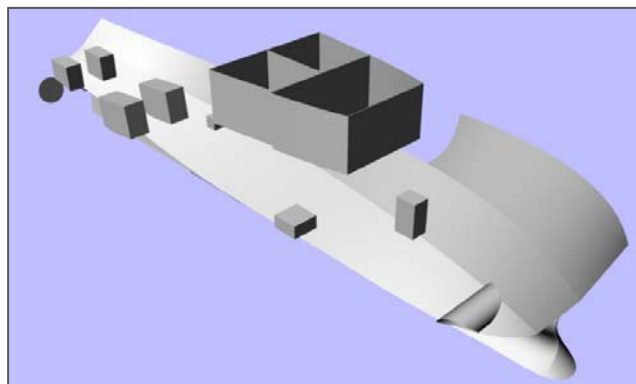


Figura No. 17 Subsistema “Superestructura”

Cada subsistema se relaciona entre sí mediante el “acoplamiento”; la Figura No. 18 presenta el esquema de la unión entre los subsistemas “Sala de Máquinas” y “Alojamientos de Cubierta 100”.

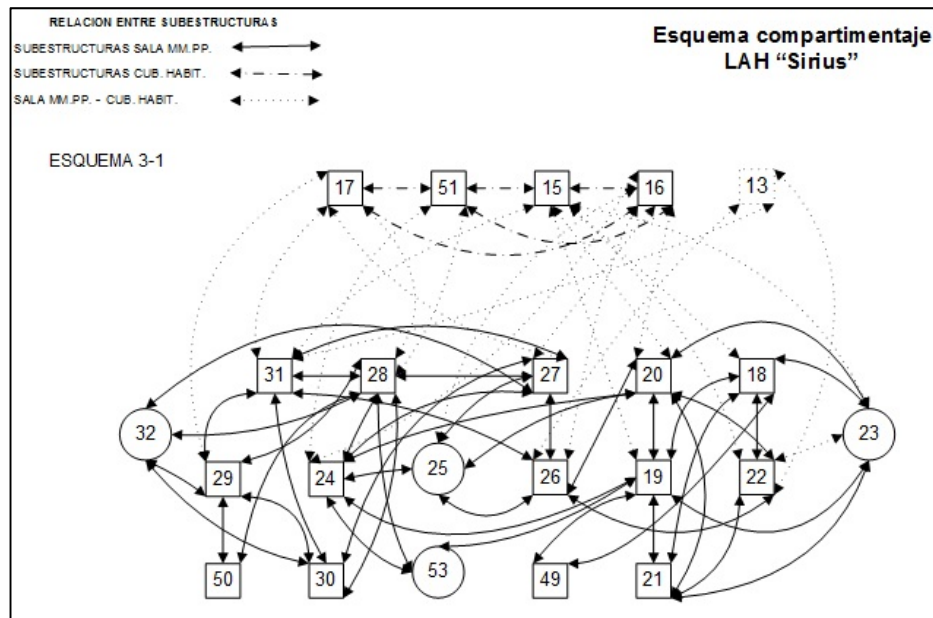


Figura No. 18 Detalle del acoplamiento de subsistemas en Sala de Máquinas y Alojamientos de Cubierta 100.

Para cada recuadro numerado corresponde un subsistema con propiedades físicas específicas y las líneas con flechas identifican los acoplamientos entre elementos, la relación para el caso presentado consiste en estructurales (cuadrados) acoplados con espacios volumétricos (círculos).

El Anexo B contiene la relación de acoplamiento entre los 185 subsistemas, los elementos estructurales son representados con **P** y los elementos volumétricos con **V**.

3.3 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DEL METODO SEA EN LANCHAS HIDROGRAFICAS “SIRIUS”

La predicción de niveles de presión y/o potencia sonora en base al Método SEA depende de la valoración de sus parámetros y la excitación presente en cada subsistema.

De los cuatro (4) parámetros que conforman la ecuación de balance sólo se detallará el correspondiente a las fuentes de excitación, los tres (3) restantes como densidad modal, factor de amortiguamiento y factor de acoplamiento son desarrollados directamente en el algoritmo para lenguaje Fortran¹³ presentado en el Anexo C. El archivo fuente y el archivo de datos (Anexo D) que incluyen las propiedades físicas tanto del material como del entorno necesarios para la evaluación de las ecuaciones (2.11) a (2.19) fueron desarrollados íntegramente por el autor de este trabajo; la rutina de resolución de ecuaciones lineales corresponde al procedimiento normalizado de Gauss-Seidell.

Para la obtención de los niveles de presión y/o potencia sonora de las fuentes de excitación de la embarcación modelo, se aplicarán las formulaciones expuestas en el numeral 2.4.4 observando las características principales del buque.

¹³ <https://software.intel.com/en-us/intel-visual-fortran-compiler-for-windows>

3.3.1 HELICE PROPULSORA

El siguiente procedimiento es aplicable sólo para hélices cavitantes. La determinación de la potencia de excitación de la hélice sobre el casco, en unidades [dB ref. 1 μ g], contiene dos etapas:

$$L_a = L_p + \Delta L_{pa}$$

1) Nivel de presión sonora del agua en cercanías de plancha del fondo casco.

Esta excitación depende de dos componentes de cavitación en el aspa de la hélice, uno en el borde y otro en la superficie, los cuales son evaluados para cada octavo de banda.

a) El ruido originado por la cavitación en la **punta de la pala** a 3 [pies] de la hélice y cuya determinación utiliza la formulación (2.20).

$$L_{pt} = 10 * \log \left[0.23 * n_b * \left(\frac{N_p}{60} \right)^3 * \left(\frac{D}{3.28} \right)^4 * \frac{1}{f_{br}} \right] + 155 + C_t$$

Número de palas, n_b : 4

RPM de la hélice, N_p : 400 [RPM]

Diámetro de la hélice, D : 4.50 [pies]

Velocidad de la unidad, v : 12 [nudos]

Eslora de la embarcación, L_s : $32.93 * 3.28 = 108.01$ [pies]

Velocidad de inyección, v_o : $v_o = 7 + (0.005 * L_s) = 7.54$ [nudos]

Razón v/v_o : 1.59

$$\text{Si } v/v_0 < 2.35, \quad C_t = 10 * \log \left[0.67 * \left(\frac{v}{v_0} - 1 \right) \right]$$

$$C_t = 10 * \log[0.67 * (1.59 - 1)] = -4.02$$

De la Figura No. 19 se obtiene como Frecuencia de corte, $f_{br} = 110$ [Hz].

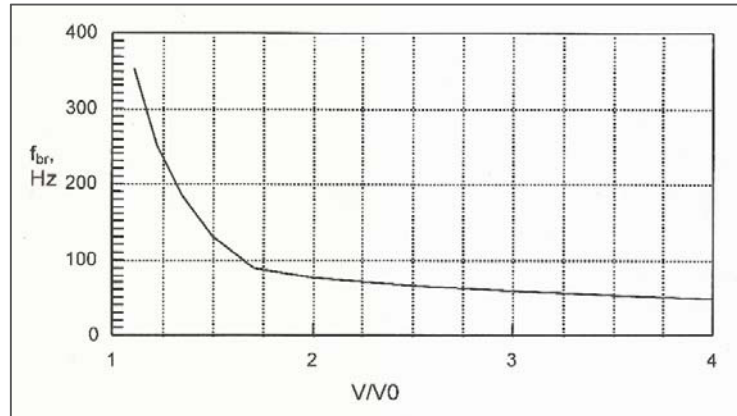


Figura No. 19 Frecuencia de Corte al borde de la pala [5].

Finalmente la evaluación del ruido originado por la cavitación en la punta de la pala es la siguiente:

$$L_{pt} = 10 * \log \left[0.23 * n_b * \left(\frac{N_p}{60} \right)^3 * \left(\frac{D}{3.28} \right)^4 * \frac{1}{f_{br}} \right] + 155 + C_t$$

$$L_{pt} = 10 * \log \left[0.23 * 4 * \left(\frac{400}{60} \right)^3 * \left(\frac{4.50}{3.28} \right)^4 * \frac{1}{110} \right] + 155 - 4.02$$

$$L_{pt} = 160 \text{ [dB] re } 1\mu\text{Pa @ } 110 \text{ [Hz]}$$

b) El ruido debido a la cavitación de la **superficie de la pala** a 3 [pies] de la hélice y cuya determinación se utiliza la formulación (2.21):

$$L_{pb} = 10 * \log \left[0.23 * n_b * \left(\frac{N_p}{60} \right)^3 * \left(\frac{D}{3.28} \right)^4 * \frac{1}{f_{br}} \right] + 168 + C_b \quad (2.21)$$

$$\text{y además } C_b = 20 * \log \left[1 - \frac{v_o}{v} \right] = 20 * \log \left[1 - \frac{7.54}{12} \right] = -8.60$$

La Frecuencia de Corte, $f_{br} = 750$ [Hz], se determina de la Figura No. 20 siendo su parámetro el diámetro de la hélice y la relación $v/v_o = 1.59$

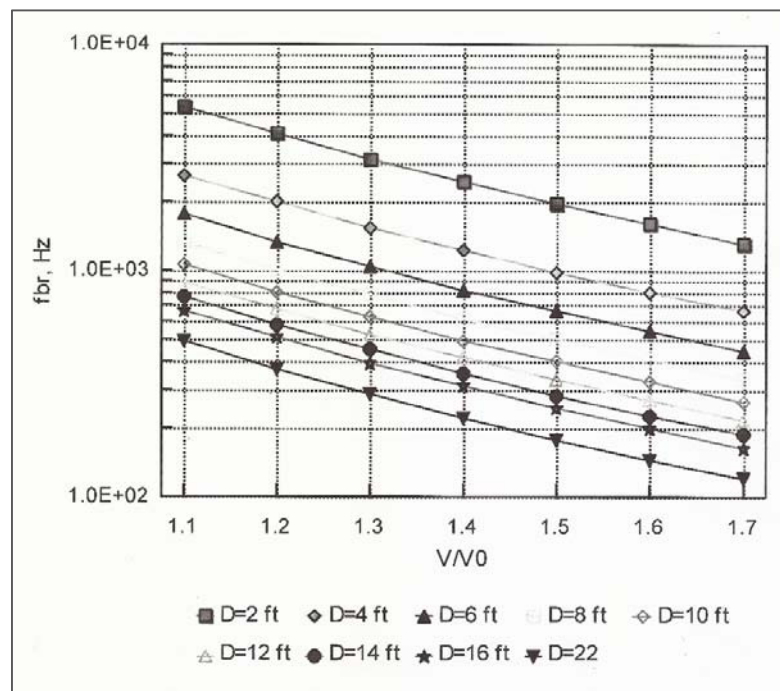


Figura No. 20 Frecuencia de Corte de superficie de la pala [5].

La evaluación del ruido originado por la cavitación en la superficie de la pala queda de la siguiente forma:

$$L_{pb} = 10 * \log \left[0.23 * n_b * \left(\frac{N_p}{60} \right)^3 * \left(\frac{D}{3.28} \right)^4 * \frac{1}{f_{br}} \right] + 168 + C_b$$

$$L_{pb} = 10 * \log \left[0.23 * 4 * \left(\frac{400}{60} \right)^3 * \left(\frac{4.50}{3.28} \right)^4 * \frac{1}{750} \right] + 168 - 8.60$$

$$L_{pb} = 160 \text{ [dB] re } 1\mu\text{Pa @ } 750 \text{ [Hz]}$$

Una vez obtenidos los niveles de ruido de la cavitación en la punta y en la superficie del aspa de la hélice, se deben interpolar los valores restantes para cada octavo de banda según procedimiento indicado en [5]; los resultados son presentados en la Figura No. 21.

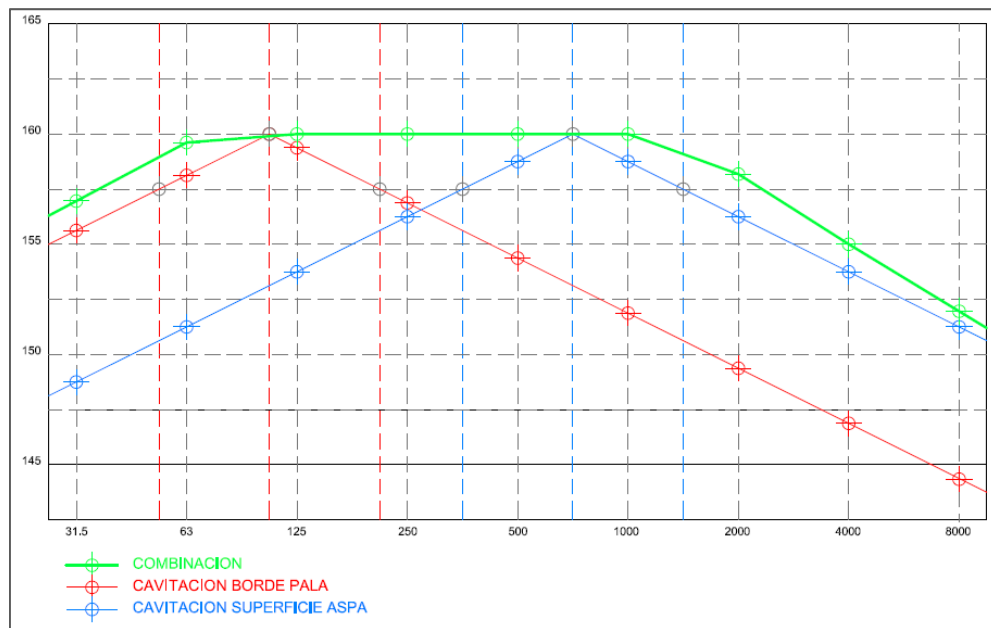


Figura No. 21 Ruido de la Hélice a 3[pies] del borde de las aspas

Mediante la formulación (2.22) se hace la adición (combinación) de los niveles de presión sonora indicados para finalmente determinar el nivel de ruido radiado por la hélice a 3 [pies] del borde de las aspas (Tabla No. 11).

Las unidades de medida del nivel de presión sonora encontrado es [dB] y su parámetro referencial es [μPa].

	Frecuencias en Octavos de Banda, [Hz]								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Borde, L_{pt} [dB] re 1 μPa	156	158	159	157	154	152	149	147	144
Aspas, L_{pb} [dB] re 1 μPa	148	151	154	157	159	159	157	154	151
Combinación, $L_{p3'}$ [dB] re 1 μPa	157	159	160	160	160	160	158	155	152

Tabla No. 11 Ruido de la Hélice observado a 3[pies] del borde de aspas

Mediante la formulación (2.24) se determina el nivel de presión sonora del agua en cercanías de la estructura, L_p

$$L_p = L_{p3'} - \left(10 * \log \left[\frac{(0.1D + d_t)}{0.1D + 3.} \right] \right)$$

Diámetro de la hélice, D : 4.50 [pies]

Distancia entre punta de hélice a plancha del casco, d_t : 1.8 [pies]

$$L_p = L_{p3'} - \left(10 * \log \left[\frac{(0.1 * 4.5) + 1.8}{(0.1 * 4.5) + 3.} \right] \right) = L_{p3'} + 2$$

2) Determinación de función de transferencia presión sonora - nivel de aceleración.

La función de transferencia, ΔL_{pa} , se obtiene de la Figura No. 22 la cual considera el espesor del planchaje de acero del casco para cada octavo de banda.

Dado que el espesor de la plancha es 0.00635 [m], se escoge el espesor equivalente de 0.25 [pulg].

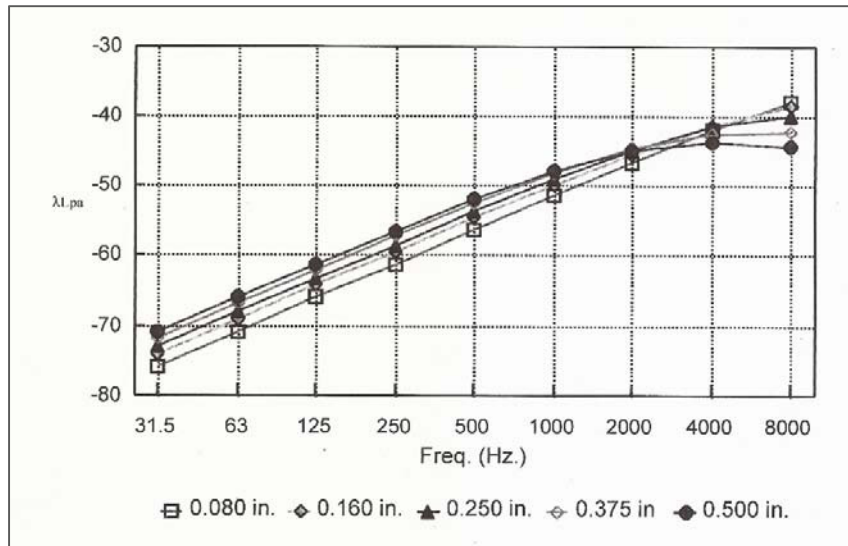


Figura No. 22 Función de transferencia según espesor del acero [5]

La Tabla No. 12 muestra los coeficientes de la Función de Transferencia ΔL_a que servirán para estimar el nivel de aceleración de las planchas cercanas a las hélices. Adicionalmente y según recomendación de SNAME [5], se añadirá 5 [dB] en el octavo de banda más próximo que corresponda a la razón de paso del aspa.

	Frecuencias en Octavos de Banda, [Hz]								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Coeficientes ΔL_a Función Transferencia	-75	-69	-65	-60	-56	-51	-48	-42	-40

Tabla No. 12 Coeficientes de Función de Transferencia

$$\text{Octavo del Paso del aspa: } n_b * \frac{N_P}{60} = 4 * \frac{400}{60} = 26.6 \text{ [Hz]} \approx 31.5 \text{ [Hz]}$$

La Tabla No. 13 presenta la aplicación de la formulación (2.23) resultando el nivel de vibración del casco debido al efecto de la hélice como fuente de excitación: $L_a = L_p + \Delta L_{pa}$

	Frecuencias en Octavos de Banda, [Hz]								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Combinación L_{p3} [dB] re 1 μ Pa	157	159	160	160	160	160	158	155	152
Corrección factor L_p	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Factor L_p	159	161	162	162	162	162	160	157	154
Coefficientes ΔL_a	-75	-69	-65	-60	-56	-51	-48	-42	-40
Corrección paso aspa	5								
L_a [dB re 1 μ G]	89	92	97	102	106	111	112	115	114

Tabla No. 13 Potencia de Excitación debido a Hélices [5]

Esta vibración es la que se transmite directamente al espacio del servomotor y se utilizará como fuente de excitación de la hélice.

3.3.2 MAQUINARIA PRINCIPAL

Según SNAME [5] la maquinaria principal produce dos tipos de excitación: aérea y estructural. El ruido debido a la descarga de gases tiene radiación tipo aérea y su valoración aplica la formulación (2.25):

$$L_w = 77 + (10 * \log[P * R_{RPM}]) + \left(30 * \log \left[\frac{O_{RPM}}{R_{RPM}} \right] \right) + \left(10 * \log \left[\frac{1}{\left[\left(\frac{f_r}{f} \right)^3 + \left(\frac{f}{f_r} \right) \right]} \right] \right)$$

Potencia del motor, P : 500 [kW]

RPM de placa del motor, R_{RPM} : 2100

RPM de servicio del motor, O_{RPM} : $0.85 * 2100 = 1800$

Frecuencia de la razón de encendido, f_r , en [Hz]

$$f_r = \text{Número cilindros} * O_{RPM} * \left(\frac{2}{60 * \# \text{tiempos}} \right)$$

$$f_r = 6 * 1800 * \frac{2}{60 * 4} = 90 \text{ [Hz]}$$

Nivel de ruido radiado al aire [dB re 1 μ W]									
Frecuencias en Octavos de Banda, [Hz]	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_w [dB re 1 μ W]	121	130	133	131	128	125	122	119	116

Tabla No. 14 Potencia de Excitación descarga de gases CAT-C18

El ruido radiado por la carcasa del motor es, de igual manera, de propagación aérea y se aplicará la formulación (2.26) aplicable para motores con velocidad de operación es superior a 700 RPM.

$$L_w = 57 + 10 * \log \left[\frac{R_{RPM} * P * \left(1 + \frac{P}{m} \right)}{\left(\frac{f}{1000} + \frac{1000}{f} \right)} \right] + 20 * \log \left[\frac{O_{RPM}}{R_{RPM}} \right]$$

Masa del motor, m: 1950 [kg]

Nivel de ruido radiado al aire [dB re 1 μ W]									
Frecuencias en Octavos de Banda, [Hz]	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_w [dB re 1 μ W]	102	105	108	111	113	114	113	111	108

Tabla No. 15 Potencia de Excitación radiación en carcasa CAT-C18

La excitación final radiada por la vía aérea es la suma logarítmica de los valores obtenidos en la descarga de gases y la carcasa. Por consiguiente la potencia de excitación radiada al compartimento de máquinas debido a la acción de un solo motor se tabula en la Tabla No. 16.

Nivel de ruido radiado al aire por un motor [dB re 1 μ W]									
Frecuencias en Octavos de Banda, [Hz]	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_w -gases-	121	130	133	131	128	125	122	119	116
L_w -carcasa-	102	105	108	111	113	114	113	111	108
L_w [dB re 1 μ W]	122	130	133	131	128	125	122	119	116

Tabla No. 16 Potencia de Excitación radiada al aire por motor CAT-C18

En el caso de la vibración transmitida por una excitación y que se propaga estructuralmente por los elementos del casco, SNAME [5] propone la formulación (2.28) para determinar el nivel de potencia acústico [dB ref. 1 μ g] y luego, este resultado debe corregirse a los valores de ajuste según presenta la Tabla No. 17.

$$L_w = [-20 * \log(W)] + [20 * \log(HP)] + \left[30 * \log\left(\frac{RPM}{O_{RPM}}\right) \right] + 124$$

Peso bruto del motor, W : 4299 [lb]

Potencia de servicio del motor, HP : 670 [HP]

RPM de placa del motor, R_{RPM} : 2100

RPM de servicio del motor, O_{RPM} : $0.85 * 2100 = 1800$

$$L_W = [-20 * \log(4299)] + [20 * \log(670)] + \left[30 * \log\left(\frac{2100}{1800}\right) \right] + 124$$

$$L_W = 110 \text{ [dB re } 1\mu\text{G]}$$

	Nivel de vibración radiado a la estructura [dB re 1 μG]								
f, [Hz]	31.5	63.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Coefficientes de Ajuste	0	5	11	16	21	27	29	27	22
L_W	110	115	121	126	131	137	139	137	132

Tabla No. 17 Potencia de Excitación radiada a estructura por CAT-C18

3.3.3 MAQUINARIA AUXILIAR

Tal como se mencionó en el numeral 2.4.4.3, el cálculo de niveles de presión y potencia sonora de la maquinaria auxiliar es similar al de la principal por ser ambos casos motores diésel. De la Tabla No. 10 se conoce que el modelo de generador utilizado es Caterpillar C4.4 [29].

$$L_W = 77 + (10 * \log[P * R_{RPM}]) + \left(30 * \log\left[\frac{O_{RPM}}{R_{RPM}}\right] \right) + \left(10 * \log\left[\frac{1}{\left[\left(\frac{f_r}{f}\right)^3 + \left(\frac{f}{f_r}\right)\right]} \right] \right)$$

Potencia del motor, P : 99 [kW]

RPM de placa del motor, R_{RPM} : 1800

RPM de servicio del motor, O_{RPM} : 1800

Frecuencia de la razón de encendido, f_r , en [Hz]

$$f_r = \text{Número cilindros} * O_{RPM} * \left(\frac{2}{60 * \# \text{tiempos}} \right)$$

$$f_r = 4 * 1800 * \frac{2}{60 * 4} = 60 \text{ [Hz]}$$

Nótese que las RPM de giro del motor y las RPM de operación son las mismas por tratarse de un generador. La Tabla No. 18 muestra el ruido radiado debido a los gases de la descarga.

Nivel de ruido radiado al aire [dB re 1 μ W]									
Frecuencias en Octavos de Banda, [Hz]	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_w [dB re 1 μ W]	121	127	126	123	120	117	114	111	108

Tabla No. 18 Potencia de Excitación descarga de gases CAT-C4.4

Para el ruido radiado por la carcasa del motor se aplicará de igual manera la formulación (2.26) válida para motores con velocidad de operación es superior a 700 RPM.

$$L_w = 57 + 10 * \log \left[\frac{R_{RPM} * P * \left(1 + \frac{P}{m}\right)}{\left(\frac{f}{1000} + \frac{1000}{f}\right)} \right] + 20 * \log \left[\frac{O_{RPM}}{R_{RPM}} \right]$$

Masa del motor, m: 1029 [kg]

Nivel de ruido radiado al aire [dB re 1 μ W]									
Frecuencias en Octavos de Banda, [Hz]	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_w [dB re 1 μ W]	95	98	101	104	106	107	106	104	101

Tabla No. 19 Potencia de excitación radiación en carcasa CAT-C4.4

Como en el numeral 3.3.2, la excitación final radiada por la vía aérea es la suma logarítmica de los valores obtenidos en las Tablas No. 18 y 19. Por

consiguiente la potencia de excitación radiada al compartimento de máquinas debido a la acción de un solo generador se tabula en la Tabla No. 20

Nivel de ruido radiado al aire por un motor [dB re 1 μ W]									
Frecuencias en Octavos de Banda, [Hz]	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_w -gases-	121	127	126	123	120	117	114	111	108
L_w -carcasa-	95	98	101	104	106	107	106	104	101
L_w [dB re 1 μ W]	121	127	126	123	120	118	115	112	109

Tabla No. 20 Potencia de Excitación radiada al aire por motor CAT-C4.4

Para el caso de la vibración transmitida por una excitación y propagada estructuralmente por los elementos del casco, se utiliza la formulación (2.28) se obtiene el siguiente nivel de potencia acústico [dB ref. 1 μ g]

$$L_w = [-20 * \log(W)] + [20 * \log(\text{HP})] + \left[30 * \log\left(\frac{\text{RPM}}{O_{\text{RPM}}}\right) \right] + 124$$

Peso bruto del motor, W : 2299 [lb]

Potencia de servicio del motor, HP : 132.80 [HP]

RPM de placa del motor, R_{RPM} : 1800

RPM de servicio del motor, O_{RPM} : 1800

$$L_w = [-20 * \log(2299)] + [20 * \log(132.8)] + \left[30 * \log\left(\frac{1800}{1800}\right) \right] + 124$$

$L_w = 99$ [dB re 1 μ G]

El valor de L_w es corregido utilizando los valores de coeficientes de ajuste de la Tabla No. 17.

Nivel de vibración radiado a la estructura [dB re 1 μ G]									
f, [Hz]	31.5	63.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Coeficientes de Ajuste	0	5	11	16	21	27	29	27	22
L_w	99	104	110	115	120	126	128	126	121

Tabla No. 21 Potencia de Excitación radiada a estructura por CAT-C4.4

No se evaluará la potencia de excitación del Generador C4.4 DINA de 44 [kW] por tratarse del generador auxiliar y cuya explotación no forma parte del régimen de operación normal de la unidad.

3.3.4 COMPRESORES DE REFRIGERACION A/A

Tal como se indicó en 2.4.4.4 el compresor es la fuente de ruido predominante en plantas de aire acondicionado y se lo considerará como única fuente aérea de excitación.

La L.A.H “Sirius” posee 03 chillers de marca Technicold, modelo CW48C [27], cada uno de 48,000 [BTU/h] y situados en la bodega de proa de la cubierta principal. Su conexión es en paralelo y la potencia nominal individual es 14 [kW]; para efectos de estimar una fuente única se considera que los tres chillers funcionan de manera simultánea por lo que su potencia observada es 42 [kW].

Frecuencias en octavas de banda [Hz]									
Potencia 42 [kW]	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p [dB ref 20 μ Pa]	79	83	84	85	86	84	82	78	72

Tabla No. 22 Niveles de Presión Sonora 03 Chillers 48k [BTU/h]

Los valores indicados en la Tabla No. 22 corresponden a la recomendación indicada por Bies y Hansen [20] respecto a la potencia estimada de compresores en planta de aire acondicionado.

3.3.5 UNIDAD DE VENTILACION HVAC

En el numeral 2.4.4.5 se mencionó que el nivel de potencia acústica radiada al ambiente por unidades de ventilación depende del tipo de direccionamiento del flujo sea este axial o centrífugo. No se considerará el nivel de vibración que los ventiladores transmiten a la estructura porque su instalación fue realizada sobre amortiguadores de caucho.

Del Reporte de ASTINAVE-EP [27] se indica que lancha posee 02 ventiladores y 02 extractores en sala de máquinas, 01 ventilador y 01 extractor en la bodega de proa y el cuarto de bombas y 02 extractores en la cocina y pañol de alimentos; el diámetro común de todos ellos es 17" y tipo airfoil.

El cálculo del nivel de potencia acústica de un ventilador o extractor debe tener presente las recomendaciones de Gerges [1] respecto al efecto de la

frecuencia de paso y la aplicación de la formulación (2.29) propuesta por Barron [26] tal como se indica:

$$L_W = L_W(B) + \left(10 * \log \left[\frac{Q}{Q_0}\right]\right) + \left(20 * \log \left[\frac{P}{P_0}\right]\right) + B_T$$

Nivel de potencia sonora base, $L_W(B)$, según Tabla No. 8

Componente de frecuencia donde $B_T=0$, excepto para el octavo de banda donde se sitúa la frecuencia de paso.

Ventilador Axial	Componente Aspas BT, dB	Frecuencias en octavos de banda, [Hz].							
		63.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Airfoil	3	35	35	34	32	31	26	18	10

Tabla No. 23 Nivel de Potencia Sonora tipos Airfoil. [20]

La Frecuencia de Paso, f_B , es el número de veces que las aspas pasan la abertura del ventilador (extractor) siendo su medida en [Hz]. Esta frecuencia deberá ser aproximada al octavo de banda que corresponda.

$$F_B = n_r * N_b$$

Velocidad angular del ventilador, n_r : 28.75 [RPS]

Número de aspas del ventilador, N_b : 6

$$F_B = 28.75 * 6 = 172.5 \text{ [Hz]} \text{ y corresponde al octavo de banda 125 [Hz].}$$

Razón de flujo volumétrico del ventilador, Q : 1069. [pies³/min]

Razón de flujo volumétrico referencial, Q_0 : 1. [pies³/min]

Cabezal de presión del ventilador, P: 1. [pulg. H₂O]

Cabezal de presión referencial, P_o: 1. [pulg. H₂O].

$$L_W = L_W(B) + \left(10 * \log \left[\frac{1069}{1} \right] \right) + \left(20 * \log \left[\frac{1}{1} \right] \right) + B_T$$

$$L_W = L_W(B) + 30 + B_T \quad (3.1)$$

La Tabla No. 24 muestra la tabulación de la potencia sonora para un ventilador de 17" axial tipo airfoil perteneciente a la L.A.H. "Sirius".

Frecuencias en octavas de banda [Hz]									
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L _W (B)	32	35	35	34	32	31	26	18	10
B _T	0	0	3	0	0	0	0	0	0
De formulación (3.1)	30	30	30	30	30	30	30	30	30
L _W [dB ref 20 μW]	62	65	68	64	62	61	56	48	40

Tabla No. 24 Nivel de Potencia Sonora de Ventilador 17"

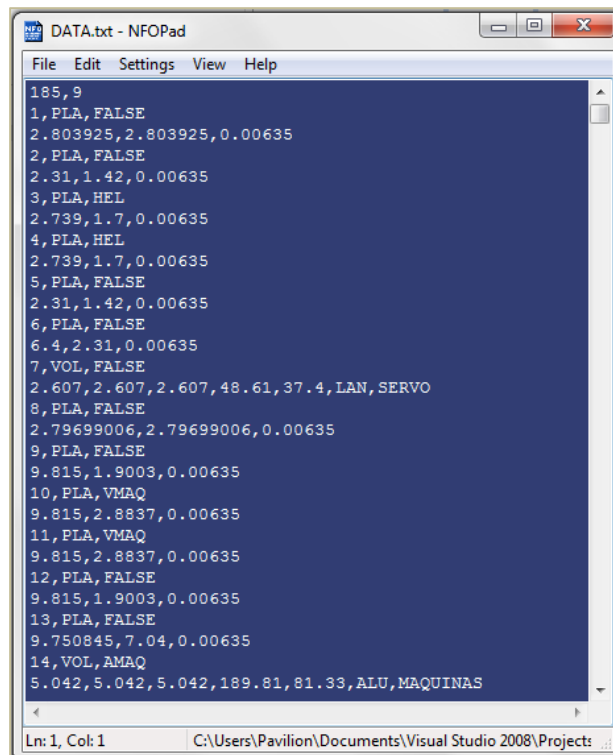
A fin de considerar el efecto global de ventiladores y extractores en los compartimentos indicados, la Tabla No. 25 presenta esta contribución.

Nivel de Potencia Sonora L _W [dB ref 20 μW]									
Frecuencia, [Hz]	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Sala Máquinas	68	71	74	70	68	67	62	54	46
Bodega proa	65	68	71	67	65	64	59	51	43
Cuarto de Bombas	65	68	71	67	65	64	59	51	43
Cocina	65	68	71	67	65	64	59	51	43
Pañol de Alimentos	65	68	71	67	65	64	59	51	43

Tabla No. 25 Efectos Potencia Sonora de Ventiladores en compartimentajes

3.4 CALCULO DE RESPUESTAS EN LA EMBARCACION MODELO

Tal como se mencionó en el numeral 3.3, para la evaluación del modelo de la embarcación se desarrolló un algoritmo en lenguaje Fortran, este programa recibe como entrada un archivo de datos organizado en cuatro (4) bloques y que contiene la información de los 185 subsistemas y sus acoplamientos: 1) Cantidad total de subsistemas y de frecuencias en octava de banda, 2) Número de subsistema, identidad y fuente de excitación, 3) Propiedades físicas de cada subsistema y, 4) Identificación de subsistemas acoplados y sus propiedades. El archivo completo se muestra en el Anexo D y la Figura No. 23 esquematiza la apariencia del mismo.



```

DATA.txt - NFOPad
File Edit Settings View Help
185,9
1,PLA,FALSE
2.803925,2.803925,0.00635
2,PLA,FALSE
2.31,1.42,0.00635
3,PLA,HEL
2.739,1.7,0.00635
4,PLA,HEL
2.739,1.7,0.00635
5,PLA,FALSE
2.31,1.42,0.00635
6,PLA,FALSE
6.4,2.31,0.00635
7,VOL,FALSE
2.607,2.607,2.607,48.61,37.4,LAN,SERVO
8,PLA,FALSE
2.79699006,2.79699006,0.00635
9,PLA,FALSE
9.815,1.9003,0.00635
10,PLA,VMAQ
9.815,2.8837,0.00635
11,PLA,VMAQ
9.815,2.8837,0.00635
12,PLA,FALSE
9.815,1.9003,0.00635
13,PLA,FALSE
9.750845,7.04,0.00635
14,VOL,AMAQ
5.042,5.042,5.042,189.81,81.33,ALU,MAQUINAS
Ln: 1, Col: 1 C:\Users\Pavilion\Documents\Visual Studio 2008\Projects

```

Figura No. 23 Archivo de datos de subsistemas

El objetivo final es determinar la energía que fluye entre cada subsistema y de manera particular, la energía que fluye entre los subsistemas de tipo volumétrico ya que estos representan a los compartimentos en donde la tripulación cumple actividades laborales y de descanso.

3.4.1 CANTIDAD TOTAL DE SUBSISTEMAS Y DE FRECUENCIAS EN OCTAVA DE BANDA

Este bloque sólo contiene un renglón e indica el número de subsistemas y el número de frecuencias en octavas de banda leyéndose así: 185, 9. En el archivo fuente la variable TSUB representa a 185 y NF representa a 9 siendo las frecuencias de octavas de banda: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000. Puesto que la energía es la variable por determinarse del sistema de ecuaciones lineales, cada una de las 185 amplitudes de energía deberán evaluarse por cada octava de banda, esto es, para 9 frecuencias diferentes.

3.4.2 NUMERO DE SUBSISTEMA, IDENTIDAD Y FUENTE DE EXCITACION

Este bloque contiene la numeración de cada subsistema, en este caso, desde el 1 al 185, así también especifica la identificación o naturaleza del subsistema, ya sea estructural (tipo plancha ó PLA) o un espacio volumétrico (VOL), adicionalmente señala si el subsistema está sujeto a alguna fuente de excitación. Las fuentes ya fueron definidas en el numeral 3.3, su inclusión en

el archivo fuente está antecedido por “A” si es de naturaleza aérea o “V” si es de naturaleza vibratoria estructural. En caso de no existir excitación, el subsistema está acompañado de la frase “FALSE” la que previene al programa de asignar valores al subsistema. Todas las fuentes de excitación fueron incluidas en el archivo fuente como variable DATA.

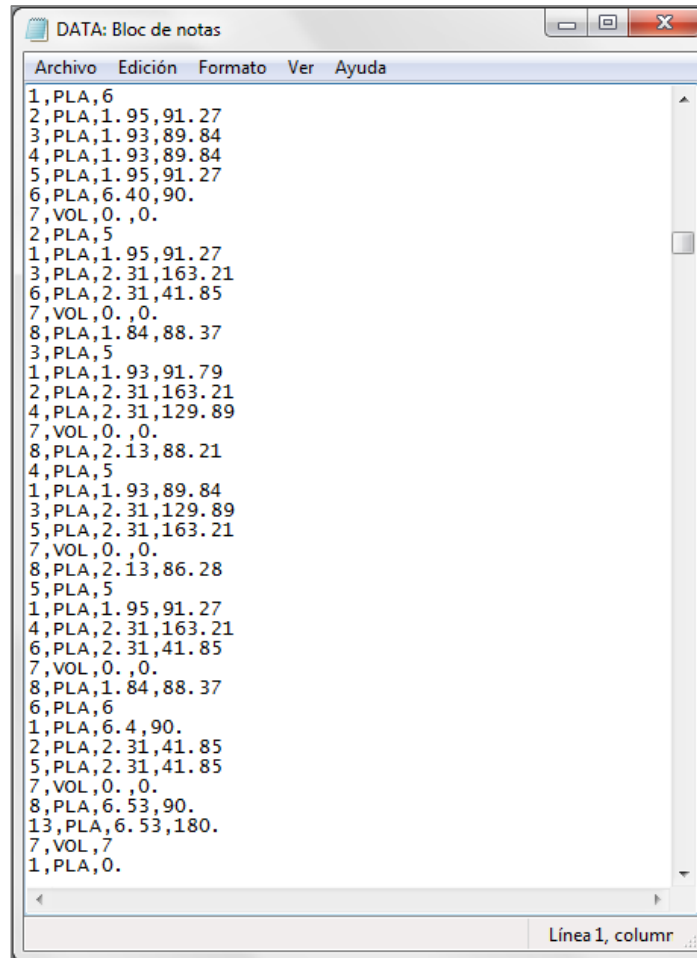
3.4.3 PROPIEDADES FISICAS DE CADA SUBSISTEMA

El tercer bloque consiste en definir las dimensiones físicas de cada subsistema. En el caso de planchas (PLA) estas fueron definidas por su largo, ancho y espesor; y para los espacios volumétricos (VOL) se indica el largo, ancho, alto del espacio, así también la sumatoria del área de todas sus caras, la longitud total de las aristas que contienen al espacio, el tipo de recubrimiento de las paredes ya sea lana de vidrio (LAN) o Alucobond (ALU) lo que define al coeficiente de transmisión y; la fuente de excitación presente en el compartimento siendo su propagación exclusivamente de naturaleza aérea.

3.4.4 IDENTIFICACION DE SUBSISTEMAS ACOPLADOS Y SUS PROPIEDADES

El cuarto bloque contiene dos partes; la primera parte define el número de subsistema, su identificación estructural (PLA) o de espacio volumétrico (VOL) y la cantidad de acoplamientos que posee este subsistema. La segunda parte define al subsistema de acoplamiento, su identificación estructural ó

volumétrica, la longitud lineal del acoplamiento entre ambos subsistemas y el ángulo que forma entre los subsistemas acoplados. La Figura No. 24 presenta el archivo de datos con la descripción indicada.



```

1, PLA, 6
2, PLA, 1. 95, 91. 27
3, PLA, 1. 93, 89. 84
4, PLA, 1. 93, 89. 84
5, PLA, 1. 95, 91. 27
6, PLA, 6. 40, 90.
7, VOL, 0. , 0.
2, PLA, 5
1, PLA, 1. 95, 91. 27
3, PLA, 2. 31, 163. 21
6, PLA, 2. 31, 41. 85
7, VOL, 0. , 0.
8, PLA, 1. 84, 88. 37
3, PLA, 5
1, PLA, 1. 93, 91. 79
2, PLA, 2. 31, 163. 21
4, PLA, 2. 31, 129. 89
7, VOL, 0. , 0.
8, PLA, 2. 13, 88. 21
4, PLA, 5
1, PLA, 1. 93, 89. 84
3, PLA, 2. 31, 129. 89
5, PLA, 2. 31, 163. 21
7, VOL, 0. , 0.
8, PLA, 2. 13, 86. 28
5, PLA, 5
1, PLA, 1. 95, 91. 27
4, PLA, 2. 31, 163. 21
6, PLA, 2. 31, 41. 85
7, VOL, 0. , 0.
8, PLA, 1. 84, 88. 37
6, PLA, 6
1, PLA, 6. 4, 90.
2, PLA, 2. 31, 41. 85
5, PLA, 2. 31, 41. 85
7, VOL, 0. , 0.
8, PLA, 6. 53, 90.
13, PLA, 6. 53, 180.
7, VOL, 7
1, PLA, 0.

```

Figura No. 24 Archivo de datos de subsistemas y acoples

El archivo de datos contiene la secuencia completa de cada subsistema y sus acoplamientos por lo cual su presentación resulta extensa. Una posterior optimización del archivo fuente puede mejorar la preparación del archivo de datos o fraccionarlo pero aquello no es objeto de este Examen Complexivo.

La preparación del sistema de ecuaciones mostrado en 2.8 se realiza dentro de los cálculos propios del programa y utilizando las formulaciones detalladas en el Capítulo 2.

Una particularidad especial en el Método SEA es que la matriz de coeficientes es de poca densidad (en inglés “sparse”) y su tipo es diagonalmente dominante; lo anterior facilita la selección del método de resolución del sistema de ecuaciones siendo recomendable “Gauss-Seidell”. Las iteraciones que el Método Gauss-Seidell realiza para encontrar el valor de cada incógnita de energía (lo más cercano al valor de tolerancia deseado, en este caso, $1E-6$) no son un problema gracias a la ventaja de la velocidad de los procesadores de computadoras contemporáneas.

Expuesto lo anterior, los resultados de los niveles de presión sonora por compartimento se detallan a continuación; su organización está basada según la cubierta de pertenencia:

1. Cubiertas 100 y Fondos.

La Tabla No. 26 muestra los niveles de presión de los compartimentos señalados; nótese que la Sala de Máquinas contiene los mayores valores de

niveles de presión sonora, esto era de esperarse por la concentración de diferentes maquinarias en tan reducido espacio.

Compartimento	Frecuencias en Octavas de Banda [Hz]								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Servomotor	69	72	71	65	68	74	77	80	80
Sala Máquinas	130	131	127	124	118	109	99	96	88
Doble Fondo Popa	59	63	61	56	59	65	67	69	69
Doble Fondo Proa	45	55	61	59	73	84	87	89	79
Pañol de Cadenas	31	30	25	25	41	53	59	63	64

Tabla No. 26 Niveles de Presión Sonora Cubierta 100 y Fondos en [dB]

La Figura No. 25 esquematiza la ubicación de los compartimentos de Cubierta 100 y Fondos.

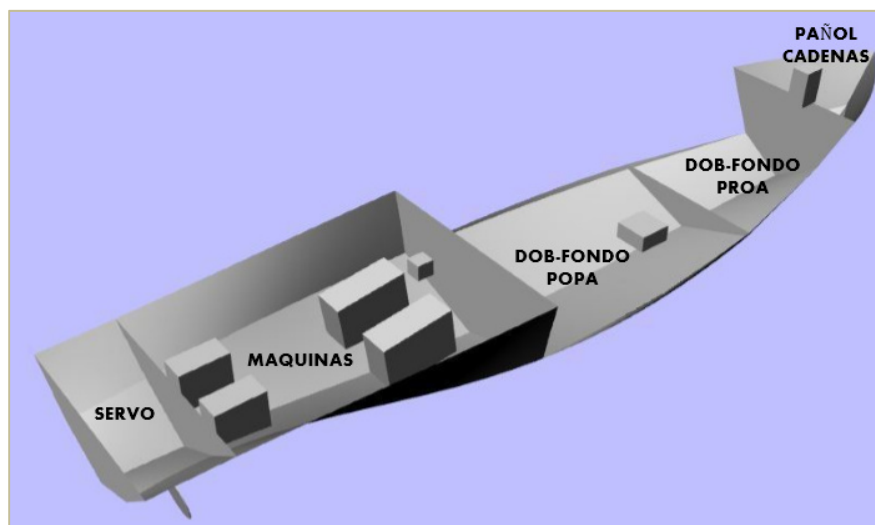


Figura No. 25 Compartimentos de Cubierta 100 y Fondos

2. Cubierta de Habitabilidad

La Tabla No. 27 muestra los niveles de presión de los compartimentos señalados siendo la Cámara de Oficiales y la Cocina los que presentan una respuesta elevada.

El efecto que tiene la cercanía de la Cámara de Oficiales a Sala de Máquinas se observa en la respuesta mientras que la ventilación de la Cocina es la única fuente de excitación del compartimento; su elevada respuesta depende de la forma como este subsistema se acopla al resto.

Compartimento	Frecuencias en Octavas de Banda [Hz]								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Cámara Oficiales	68	73	74	72	76	82	81	80	76
Pasillo	60	63	61	56	57	63	65	67	67
Camarote 1	67	73	73	70	75	82	83	85	77
Baño 1	43	55	60	58	72	82	84	87	76
Camarote 2	55	63	66	63	73	83	85	87	77
Cocina	80	77	74	68	67	74	75	75	72
Bodega Cub. Hab.	71	65	59	50	47	55	58	61	61

Tabla No. 27 Niveles de Presión Sonora Cubierta de Habitabilidad en [dB]

La Figura No. 26 esquematiza la ubicación de los compartimentos de la Cubierta Habitabilidad.

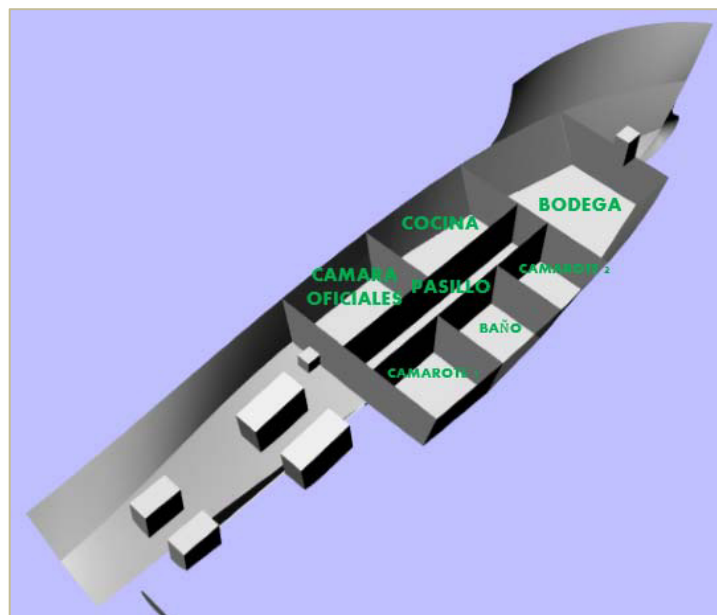


Figura No. 26 Compartimentos de Cubierta Habitabilidad

3. Cubierta Principal Proa.

La Tabla No. 28 muestra los niveles de presión de los compartimentos señalados siendo la Sala A/A y la Bodega principal los que poseen el mayor nivel de presión sonora. Cabe indicar que los compartimentos de la proa fueron recubiertos con Alucobond siendo su aislamiento diferente al de la lana de vidrio utilizada en los otros compartimentos.

Compartimento	Frecuencias en Octavas de Banda [Hz]								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Camarote Oficiales	34	48	55	52	67	79	82	85	74
Pasillo Principal	32	41	45	37	48	58	62	65	65
Baño Ppal Eb 1	33	47	56	51	70	82	85	88	76
Baño Ppal Eb 2	33	47	55	51	70	82	85	88	76
Camarote Comandante	34	42	50	47	65	78	82	85	74
Sala A/A	95	90	82	78	70	61	60	64	64
Bodega Cubierta Principal	83	80	77	72	68	53	78	82	64
Sala Generador Auxiliar	95	52	58	55	69	80	83	86	75
Laboratorio Hidrografía	34	47	55	51	67	79	82	85	74
Baño Ppal Bb 1	34	47	55	51	68	81	84	87	75
Camarote Técnicos	26	37	46	42	63	76	81	84	73
Peak Proa	10	17	25	17	36	50	56	61	61

Tabla No. 28 Niveles de Presión Sonora Cubierta Principal proa en [dB]

La Figura No. 27 esquematiza la ubicación de los compartimentos de la Cubierta Principal Proa.

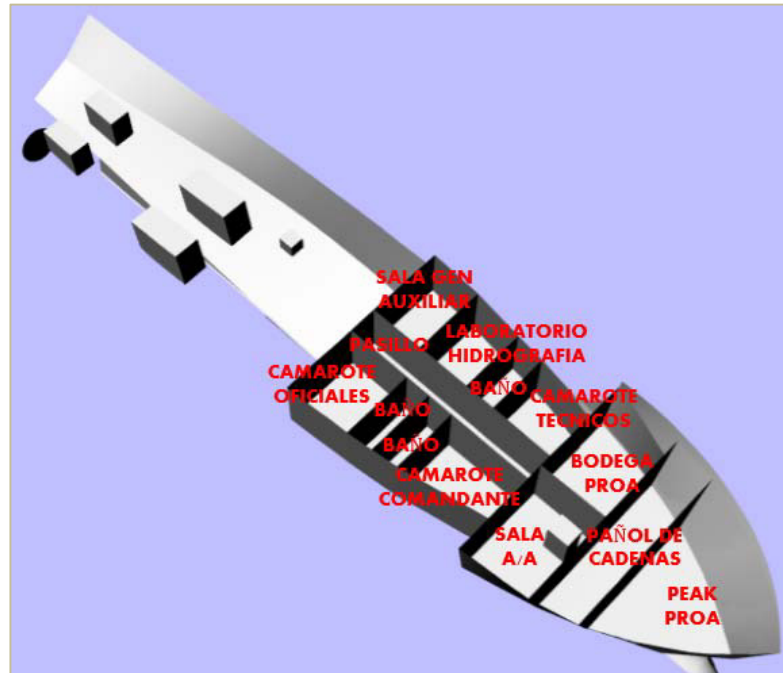


Figura No. 27 Compartimentos de Cubierta Principal Proa

4. Puente de Gobierno

La Tabla No. 29 muestra los niveles de presión de los compartimentos señalados.

Compartimento	Frecuencias en Octavas de Banda [Hz]								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Laboratorio Hidrografía 1	18	34	44	40	60	74	79	83	72
Laboratorio Hidrografía 2	15	32	43	38	60	74	79	83	73
Puente	17	26	37	32	56	70	76	80	71

Tabla No. 29 Niveles de Presión Sonora Puente de Gobierno en [dB]

La Figura No. 28 esquematiza la ubicación de los compartimentos de Puente de Gobierno.

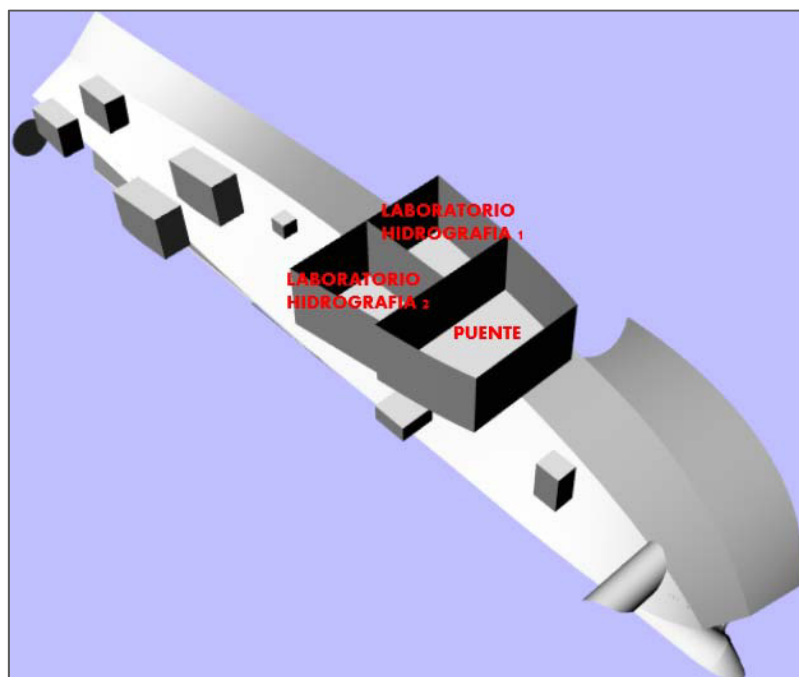


Figura No. 28 Compartimentos de Puente de Gobierno

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS CON CRITERIOS INTERNACIONALES

La comparación de los criterios OMI 2012 y ABS respecto a los niveles de ruido permitidos en espacios habitables fueron presentados en la Tabla No. 3; siguiendo con lo expuesto en dicha tabla se compararán los resultados obtenidos del programa de predicción de ruidos con el Código OMI 2012 por ser más conservadoras y de aplicación sugerida en países signatarios de la OMI.

Puesto que los valores del Criterio OMI 2012 están expresados en dB(A), los resultados de las Tablas No. 26, 27, 28 y 29 deben ser transformados a estas unidades de medición acústica. El método de transformación es el siguiente:

1. Escogemos los valores de cada compartimento para todos los octava de banda analizados y se les suma el factor de conversión para valores de dB(A); para el caso tratado se toma como muestra el servomotor lo que se detalla en la Tabla No. 30.
2. Para cada valor numérico se aplica la definición del decibel, esto es, $dB = 10 * \log\left(\frac{P}{P_0}\right)$ y se determina la razón P/P_0 .
3. Los valores de P/P_0 de cada octavo de banda se suman algebraicamente para obtener el efecto general de energía disipada.
4. Al resultado de la sumatoria se aplica la misma fórmula del decibel pero para determinar un valor único; este nuevo valor es el dB(A) que servirá para comparación con los niveles del Código OMI 2012.

Compartimento	Frecuencias en Octavas de Banda [Hz]									
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
LP, Servomotor	69	72	71	65	68	74	77	80	80	
Factor dB(A)	-39.4	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0.	1.2	1.	-1.1	
LP Corregido	29.6	45.8	54.9	56.4	64.8	74	78.2	81	78.9	
	f [Hz]	$P/P_0 = 10.**(dB/10.)$								
	31.5	912.01								
	63	38,018.94								
	125	309,029.54								
	250	436,515.83								
	500	3,019,951.70								
	1000	25,118,864								
	2000	66,069,345								
	4000	125,892,541								
	8000	77,624,712								
	$\Sigma (P/P_0)$	298,509,890								
Compartimento	$dB(A) = 10.*\log(\Sigma P/P_0)$									
Servomotor	85									

Tabla No. 30 Transformación de resultados a valores dB(A)

De lo anterior, la Tabla No. 31 presenta los niveles de ruido finales entregados por el método de predicción en los compartimentos descritos y definidos en dB(A).

Identificación Subsistema	Nombre del Compartimento	Nivel de ruido en dB(A)
7	Servomotor	85
14	Sala de Máquinas	120
23	Cámara de Oficiales	87
25	Pasillo Cubierta 100 (Habitabilidad)	72
32	Camarote 1	89
36	Baño Camarote 1-2	91
37	Camarote 2	91
48	Cocina	81
53	Doble fondo popa	74
57	Doble fondo proa	93
67	Camarote de Oficiales	89
71	Pasillo Cubierta Principal	70
76	Baño 1 Cubierta Principal Eb	91
81	Baño 2 Cubierta Principal Eb	92
86	Camarote del Comandante	88
92	Sala del Aire Acondicionado	75
96	Bodega General	66
103	Sala del Generador Auxiliar	90
108	Laboratorio Hidrografía Cub. Ppal.	89
114	Baño 3 Cubierta Principal Bb	91
119	Camarote de Técnicos	88
126	Bodega Cubierta Principal	85
132	Pañol de Cadenas	68
137	Peak de proa	65
170	Laboratorio Hidrografía 1 Cubierta 02	86
171	Laboratorio Hidrografía 2 Cubierta 02	86
172	Puente de Gobierno	83
201	Túnel del bow thruster	67

Tabla No. 31 Resultados del Método de Predicción en dB(A)

El método de predicción estaría incompleto sin corroborar las mediciones hechas en embarcación modelo. En febrero del año 2012 Astilleros Navales Ecuatorianos-EP realizó mediciones de ruido a requerimiento del Instituto Oceanográfico [30].

La Figura No. 29 muestra los compartimentos de la Cubierta 100 (Habitabilidad) donde se concentró el trabajo de medición por parte de ASTINAVE-EP.

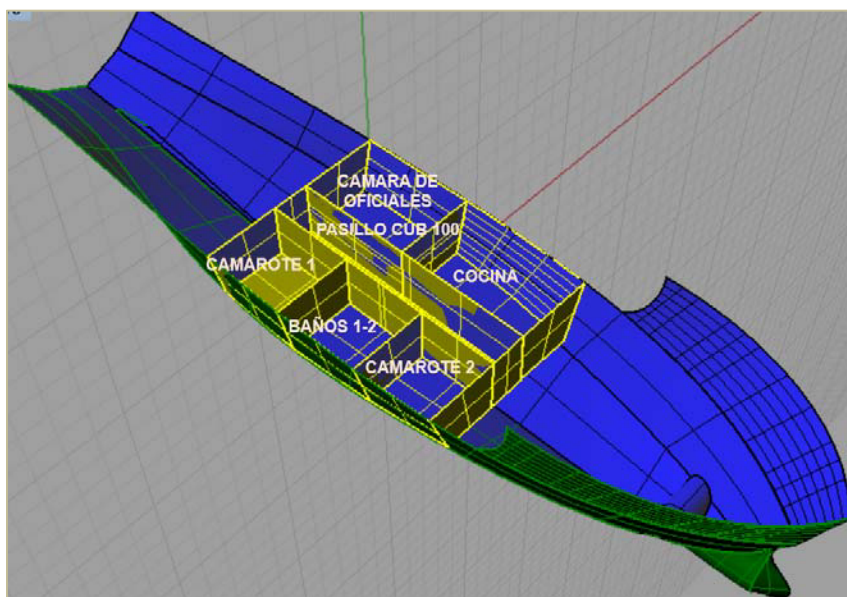


Figura No. 29 Mediciones realizadas por ASTINAVE-EP

La Tabla No. 32 muestra los niveles de ruido encontrados durante la medición haciendo operar la maquinaria principal a 600, 1200, 1700 y 2000 RPM y; con la maquinaria auxiliar en régimen normal. Puesto que la condición de servicio

para las máquinas principales consideradas en este trabajo es 1800 RPM, los valores más próximos para comparar son los indicados a 1700 RPM.

RPM	AREA DE MEDICION	dB(A)
600	CAMARA - COMEDOR	81.5
	CAMAROTE No. 4	79.2
	PASILLO ENTRE MAQUINA Y CAMAROTES	82.7
	CAMAROTES 1 Y 2	76
1200	CAMARA - COMEDOR	83
	CAMAROTE No. 4	81
	PASILLO ENTRE MAQUINA Y CAMAROTES	84
	CAMAROTES 1 Y 2	76.5
1700	CAMARA - COMEDOR	83.5
	CAMAROTE No. 4	82.5
	PASILLO ENTRE MAQUINA Y CAMAROTES	86
	CAMAROTES 1 Y 2	76.8
2000	CAMARA - COMEDOR	88.5
	CAMAROTE No. 4	87.1
	PASILLO ENTRE MAQUINA Y CAMAROTES	89.5
	CAMAROTES 1 Y 2	77

Tabla No. 32 Niveles de Ruido medidos en LH "Sirius"

Las mediciones se concentraron en los compartimentos habitables de la Cubierta 100. Nótese que no hay cambio sustancial en las mediciones y estas se mantienen elevadas; dado que el equipo utilizado no permite observar el nivel de ruido por octavas de banda, se desconoce los rangos de frecuencias que ejercen mayor influencia en los compartimentos.

Finalmente la Tabla No. 33 muestra la comparación general de los niveles de ruido en dB(A) entre las mediciones efectuadas a bordo, los resultados del método de predicción de la Tabla No. 31 y el Criterio OMI 2012.

Compartimento	Medición	Predicción	OMI 2012
Servomotor	-	85	90
Sala de Máquinas	-	120	110
Cámara de Oficiales	83	87	60
Pasillo Cubierta 100 (Habitabilidad)	86	72	65
Camarote 1	82	89	60
Baño Camarote 1-2	76	91	60
Camarote 2	76	91	60
Cocina	-	81	75
Doble fondo popa	-	74	90
Doble fondo proa	-	93	90
Camarote de Oficiales	-	89	60
Pasillo Cubierta Principal	-	70	65
Baño 1 Cubierta Principal Eb	-	91	60
Baño 2 Cubierta Principal Eb	-	92	60
Camarote del Comandante	-	88	60
Sala del Aire Acondicionado	-	75	75
Bodega General	-	66	85
Sala del Generador Auxiliar	-	90	85
Laboratorio Hidrografía Cub. Ppal.	-	89	65
Baño 3 Cubierta Principal Bb	-	91	60
Camarote de Técnicos	-	88	60
Bodega Cubierta Principal	-	85	85
Pañol de Cadenas	-	68	90
Peak de proa	-	65	90
Laboratorio Hidrografía 1 Cubierta 02	-	86	65
Laboratorio Hidrografía 2 Cubierta 02	-	86	65
Puente de Gobierno	-	83	65
Túnel del bow thruster	-	67	90

Tabla No. 33 Comparación Medición-Predicción-Criterio

La parte sombreada corresponde a los niveles de ruido disponibles para la comparación, este aspecto es mostrado en la Figura No. 30.

Las diferencias entre lo propuesto por el Código OMI 2012 y los resultados de las mediciones de campo y el modelo de predicción son evidentes; el diseño de la embarcación no consideró al nivel de ruido como parámetro por satisfacer y es alta su incidencia. Según lo expuesto en la Figura No. 2 respecto a la Zona E “Máxima Exposición sin Protección”, los compartimentos analizados corresponden a espacios dónde el personal permanece más de 8 horas al día por lo cual, no deben superar los 75 dB(A).

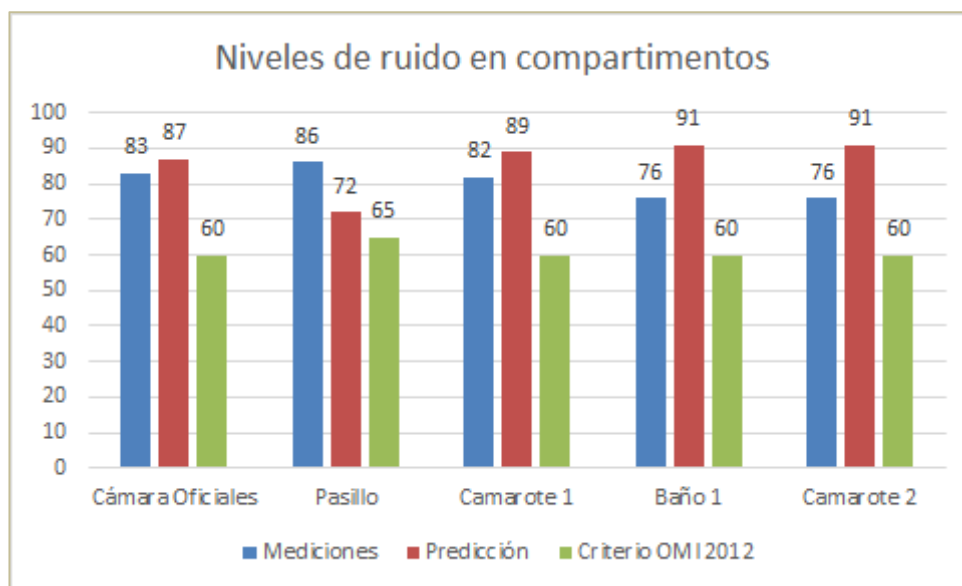


Figura No. 30 Niveles de ruido en compartimentos Cubierta 100

Existe buena correlación entre las mediciones de campo y el método de predicción en los compartimentos de Cámara de Oficiales y Camarote 1. Coincidentemente estos compartimentos son los adyacentes a la Sala de Máquinas luego la disipación de energía es moderada.

Los compartimentos que muestran mayor diferencia entre los medidos y el método de predicción tienen ciertas particularidades. El pasillo es un espacio grande que va desde Sala de Máquinas hasta el acceso a la Bodega General y la energía que se le transmite es promedio al volumen contenido. Se desconoce la metodología de la medición de campo pero ciertamente, las lecturas encontradas en la esquina próxima a sala de Máquinas difieren de las lecturas próximas a la Bodega General por la suma logarítmica que los ponderados requieren para encontrar el valor final.

La diferencia encontradas en los compartimento Camarote 2 y Baño 1-2 podrían deberse al material considerado como aislamiento. Este trabajo utilizó los parámetros del Alucobond para determinar el coeficiente de absorción promedio ya que fue el material utilizado por la unidad en las áreas habitables; parece que existe una mezcla adicional de materiales aislantes, en especial lana de roca en mamparos y fibra de vidrio en baños, que hace que el modelo de predicción muestre menores atenuaciones a las medidas en dichos compartimentos de la Cubierta 100.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En el presente trabajo se desarrolló una metodología para la predicción de ruidos a bordo de las embarcaciones marinas utilizando el Método SEA (Statistical Energy Analysis.) Para tal efecto, se explicó el impacto que el desarrollo del análisis de ruidos ha tenido en la industria naval, las normas vigentes para preservar la salud de las tripulaciones embarcadas, los métodos tradicionales aplicados en la predicción y diagnóstico de ruido y finalmente, la aplicación del Método SEA según sus fundamentos y restricciones.

Resultó particularmente difícil encontrar la bibliografía adecuada para abordar este tema puesto que, pese a ser un método desarrollado en los inicios de la era espacial, no fue documentado de manera compacta hasta que su principal desarrollador Prof. Richard H. Lyon publicara su obra "Statistical Energy

Analysis of Dynamic Systems: Theory and Applications” MIT Press 1975 y además; por ser un método cuyas aplicaciones se desarrollan principalmente “in-house” según necesidades de las industrias aeroespacial y automotriz.

Durante la etapa de descripción de los parámetros del método SEA, se observa la acentuada correlación que existe con la Arquitectura Acústica, sobre todo en la definición de factores de pérdida por fricción y acoplamiento. No es de extrañarse que las aplicaciones contemporáneas incluyan un “híbrido” que enlace ambos aspectos.

Tal como se indicó en el Capítulo 2, la racionalidad de resultados depende de los valores de inicio, esto es, los determinados en los factores de acoplamiento y las fuentes de excitación. Los factores de acoplamiento fueron determinados según formulaciones definidas en el mismo Método SEA pero uno de sus componentes, τ (Eficiencia de la Transmisión), se lo aproximó con la definición propuesta por Stelzer [24] que contiene los ángulos de incidencia entre subsistemas.

Las fuentes de excitación, por otro lado, fueron determinadas según formulaciones empíricas vigentes en Acústica. Este es un aspecto por mejorar ya que la excitación medida en los sistemas actuales es más eficiente que cuando se desarrollaron las fórmulas; lo anterior implica mantener un contacto

continuo con el fabricante mientras se desarrolla el proyecto naval a fin de obtener estos valores con anticipación y puedan ser probados en el programa de predicción, lo cual servirá para realizar las correcciones pertinentes y obtener un resultado que cumpla con las especificaciones atendidas.

En el ámbito ecuatoriano no es común recibir del Armador las especificaciones que consideren al ruido como una variable por solucionar. Esto se debe a que su explotación tiene más aplicación en barcos de turismo para las Islas Galápagos que en las demás embarcaciones marinas que mantienen actividad en nuestro mar. De igual manera, la explicación de los fundamentos del ruido y sus aplicaciones no tiene cabida en el pensum de universidades del país como materia única sino como un adicional con poco tratamiento dentro del campo de las vibraciones. Atenuar el ruido una vez que todo está construido es sumamente costoso e ineficiente en cierto punto, la naturaleza logarítmica del decibel hace que toda práctica se vea afectada por esta operación matemática y los resultados en nada se asemejan a una aproximación lineal, lo que refuerza el concepto de siempre hacer los cambios en la etapa de diseño.

La comparación de resultados encontrados indica que el algoritmo propuesto para la predicción aún es conservativo; esto podría deberse no sólo a valores de factores de acoplamiento y excitación sino también a factores de

atenuación. El programa considera un solo material (lana de roca) para atenuación de la energía que se propaga por las cubiertas y mamparos, considerando un solo espesor.

Existiendo aplicaciones propias de compañías especializadas en ruido y pocas aplicaciones comerciales a saberse, Designer-Noise¹⁴ y VA One¹⁵, la presentación de un algoritmo para desarrollar la predicción del ruido con técnicas contemporáneas y con opción de actualizar sus formulaciones con la finalidad de ganar en precisión, brinda una herramienta adicional para explotar un campo de trabajo poco explorado en nuestro país.

¹⁴ <http://www.noise-control.com/designernoise.php>

¹⁵ <https://www.esi-group.com/software-services/virtual-performance/va-one/va-one-modules/sea-module>

5.2 RECOMENDACIONES

Mejorar la precisión respecto a la obtención de las fuentes de excitación, una manera eficaz es mantener contacto con el fabricante de los equipos seleccionados y requerir las mediciones de campo durante las pruebas de entrega. Lo anterior sólo es posible si durante la etapa de diseño se realizó un estudio del mercado y se seleccionó un producto que comercialmente argumente cumplimiento a las normas respectivas.

Depurar las definiciones del factor de aislamiento mediante un desarrollo híbrido del Método SEA con Acústica Arquitectónica tradicional lo cual es la base de los software de predicción contemporáneos. Esto será posible si el tratamiento acústico se aplica una vez determinada la energía que fluye entre subsistemas o particiones.

Incentivar el estudio del control de ruido a bordo de las unidades marinas como una materia propia del pensum de la carrera de Ingeniería Naval con el beneficio agregado de explotar un nicho industrial poco atendido en nuestro país y con potencial desarrollo regional.

BIBLIOGRAFIA

1. GERGES S. Ruido, Fundamentos y Control, EDEME Indústria Gráfica e Comunicação S. A, 1998.
2. BAHTIARIAN M. Noise: A Common Problem for Small Ships. Workboat Magazine, October 1998.
3. BELTRAN-PALOMO P, GALINDO-GOMEZ C, SANCHEZ-HERRERA C, PEREZ-ALARCON F. Buques pesqueros silenciosos. Un hito de los pequeños y medianos astilleros españoles. Lecciones aprendidas, Revista Ingeniería Naval, Febrero 2006.
4. PLUNT J. Methods for predicting noise levels in ships. Experiences from Empirical and SEA Calculation Methods. Part I. Noise level prediction methods for ships, based on empirical data. PhD Thesis, Chalmers University of Technology, 1980.
5. SOCIETY OF NAVAL ARCHITECTS AND MARINE ENGINEERS. Supplement to the Design Guide for Shipboard Airborne Noise Control. Technical & Research Bulletin 3-37. 2001.

6. BELTRAN-PALOMO P. La Construcción Naval y los nuevos requerimientos de reducción del impacto ambiental de los buques: Nuevos retos tecnológicos y oportunidades de negocio. II Congreso Internacional de Ingeniería Naval, Cartagena de Indias-Colombia, Marzo 2011.
7. ENCISO FERNANDEZ C. Sobre transmisión de ruidos y vibraciones en el MAPA 70 de Astilleros M. Cies. Revista Ingeniería Naval. Mayo 2007.
8. COOPERATIVE RESEARCH REPORT No. 209. Underwater Noise of Research Vessels. Review and Recommendations, ICES - Internacional Council for the Exploration of the Sea. May 1995.
9. INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. Resolution MSC.337(91) Adoption of the Code on Noise Levels on Board Ships. 30-November 2012.
10. AMERICAN BUREAU OF SHIPPING. Guide for Crew Habitability on Ships. September 2013.

11. PARUNOV J, PESTELLI C, RUDAN S, HADZIC N, SENJANOVIC I. Review of Methods for Structure Borne Noise Prediction on Ships. BRODOGRADNJA Shipbuilding Magazine, Mechanical Faculty of the University of Zagreb, Croatia. June 2013.
12. TSO Y. K, HANSEN C. H. The Prediction of Structure-borne Noise Transmission in Ships Using Statistical Energy Analysis, Acoustics Australia, Vol 25 (1997).
13. LYON R, DeJONG R. Theory and Application of Statistical Energy Analysis, 2nd. Edition, R. H. Lyon Corporation, 1998.
14. BURROUGHS C, FISCHER R, KERN F. An Introduction to Statistical Energy Analysis, Journal of Acoustical Society of America 101 (4), April 1997.
15. PLUNT J. Methods for predicting noise levels in ships. Experiences from Empirical and SEA Calculation Methods. Part II. Prediction of structure-borne sound transmission in complex structures with the SEA Method. PhD Thesis, Chalmers University of Technology, 1980.
16. NORTON M, KARZUB D. Fundamentals of Noise and Vibration Analysis for Engineers, 2nd. Edition, Cambridge University Press, 2003.

17. HART F. D, SHAH K. C. Compendium of Modal Densities for Structures NASA CR-1773, National Aeronautics and Space Administration, USA 1971.
18. HYNÄ P, KLINGE P, VUOKSINEN J. Prediction of Structure-Borne Sound Transmission in large welded ship structures using Statistical Energy Analysis, Journal of Sound and Vibration, 1995.
19. KINSLER L. E, FREY A. R, COPPENS A. B, SANDERS J. V. Fundamentals of Acoustics, John Wiley & Sons Inc, 2000.
20. BIES D. A, HANSEN C. H. Engineering Noise Control, Theory and Practice. 3rd. Edition, Spon Press, 2003.
21. Alucobond Architectural. Product Information, Halifax Vogel Group Limited, 2014.
22. CREMER L, HECKL M, PETERSSON B. A. T. Structure-Borne Sound Structural Vibrations and Sound Radiation at Audio Frequencies, 3rd. Edition, Springer, 2005.

23. TRATCH J. Vibration transmission through machinery foundation and ship bottom structure, Msc Thesis, Massachusetts Institute of Technology 1985.
24. STELZER R, TOTARO N, PAVIC G, GUYADER J. L. Prediction of Transmission Loss using an improved SEA Method. 10ème Congrès Français d'Acoustique, Lyon, 12-16 Avril 2010.
25. BELTRAN-PALOMO P, PEREZ-ALARCON A, GALINDO-GOMEZ C, ZABA-PICADO O, CORDERO-BRUZOS D. Buque Oceanográfico Miguel Oliver: La Excelencia en Ruido y Vibraciones a bordo cumpliendo ICES No. 209, Revista Ingeniería Naval, Julio-Agosto 2007.
26. BARRON R. F. Industrial Noise Control and Acoustics. Marcel Dekker AG, 2003.
27. DOC-SRS-001. Especificaciones Técnicas de 01 Lancha Hidrográfica SIRIUS tipo LH-AST-3208. Gerencia de Proyectos, Astilleros Navales Ecuatorianos-EP, Septiembre 2013.
28. CATERPILLAR C18-ACERT MARINE PROPULSION ENGINE. Engine specifications, Caterpillar Inc. 2013.

29. CATERPILLAR C4.4 MARINE GENERATOR SET. Engine specifications, Caterpillar Inc. 2005.

30. CON-IO001Z604. Contrato de Construcción de 01 Lancha Hidrográfica SIRIUS tipo LH-AST-3208, Sección Garantía. Gerencia de Operaciones, Astilleros Navales Ecuatorianos-EP, Septiembre 2012.

ANEXOS

ANEXO A

SISTEMA MATRICIAL DE ECUACIONES DE DOS SUBSISTEMAS ACOPLADOS UTILIZANDO RELACION DE RECIPROCIDAD.

$$\Pi_{1,in} = \omega\eta_1 E_1 + \omega\eta_{12} E_1 - \omega\eta_{21} E_2 \quad (1)$$

$$\Pi_{2,in} = \omega\eta_2 E_2 + \omega\eta_{21} E_2 + \omega\eta_{23} E_2 - \omega\eta_{12} E_1 - \omega\eta_{32} E_3 \quad (2)$$

$$\Pi_{3,in} = \omega\eta_3 E_3 + \omega\eta_{32} E_3 - \omega\eta_{23} E_2 \quad (3)$$

A. Se multiplica la ecuación (1) por el factor (n_1/n_1) , la ecuación (2) por el factor (n_2/n_2) y la ecuación (3) por el factor (n_3/n_3) . Los términos de cada ecuación que contengan una E_i diferente al subsistema i analizado son multiplicados por los factores (n_1/n_1) , (n_2/n_2) , (n_3/n_3) que corresponda.

$$\frac{n_1}{n_1} * \Pi_{1,in} = \left[\omega\eta_1 \frac{n_1}{n_1} E_1 \right] + \left[\omega\eta_{12} \frac{n_1}{n_1} E_1 \right] - \left[\omega\eta_{21} \frac{n_1}{n_1} E_2 \right] * \frac{n_2}{n_2} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{n_2}{n_2} * \Pi_{2,in} = & \left[\omega\eta_2 \frac{n_2}{n_2} E_2 \right] + \left[\omega\eta_{21} \frac{n_2}{n_2} E_2 \right] + \left[\omega\eta_{23} \frac{n_2}{n_2} E_2 \right] - \\ & \left[\omega\eta_{12} \frac{n_2}{n_2} E_1 \right] * \frac{n_1}{n_1} - \left[\omega\eta_{32} \frac{n_2}{n_2} E_3 \right] * \frac{n_3}{n_3} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\frac{n_3}{n_3} * \Pi_{3,in} = \left[\varpi \eta_3 \frac{n_3}{n_3} E_3 \right] + \left[\varpi \eta_{32} \frac{n_3}{n_3} E_3 \right] - \left[\varpi \eta_{23} \frac{n_3}{n_3} E_2 \right] * \frac{n_2}{n_2} \quad (6)$$

B. Se agrupa cada término con factores (E_1/n_1) , (E_2/n_2) y (E_3/n_3) obteniéndose:

$$\Pi_{1,in} = \varpi [(\eta_1 + \eta_{12}) * n_1] \frac{E_1}{n_1} - \varpi \left[\eta_{21} * \frac{n_2}{n_1} * n_1 \right] \frac{E_2}{n_2} \quad (4i)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{2,in} = & \varpi [(\eta_2 + \eta_{21} + \eta_{23}) * n_2] \frac{E_2}{n_2} - \varpi \left[\eta_{12} * \frac{n_1}{n_2} * n_2 \right] \frac{E_1}{n_1} - \\ & \varpi \left[\eta_{32} * \frac{n_3}{n_2} * n_2 \right] \frac{E_3}{n_3} \end{aligned} \quad (5i)$$

$$\Pi_{3,in} = \varpi [(\eta_3 + \eta_{32}) * n_3] \frac{E_3}{n_3} - \varpi \left[\eta_{23} * \frac{n_2}{n_3} * n_3 \right] \frac{E_2}{n_2} \quad (6i)$$

C. Se aplica la relación de Reciprocidad (2.6) en las ecuaciones (4i), (5i) y (6i) obteniéndose lo siguiente:

$$\eta_{12} * n_1 = \eta_{21} * n_2 \quad (7)$$

$$\eta_{23} * n_2 = \eta_{32} * n_3 \quad (8)$$

$$\Pi_{1,in} = \varpi[(\eta_1 + \eta_{12}) * n_1] \frac{E_1}{n_1} - \varpi[\eta_{12} * n_1] \frac{E_2}{n_2} \quad (4ii)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{2,in} = & \varpi[(\eta_2 + \eta_{21} + \eta_{23}) * n_2] \frac{E_2}{n_2} - \varpi[\eta_{21} * n_2] \frac{E_1}{n_1} - \\ & \varpi[\eta_{23} * n_2] \frac{E_3}{n_3} \end{aligned} \quad (5ii)$$

$$\Pi_{3,in} = \varpi[(\eta_3 + \eta_{32}) * n_3] \frac{E_3}{n_3} - \varpi[\eta_{32} * n_3] \frac{E_2}{n_2} \quad (6ii)$$

D. El nuevo arreglo de las ecuaciones de balance de energía es el siguiente:

$$\omega \begin{bmatrix} (\eta_1 + \eta_{12})n_1 & -\eta_{12}n_1 & 0 \\ -\eta_{21}n_2 & (\eta_2 + \eta_{21} + \eta_{23})n_2 & -\eta_{23}n_2 \\ 0 & -\eta_{32}n_3 & (\eta_3 + \eta_{32})n_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{E_1}{n_1} \\ \frac{E_2}{n_2} \\ \frac{E_3}{n_3} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \Pi_{1,in} \\ \Pi_{2,in} \\ \Pi_{3,in} \end{Bmatrix} \quad (9)$$

ANEXO B

SISTEMA DE ECUACIONES DE LOS SUBSISTEMAS EN EL METODO SEA. DEFINICION DE ACOPLAMIENTOS.

Compartimento “Servomotor”

- EP1 = P1P1+ P1P2+ P1P3+ P1P4+ P1P5+ P1P6+ P1V7- P2P1- P3P1- P4P1- P5P1- P6P1- V7P1
- EP2 = P2P1+ P2P2+ P2P3+ P2P6+ P2V7+ P2P8- P1P2- P3P2- P6P2- V7P2- P8P2
- EP3 = P3P1+ P3P2+ P3P3+ P3P4+ P3V7+ P3P8- P1P3- P2P3- P4P3- V7P3- P8P3
- EP4 = P4P1+ P4P3+ P4P4+ P4P5+ P4V7+ P4P8- P1P4- P3P4- P5P4- V7P4- P8P4
- EP5 = P5P1+ P5P4+ P5P5+ P5P6+ P5V7+ P5P8- P1P5- P4P5- P6P5- V7P5- P8P5
- EP6 = P6P1+ P6P2+ P6P5+ P6P6+ P6V7+ P6P8+ P6P13- P1P6- P2P6- P5P6- V7P6- P8P6-P13P6
- EV7 = V7P1+ V7P2+ V7P3+ V7P4+ V7P5+ V7P6+ V7V7+ V7P8- P1V7- P2V7- P3V7- P4V7- P5V7- P6V7- P8V7

Compartimento “Sala de Máquinas”

- E8 = P8P2+ P8P3+ P8P4+ P8P5+ P8P6+ P8V7+ P8P8+ P8P9+ P8P10+ P8P11+ P8P12+ P8P13+ P8V14- P2P8- P3P8- P4P8- P5P8- P6P8- V7P8- P9P8- P10P8- P11P8- P12P8- P13P8- V14P8
- E9 = P9P8+ P9P9+ P9P10+ P9P13+ P9V14+ P9P15- P8P9- P10P9- P13P9- V14P9- P15P9
- E10 = P10P8+ P10P9+ P10P10+ P10P11+ P10V14+ P10P49+ P10P51- P8P10- P9P10- P11P10- V14P10- P49P10- P51P10

- E11 = P11P8+ P11P10+ P11P11+ P11P12+ P11V14+ P11P50+ P11P51-
P8P11- P10P11- P12P11- V14P11- P50P11- P51P11
- E12 = P12P8+ P12P11+ P12P12+ P12P13+ P12V14+ P12P17+ P12P29-
P8P12- P11P12- P13P12- V14P12- P17P12- P29P12
- E13 = P13P6+ P13P8+ P13P9+ P13P12+ P13P13+ P13V14+ P13P15+
P13P16+ P13P17+ P13P22+ P13P26+ P13P31- P6P13- P8P13-
P9P13- P12P13- V14P13- P15P13- P16P13- P17P13- P22P13-
P26P13- P31P13
- EV14 = V14P8+ V14P9+ V14P10+ V14P11+ V14P12+ V14P13+ V14V14+
V14P15+ V14P16+ V14P17+ V14P51- P8V14- P9V14- P10V14-
P11V14- P12V14- P13V14- P15V14- P16V14- P17V14- P51V14
- E15 = P15P9+ P15P13+ P15V14+ P15P15+ P15P16+ P1518+ P15P19+
P15P20+ P15P22+ P15V23+ P15P51- P9P15- P13P15- V14P15-
P16P15- P18P15- P19P15- P20P15- P22P15- V23P15- P51P15
- E16 = P16P13+ P16V14+ P16P15+ P16P16+ P16P17+ P16P20+
P16P24+ P16V25+ P16P26+ P16P27+ P16P51- P13P16- V14P16-
P15P16- P17P16- P20P16- P24P16- V25P16- P26P16- P27P16-
P51P16
- E17 = P17P12+ P17P13+ P17V14+ P17P16+ P17P17+ P17P27+
P17P28+ P17P29+ P17P31+ P17V32+ P17P51- P12P17- P13P17-
V14P17- P16P17- P27P17- P28P17- P29P17- P31P17- V32P17-
P51P17
- E51 = P51P10+ P51P11+ P51V14+ P51P15+ P51P16+ P51P17+
P51P19+ P51P24+ P51P28+ P51P49+ P51P50+ P51P51+
P51V53- P10P51- P11P51- V14P51- P15P51- P16P51- P17P51-
P19P51- P24P51- P28P51- P49P51- P50P51- V53P51

Compartimento “Alojamientos de Cubierta 100”

- E18 = P18P15+ P18P18+ P18P19+ P18P21+ P18P22+ P18V23+
P18P49- P15P18- P19P18- P21P18- P22P18- V23P18- P49P18

- E19 = P19P15+ P19P18+ P19P19+ P19P20+ P19P21+ P19V23+
P19P24+ P19P46+ P19P49+ P19P51+ P19V53- P15P19- P18P19-
P20P19- P21P19- V23P19- P24P19- P46P19- P49P19- P51P19-
V53P19
- E20 = P20P15+ P20P16+ P20P19+ P20P20+ P20P21+ P20P22+
P20V23+ P20P24+ P20V25+ P20P26- P15P20- P16P20- P19P20-
P21P20- P22P20- V23P20- P24P20- V25P20- P26P20
- E21 = P21P18+ P21P19+ P21P20+ P21P21+ P21P22+ P21V23+
P21P45+ P21P46+ P21P47+ P21V48+ P21P102- P18P21-
P19P21- P20P21- P22P21- V23P21- P45P21- P46P21- P47P21-
V48P21- P102P21
- E22 = P22P13+ P22P15+ P22P18+ P22P20+ P22P21+ P22P22+
P22V23+ P22P26+ P22P102- P13P22- P15P22- P18P22- P20P22-
P21P22- V23P22- P26P22- P102P22
- EV23 = V23P15+ V23P18+ V23P19+ V23P20+ V23P21+ V23P22+
V23V23- P15V23- P18V23- P19V23- P20V23- P21V23- P22V23
- E24 = P24P16+ P24P19+ P24P20+ P24P24+ P24V25+ P24P27+
P24P28+ P24P33+ P24P34+ P24P39+ P24P40+ P24P43+
P24P46+ P24P47+ P24P51+ P24P52+ P24V53- P16P24- P19P24-
P20P24- V25P24- P27P24- P28P24- P33P24- P34P24- P39P24-
P40P24- P43P24- P46P24- P47P24- P51P24- P52P24- V53P24
- EV25 = V25P16+ V25P20+ V25P24+ V25V25+ V25P26+ V25P27+
V25P33+ V25P39+ V25P43+ V25P47+ V25P70- P16V25- P20V25-
P24V25- P26V25- P27V25- P33V25- P39V25- P43V25- P47V25-
P70V25
- E26 = P26P13+ P26P16+ P26P20+ P26P22+ P26V25+ P26P26+
P26P27+ P26P31+ P26P33+ P26P47+ P26P60+ P26P68+
P26P70+ P26P102- P13P26- P16P26- P20P26- P22P26- V25P26-
P27P26- P31P26- P33P26- P47P26- P60P26- P68P26- P70P26-
P102P26
- E27 = P27P16+ P27P17+ P27P24+ P27V25+ P27P26+ P27P27+
P27P28+ P27P30+ P27P31+ P27V32+ P27P33- P16P27- P17P27-
P24P27- V25P27- P26P27- P28P27- P30P27- P31P27- V32P27-
P33P27

- E28 = P28P17+ P28P27+ P28P28+ P28P29+ P28P30+ P28V32+
P28P34+ P28P50+ P28P51+ P28V53- P17P28- P27P28- P29P28-
P30P28- V32P28- P34P28- P50P28- P51P28- V53P28
- E29 = P29P12+ P29P17+ P29P28+ P29P29+ P29P30+ P29P31+
P29V32+ P29P35+ P29P50- P12P29- P17P29- P28P29- P30P29-
P31P29- V32P29- P35P29- P50P29
- E30 = P30P27+ P30P28+ P30P29+ P30P30+ P30P31+ P30V32+
P30P33+ P30P34+ P30P35+ P30V37+ P30P60- P27P30- P28P30-
P29P30- P31P30- V32P30- P33P30- P34P30- P35P30- V37P30-
P60P30
- E31 = P31P13+ P31P17+ P31P26+ P31P27+ P31P29+ P31P30+
P31P31+ P31V32+ P31P60- P13P31- P17P31- P26P31- P27P31-
P29P31- P30P31- V32P31- P60P31
- EV32 = V32P17+ V32P27+ V32P28+ V32P29+ V32P30+ V32P31+
V32V32- P17V32- P27V32- P28V32- P29V32- P30V32- P31V32
- E33 = P33P24+ P33V25+ P33P26+ P33P27+ P33P30+ P33P33+
P33P34+ P33V37+ P33P38+ P33P39+ P33P60+ P33P61+
P33P63+ P33P70- P24P33- V25P33- P26P33- P27P33- P30P33-
P34P33- V37P33- P38P33- P39P33- P60P33- P61P33- P63P33-
P70P33
- E34 = P34P24+ P34P28+ P34P30+ P34P33+ P34P34+ P34P35+
P34V37+ P34P38+ P34P40+ P34P50+ P34V53- P24P34- P28P34-
P30P34- P33P34- P35P34- V37P34- P38P34- P40P34- P50P34-
V53P34
- E35 = P35P30+ P35P34+ P35P35+ P35V37+ P35P38+ P35P50+
P35P60+ P35P101- P30P35- P34P35- V37P35- P38P35- P50P35-
P60P35- P101P35
- EV36 = V36V36+ V36P38+ V36P39+ V36P40+ V36P41+ V36P42+
V36P62+ V36P72+ V36P77+ V36P143- P38V36- P39V36-
P40V36- P41V36- P42V36- P62V36- P72V36- P77V36- P143V36
- EV37 = V37P30+ V37P33+ V37P34+ V37P35+ V37V37+ V37P38+
V37P60+ V37P61+ V37P101- P30V37- P33V37- P34V37- P35V37-
P38V37- P60V37- P61V37- P101V37

- E38 = P38P33+ P38P34+ P38P35+ P38V36+ P38V37+ P38P38+
P38P39+ P38P40+ P38P41+ P38P61+ P38P62+ P38P101+
P38P143- P33P38- P34P38- P35P38- V36P38- V37P38- P39P38-
P40P38- P41P38- P61P38- P62P38- P101P38- P143P38
- E39 = P39P24+ P39V25+ P39V36+ P39P38+ P39P39+ P39P40+
P39P42+ P39P43+ P39P62+ P39P63+ P39P70+ P39P72+
P39P73+ P39P77+ P39P78- P24P39- V25P39- V36P39- P38P39-
P40P39- P42P39- P43P39- P62P39- P63P39- P70P39- P72P39-
P73P39- P77P39- P78P39
- E40 = P40P24+ P40P34+ P40V36+ P40P38+ P40P39+ P40P40+
P40P41+ P40P42+ P40P50+ P40P52+ P40V53+ P40P58- P24P40-
P34P40- V36P40- P38P40- P39P40- P41P40- P42P40- P50P40-
P52P40- V53P40- P58P40
- E41 = P41V36+ P41P38+ P41P40+ P41P41+ P41P42+ P41P50+
P41P95+ P41P143- V36P41- P38P41- P40P41- P42P41- P50P41-
P95P41- P143P41
- E42 = P42V36+ P42P39+ P42P40+ P42P41+ P42P42+ P42P43+
P42P52+ P42P58+ P42P77+ P42P82+ P42P95+ P42V96+
P42P143+ P42P144- V36P42- P39P42- P40P42- P41P42-
P43P42- P52P42- P58P42- P77P42- P82P42- P95P42- V96P42-
P143P42- P144P42
- E43 = P43P24+ P43V25+ P43P42+ P43P43+ P43P44+ P43P47+
P43P52+ P43P58+ P43P70+ P43V96+ P43P120- P24P43-
V25P43- P42P43- P44P43- P47P43- P52P43- P58P43- P70P43-
V96P43- P120P43
- E44 = P44P43+ P44P44+ P44P45+ P44P46+ P44P47+ P44V48+
P44P52+ P44P58+ P44P94+ P44V96+ P44P107+ P44P109+
P44P110+ P44P115+ P44P145+ P44P146- P43P44- P45P44-
P46P44- P47P44- V48P44- P52P44- P58P44- P94P44- V96P44-
P107P44- P109P44- P110P44- P115P44- P145P44- P146P44
- E45 = P45P21+ P45P44+ P45P45+ P45P46+ P45V48+ P45P49+
P45P94+ P45P102+ P45P145- P21P45- P44P45- P46P45-
V48P45- P49P45- P94P45- P102P45- P145P45
- E46 = P46P19+ P46P21+ P46P24+ P46P44+ P46P45+ P46P46+
P46P47+ P46V48+ P46P49+ P46P52+ P46V53+ P46P58- P19P46-

P21P46- P24P46- P44P46- P45P46- P47P46- V48P46- P49P46-
P52P46- V53P46- P58P46

- E47 = P47P20+ P47P21+ P47P24+ P47V25+ P47P26+ P47P43+
P47P44+ P47P46+ P47P47+ P47V48+ P47P70+ P47P97+
P47P99+ P47P102+ P47P105+ P47P107- P20P47- P21P47-
P24P47- V25P47- P26P47- P43P47- P44P47- P46P47- V48P47-
P70P47- P97P47- P99P47- P102P47- P105P47- P107P47
- EV48 = V48P21+ V48P44+ V48P45+ V48P46+ V48P47+ V48V48+
V48P97+ V48P102+ V48P107+ V48P145- P21V48- P44V48-
P45V48- P46V48- P47V48- P97V48- P102V48- P107V48-
P145V48
- E49 = P49P10+ P49P18+ P49P19+ P49P45+ P49P46+ P49P49+
P49P51+ P49P52+ P49V53+ P49P54- P10P49- P18P49- P19P49-
P45P49- P46P49- P51P49- P52P49- V53P49- P54P49
- E50 = P50P11+ P50P28+ P50P29+ P50P34+ P50P35+ P50P40+
P50P41+ P50P50+ P50P51+ P50P52+ P50V53+ P50P55- P11P50-
P28P50- P29P50- P34P50- P35P50- P40P50- P41P50- P51P50-
P52P50- V53P50- P55P50
- E51 = P51P10+ P51P11+ P51V14+ P51P15+ P51P16+ P51P17+
P51P19+ P51P24+ P51V32+ P51P49+ P51P50+ P51P51+
P51V53- P10P51- P11P51- V14P51- P15P51- P16P51- P17P51-
P19P51- P24P51- V32P51- P49P51- P50P51- V53P51
- E52 = P52P24+ P52P40+ P52P42+ P52P43+ P52P44+ P52P46+
P52P49+ P52P50+ P52P52+ P52V53+ P52P54+ P52P55+
P52V57+ P52P58- P24P52- P40P52- P42P52- P43P52- P44P52-
P46P52- P49P52- P50P52- V53P52- P54P52- P55P52- V57P52
- EV53 = V53P19+ V53P24+ V53P28+ V53P34+ V53P40+ V53P46+
V53P49+ V53P50+ V53P51+ V53P52+ V53V53- P19V53- P24V53-
P28V53- P34V53- P40V53- P46V53- P49V53- P50V53- P51V53-
P52V53
- E54 = P54P49+ P54P52+ P54P54+ P54P56+ P54V57+ P54P58+
P54P94+ P54P141- P49P54- P52P54- P56P54- V57P54- P58P54-
P94P54- P141P54

- E55 = P55P50+ P55P52+ P55P55+ P55P56+ P55V57+ P55P58+
P55P95+ P55P142- P50P55- P52P55- P56P55- V57P55- P58P55-
P95P55- P142P55
- E56 = P56P54+ P56P55+ P56P56+ P56V57+ P56P58+ P56P59+
P56P141+ P56P142+ P56V201- P54P56- P55P56- V57P56-
P58P56- P59P56- P141P56- P142P56- V201P56
- EV57 = V57P52+ V57P54+ V57P55+ V57P56+ V57V57+ V57P58- P52V57-
P54V57- P55V57- P56V57- P58V57
- E58 = P58P42+ P58P43+ P58P44+ P58P52+ P58P54+ P58P55+
P58P56+ P58V57+ P58P58+ P58P59+ P58P94+ P58P95+
P58V96- P42P58- P43P58- P44P58- P52P58- P54P58- P55P58-
P56P58- V57P58- P59P58- P94P58- P95P58- V96P58
- E59 = P59P56+ P59P58+ P59P59+ P59P91+ P59P93+ P59P94+
P59P95+ P59V96+ P59P124+ P59P125+ P59P130+ P59P139+
P59P140+ P59V201- P56P59- P58P59- P91P59- P93P59-
P94P59- P95P59- V96P59- P124P59- P125P59- P130P59-
P139P59- P140P59- V201P59

Compartimento “Espacios de Cubierta Principal”

- E60 = P60P26+ P60P30+ P60P31+ P60P33+ P60P35+ P60V37+
P60P60+ P60P61+ P60P65+ P60P101- P26P60- P30P60-
P31P60- P33P60- P35P60- V37P60- P61P60- P65P60- P101P60
- E61 = P61P33+ P61V37+ P61P38+ P61P60+ P61P61+ P61P62+
P61P63+ P61P64+ P61P65+ P61V67+ P61P70+ P61P101-
P33P61- V37P61- P38P61- P60P61- P62P61- P63P61- P64P61-
P65P61- V67P61- P70P61- P101P61
- E62 = P62V36+ P62P38+ P62P39+ P62P61+ P62P62+ P62P63+
P62P64+ P62P66+ P62V67+ P62P70+ P62P72+ P62P143-
V36P62- P38P62- P39P62- P61P62- P63P62- P64P62- P66P62-
V67P62- P70P62- P72P62- P143P62
- E63 = P63P61+ P63P62+ P63P63+ P63P65+ P63P66+ P63P68+
P63P70+ P63V71+ P63P147+ P63P148+ P63P150+ P63P153-
P61P63- P62P63- P65P63- P66P63- P68P63- P70P63- V71P63-
P147P63- P148P63- P150P63- P153P63

- E64 = P64P61+ P64P62+ P64P64+ P64P65+ P64P66+ P64V67+
P64P74+ P64P101+ P64P143+ P64P147+ P64P176- P61P64-
P62P64- P65P64- P66P64- V67P64- P74P64- P101P64- P143P64-
P147P64- P176P64
- E65 = P65P60+ P65P61+ P65P63+ P65P64+ P65P65+ P65V67+
P65P68+ P65P147- P60P65- P61P65- P63P65- P64P65- V67P65-
P68P65- P147P65
- E66 = P66P62+ P66P63+ P66P64+ P66P66+ P66V67+ P66P72+
P66P73+ P66P74+ P66V76+ P66P150+ P66P151+ P66P176+
P66P177- P62P66- P63P66- P64P66- V67P66- P72P66- P73P66-
P74P66- V76P66- P150P66- P151P66- P176P66
- EV67 = V67P61+ V67P62+ V67P63+ V67P64+ V67P65+ V67P66+
V67V67+ V67P147+ V67P150+ V67P176- P61V67- P62V67-
P63V67- P64V67- P65V67- P66V67- P147V67- P150V67-
P176V67
- E68 = P68P26+ P68P63+ P68P65+ P68P68+ P68P69+ P68P70+
P68V71+ P68P99+ P68P148- P26P68- P63P68- P65P68- P69P68-
P70P68- V71P68- P99P68- P148P68
- E69 = P69P68+ P69P69+ P69P97+ P69P98+ P69P99+ P69P102+
P69V103+ P69P149- P68P69- P97P69- P98P69- P99P69-
P102P69- V103P69- P149P69
- E70 = P70V25+ P70P26+ P70P33+ P70P39+ P70P43+ P70P47+
P70P61+ P70P62+ P70P63+ P70P68+ P70P70+ P70V71+
P70P72+ P70P73+ P70P77+ P70P78+ P70P97+ P70P99+
P70P105+ P70P107+ P70P109+ P70P112+ P70P120- V25P70-
P26P70- P33P70- P39P70- P43P70- P47P70- P61P70- P62P70-
P63P70- P68P70- V71P70- P72P70- P73P70- P77P70- P78P70-
P97P70- P99P70- P105P70- P107P70- P109P70- P112P70-
P120P70
- EV71 = V71P63+ V71P68+ V71P70+ V71V71+ V71P73+ V71P78+
V71P83+ V71P88+ V71P99+ V71P105+ V71P112+ V71P117+
V71P120+ V71P122+ V71P148+ V71P153+ V71P154+ V71P159-
P63V71- P68V71- P70V71- P73V71- P78V71- P83V71- P88V71-
P99V71- P105V71- P112V71- P117V71- P120V71- P122V71-
P148V71- P153V71- P154V71- P159V71

- E72 = P72V36+ P72P39+ P72P62+ P72P66+ P72P70+ P72P72+
P72P73+ P72P74+ P72P75+ P72V76+ P72P77+ P72P143-
V36P72- P39P72- P62P72- P66P72- P70P72- P73P72- P74P72-
P75P72- V76P72- P77P72- P143P72
- E73 = P73P39+ P73P63+ P73P66+ P73P70+ P73V71+ P73P72+
P73P73+ P73P75+ P73V76+ P73P78+ P73P151+ P73P153-
P39P73- P63P73- P66P73- P70P73- V71P73- P72P73- P75P73-
V76P73- P78P73- P151P73- P153P73
- E74 = P74P64+ P74P66+ P74P72+ P74P74+ P74P75+ P74V76+
P74P79+ P74P143+ P74P177- P64P74- P66P74- P72P74-
P75P74- V76P74- P79P74- P143P74- P177P74
- E75 = P75P73+ P75P74+ P75P75+ P75V76+ P75P77+ P75P78+
P75P79+ P75V81+ P75P151+ P75P152+ P75P177+ P75P178-
P73P75- P74P75- V76P75- P77P75- P78P75- P79P75- V81P75-
P151P75- P152P75- P177P75
- EV76 = V76P66+ V76P72+ V76P73+ V76P74+ V76P75+ V76V76+
V76P151+ V76P177- P66V76- P72V76- P73V76- P74V76-
P75V76- P151V76- P177V76
- E77 = P77V36+ P77P39+ P77P70+ P77P72+ P77P75+ P77P77+
P77P78+ P77P79+ P77P80+ P77V81+ P77P82+ P77P143-
V36P77- P39P77- P70P77- P72P77- P75P77- P78P77- P79P77-
P80P77- V81P77- P82P77- P143P77
- E78 = P78P70+ P78V71+ P78P73+ P78P75+ P78P77+ P78P78+
P78P80+ P78V81+ P78P83+ P78P152+ P78P153- P70P78-
V71P78- P73P78- P75P78- P77P78- P80P78- V81P78- P83P78-
P152P78- P153P78
- E79 = P79P74+ P79P75+ P79P77+ P79P79+ P79P80+ P79V81+
P79P84+ P79P143+ P79P178- P74P79- P75P79- P77P79-
P80P79- V81P79- P84P79- P143P79- P178P79
- E80 = P80P77+ P80P78+ P80P79+ P80P80+ P80V81+ P80P82+
P80P83+ P80P84+ P80V86+ P80P152+ P80P160+ P80P178+
P80P179- P77P80- P78P80- P79P80- V81P80- P82P80- P83P80-
P84P80- V86P80- P152P80- P160P80- P178P80- P179P80

- EV81 = V81P75+ V81P77+ V81P78+ V81P79+ V81P80+ V81V81+
V81P152+ V81P178- P75V81- P77V81- P78V81- P79V81-
P80V81- P152V81- P178V81
- E82 = P82P42+ P82P77+ P82P80+ P82P82+ P82P83+ P82P84+
P82P85+ P82V86+ P82P93+ P82V96+ P82P120+ P82P144-
P42P82- P77P82- P80P82- P83P82- P84P82- P85P82- V86P82-
P93P82- V96P82- P120P82- P144P82
- E83 = P83P78+ P83P80+ P83P82+ P83P83+ P83P85+ P83V86+
P83P88+ P83P120+ P83P159+ P83P160- P78P83- P80P83-
P82P83- P85P83- V86P83- P88P83- P120P83- P159P83-
P160P83
- E84 = P84P79+ P84P80+ P84P82+ P84P84+ P84P85+ P84V86+
P84P87+ P84P144+ P84P179- P79P84- P80P84- P82P84-
P85P84- V86P84- P87P84- P144P84- P179P84
- E85 = P85P82+ P85P83+ P85P85+ P85V86+ P85P87+ P85P88+
P85V92+ P85P93+ P85P160+ P85P164+ P85P179+ P85P200-
P82P85- P83P85- V86P85- P87P85- P88P85- V92P85- P93P85-
P160P85- P164P85- P179P85- P200P85
- EV86 = V86P80+ V86P82+ V86P83+ V86P84+ V86P85+ V86V86+
V86P160+ V86P179- P80V86- P82V86- P83V86- P84V86-
P85V86- P160V86- P179V86
- E87 = P87P84+ P87P85+ P87P87+ P87P90+ P87V92+ P87P93+
P87P144+ P87P200- P82P87- P83P87- V86P87- P87P87-
P88P87- V92P87- P93P87- P160P87- P179P87- P200P87
- E88 = P88V71+ P88P83+ P88P85+ P88P88+ P88P89+ P88V92+
P88P93+ P88P120+ P88P122+ P88P159+ P88P164+ P88P200-
V71P88- P83P88- P85P88- P89P88- V92P88- P93P88- P120P88-
P122P88- P159P88- P164P88- P200P88
- E89 = P89P88+ P89P89+ P89P91+ P89V92+ P89P93+ P89P122+
P89P124+ P89P125+ P89V126+ P89P127+ P89P200- P88P89-
P91P89- V92P89- P93P89- P122P89- P124P89- P125P89-
V126P89- P127P89- P200P89
- E90 = P90P87+ P90P90+ P90P91+ P90V92+ P90P93+ P90P95+
P90P129+ P90P200- P87P90- P91P90- V92P90- P93P90-
P95P90- P129P90- P200P90

- E91 = P91P59+ P91P89+ P91P90+ P91P91+ P91V92+ P91P93+
P91P124+ P91P129+ P91P130+ P91V132+ P91P133+ P91P200-
P59P91- P89P91- P90P91- V92P91- P93P91- P124P91- P129P91-
P130P91- V132P91- P133P91- P200P91
- EV92 = V92P85+ V92P87+ V92P88+ V92P89+ V92P90+ V92P91+
V92V92+ V92P93+ V92P200- P85V92- P87V92- P88V92- P89V92-
P90V92- P91V92- P93V92- P200V92
- E93 = P93P82+ P93P85+ P93P87+ P93P88+ P93P89+ P93P90+
P93P91+ P93V92+ P93P93+ P93P95+ P93V96+ P93P120+
P93P125+ P93P130+ P93P144- P82P93- P85P93- P87P93-
P88P93- P89P93- P90P93- P91P93- V92P93- P95P93- V96P93-
P120P93- P125P93- P130P93- P144P93
- E94 = P94P44+ P94P45+ P94P54+ P94P58+ P94P59+ P94P94+
P94V96+ P94P123+ P94P125+ P94P139+ P94P146- P44P94-
P45P94- P54P94- P58P94- P59P94- V96P94- P123P94- P125P94-
P139P94- P146P94
- E95 = P95P41+ P95P42+ P95P55+ P95P58+ P95P59+ P95P90+
P95P93+ P95P95+ P95V96+ P95P140+ P95P144- P41P95-
P42P95- P55P95- P58P95- P59P95- P90P95- P93P95- V96P95-
P140P95- P144P95
- EV96 = V96P42+ V96P43+ V96P44+ V96P58+ V96P59+ V96P82+
V96P93+ V96P94+ V96P95+ V96V96+ V96P110+ V96P115+
V96P120+ V96P125+ V96P144+ V96P146- P42V96- P43V96-
P44V96- P58V96- P59V96- P82V96- P93V96- P94V96- P95V96-
P110V96- P115V96- P120V96- P125V96- P144V96- P146V96
- E97 = P97P47+ P97V48+ P97P69+ P97P70+ P97P97+ P97P98+
P97P99+ P97P100+ P97P102+ P97V103+ P97P107+ P97P145-
P47P97- V48P97- P69P97- P70P97- P98P97- P99P97- P100P97-
P102P97- V103P97- P107P97- P145P97
- E98 = P98P69+ P98P97+ P98P98+ P98P100+ P98V103+ P98P104+
P98P145+ P98P149+ P98P180- P47P98- V48P98- P69P98-
P98P98- P99P98- P100P98- P102P98- V103P98- P107P98-
P145P98

- E99 = P99P47+ P99P68+ P99P69+ P99P70+ P99V71+ P99P97+
P99P99+ P99P100+ P99V103+ P99P105+ P99P148+ P99P149+
P99P154+ P99P155- P47P99- P68P99- P69P99- P70P99-
V71P99- P97P99- P100P99- V103P99- P105P99- P148P99-
P149P99- P154P99- P155P99
- E100 = P100P97+ P100P98+ P100P99+ P100P100+ P100V103+
P100P104+ P100P105+ P100P107+ P100V108+ P100P155+
P100P156+ P100P180+ P100P181- P97P100- P98P100-
P99P100- V103P100- P104P100- P105P100- P107P100-
V108P100- P155P100- P156P100- P180P100- P181P100
- E101 = P101P35+ P101V37+ P101P38+ P101P60+ P101P61+ P101P64+
P101P101+ P101P143- P35P101- V37P101- P38P101- P60P101-
P61P101- P64P101- P143P101
- E102 = P102P21+ P102P22+ P102P26+ P102P47+ P102V48+ P102P69+
P102P97+ P102P102+ P102P145- P21P102- P22P102- P26P102-
P47P102- V48P102- P69P102- P97P102- P145P102
- EV103 = V103P69+ V103P97+ V103P98+ V103P99+ V103P100+
V103V103+ V103P149+ V103P155+ V103P180- P69V103-
P97V103- P98V103- P99V103- P100V103- P149V103- P155V103-
P180V103
- E104 = P104P98+ P104P100+ P104P104+ P104P106+ P104P107+
P104V108+ P104P111+ P104P145+ P104P181- P98P104-
P100P104- P106P104- P107P104- V108P104- P111P104-
P145P104- P181P104
- E105 = P105P70+ P105V71+ P105P99+ P105P100+ P105P105+
P105P106+ P105P107+ P105V108+ P105P112+ P105P154+
P105P156- P70P105- V71P105- P99P105- P100P105- P106105-
P107P105- V108P105- P112P105- P154P105- P156P105
- E106 = P106P104+ P106P105+ P106P106+ P106P107+ P106V108+
P106P109+ P106P111+ P106P112+ P106V114+ P106P156+
P106P157+ P106P181+ P106P182- P104P106- P105P106-
P107P106- V108P106- P109106- P111P106- P112P106-
V114P106- P156P106- P157P106- P181P106- P182P106

E107 = P107P47+ P107V48+ P107P70+ P107P97+ P107P100+
P107P104+ P107P105+ P107P106+ P107P107+ P107V108+
P107P109+ P107P145- P47P107- V48P107- P70P107- P97P107-
P100P107- P104P107- P105P107- P106P107- V108P107-
P109P107- P145P107

EV108 = V108P100+ V108P104+ V108P105+ V108P106+ V108P107+
V108V108+ V108P156+ V108P181- P100V108- P104V108-
P105V108- P106V108- P107V108- P156V108- P181V108

E109 = P109P44+ P109V48+ P109P70+ P109P106+ P109P107+
P109P109+ P109P110+ P109P111+ P109P112+ P109V114+
P109P145- P44P109- V48P109- P70P109- P106P109- P107P109-
P110P109- P111P109- P112P109- V114P109- P145P109

E110 = P110P44+ P110V96+ P110P109+ P110P110+ P110P111+
P110P112+ P110P113+ P110V114+ P110P115+ P110P120+
P110P146- P44P110- V96P110- P109P110- P111P110-
P112P110- P113P110- V114P110- P115P110- P120P110-
P146P110

E111 = P111P104+ P111P106+ P111P109+ P111P110+ P111P111+
P111P113+ P111V114+ P111P116+ P111P145+ P111P146+
P111P182- P104P111- P106P111- P109P111- P110P111-
P113P111- V114P111- P116P111- P128P111- P145P111-
P146P111- P182P111

E112 = P112V57+ P112P70+ P112V71+ P112P105+ P112P106+
P112P109+ P112P110+ P112P112+ P112P113+ P112V114+
P112P117+ P112P120+ P112P157+ P112P159- V57P112-
P70P112- V71P112- P105P112- P106P112- P109P112-
P110P112- P113P112- V114P112- P117P112- P120P112-
P157P112- P159P112

E113 = P113P110+ P113P111+ P113P113+ P113V114+ P113P115+
P113P116+ P113P117+ P113V119+ P113P157+ P113P158+
P113P182+ P113P183- P110P113- P111P113- V114P113-
P115P113- P116P113- P117P113- V119P113- P157P113-
P158P113- P182P113- P183P113

EV114 = V114P106+ V114P109+ V114P110+ V114P111+ V114P112+
V114P113+ V114V114+ V114P157+ V114P182- P106V114-
P109V114- P110V114- P111V114- P112V114- P113V114-
P157V114- P182V114

E115 = P115V96+ P115P110+ P115P113+ P115P115+ P115P116+
P115P117+ P115P118+ P115V119+ P115P120+ P115P125+
P115P146- V96P115- P110P115- P113P115- P116P115-
P117P115- P118P115- V119P115- P120P115- P125P115-
P146P115

E116 = P116P113+ P116P115+ P116P116+ P116P118+ P116V119+
P116P121+ P116P146+ P116P183- P113P116- P115P116-
P118P116- V119P116- P121P116- P146P116- P183P116

E117 = P117V71+ P117P112+ P117P113+ P117P115+ P117P117+
P117P118+ P117V119+ P117P120+ P117P122+ P117P158+
P117P159- V71P117- P112P117- P113P117- P115P117-
P118P117- V119P117- P120P117- P122P117- P158P117-
P159P117

E118 = P118P115+ P118P116+ P118P117+ P118P118+ P118V119+
P118P121+ P118P122+ P118P125+ P118V126+ P118P127+
P118P158+ P118P164+ P118P183- P115P118- P116P118-
P117P118- V119P118- P121P118- P122P118- P125P118-
V126P118- P127P118- P158P118- P164P118- P183P118

EV119 = V119P113+ V119P115+ V119P116+ V119P117+ V119P118+
V119V119+ V119P158+ V119P183- P113V119- P115V119-
P116V119- P117V119- P118V119- P158V119- P183V119

E120 = P120P43+ P120P70+ P120V71+ P120P82+ P120P83+ P120P88+
P120P93+ P120V96+ P120P110+ P120P115+ P120P117+
P120P120+ P120P122+ P120P125- P43P120- P70P120-
V71P120- P82P120- P83P120- P88P120- P93P120- V96P120-
P110P120- P115P120- P117P120- P122P120- P125P120

E121 = P121P116+ P121P118+ P121P121+ P121P123+ P121P125+
P121V126+ P121P127+ P121P146- P116P121- P118P121-
P123P121- P125P121- V126P121- P127P121- P146P121

E122 = P122V71+ P122P88+ P122P89+ P122P117+ P122P118+
P122P120+ P122P122+ P122P125+ P122V126+ P122P127+
P122P159+ P122P164- V71P122- P88P122- P89P122- P117P122-
P118P122- P120P122- P125P122- V126P122- P127P122-
P159P122- P164P122

- E123 = P123P94+ P123P121+ P123P123+ P123P124+ P123P125+
P123V126+ P123P127+ P123P128- P94P123- P121P123-
P124P123- P125P123- V126P123- P127P123- P128P123
- E124 = P124P89+ P124P91+ P124P123+ P124P124+ P124P125+
P124V126+ P124P127+ P124P128+ P124P130+ P124V132+
P124P133- P89P124- P91P124- P123P124- P125P124-
V126P124- P127P124- P128P124- P130P124- V132P124-
P133P124
- E125 = P125P59+ P125P89+ P125P93+ P125P94+ P125V96+
P125P115+ P125P118+ P125P120+ P125P121+ P125P122+
P125P123+ P125P124+ P125P125+ P125V126+ P125P130+
P125P146- P59P125- P89P125- P93P125- P94P125- V96P125-
P115P125- P118P125- P120P125- P121P125- P122P125-
P123P125- P124P125- V126P125- P130P125- P146P125
- EV126 = V126P89+ V126P118+ V126P121+ V126P122+ V126P123+
V126P124+ V126P125+ V126V126+ V126P127- P89V126-
P118V126- P121V126- P122V126- P123V126- P124V126-
P125V126- P127V126
- E127 = P127P89+ P127P118+ P127P121+ P127P122+ P127P123+
P127P124+ P127V126+ P127P127+ P127P133+ P127P158+
P127P159+ P127P164+ P127P183+ P127P200- P89P127-
P118P127- P121P127- P122P127- P123P127- P124P127-
V126P127- P133P127- P158P127- P159P127- P164P127-
P183P127- P200P127
- E128 = P128P123+ P128P124+ P128P128+ P128P130+ P128P131+
P128V132+ P128P133+ P128P134+ P128P139+ P128V143-
P123P128- P124P128- P130P128- P131P128- V132P128-
P133P128- P134P128- P139P128- V143P128
- E129 = P129P90+ P129P91+ P129P129+ P129P130+ P129P131+
P129V132+ P129P133+ P129P135+ P129P140+ P129V143-
P90P129- P91P129- P130P129- P131P129- V132P129-
P133P129- P135P129- P140P129- V143P129

E130 = P130P59+ P130P91+ P130P93+ P130P124+ P130P125+
P130P128+ P130P129+ P130P130+ P130P131+ P130V132+
P130P136+ P130P139+ P130P140+ P130V143- P59P130-
P91P130- P93P130- P124P130- P125P130- P128P130-
P129P130- P131P130- V132P130- P136P130- P139P130-
P140P130- V143P130

E131 = P131P128+ P131P129+ P131P130+ P131P131+ P131V132+
P131P133+ P131P134+ P131P135+ P131P136+ P131V137+
P131P138- P128P131- P129P131- P130P131- V132P131-
P133P131- P134P131- P135P131- P136P131- V137P131-
P138P131

EV132 = V132P91+ V132P124+ V132P128+ V132P129+ V132P130+
V132P131+ V132V132+ V132P133- P91V132- P124V132-
P128V132- P129V132- P130V132- P131V132- P133V132

E133 = P133P91+ P133P124+ P133P127+ P133P128+ P133P129+
P133P131+ P133V132+ P133P133+ P133P138+ P133P200-
P91P133- P124P133- P127P133- P128P133- P129P133-
P131P133- V132P133- P138P133- P200P133

E134 = P134P128+ P134P131+ P134P134+ P134P135+ P134P136+
P134V137+ P134P138+ P134P139- P128P134- P131P134-
P135P134- P136P134- V137P134- P138P134- P139P134

E135 = P135P129+ P135P131+ P135P134+ P135P135+ P135P136+
P135V137+ P135P138+ P135P140- P129P135- P131P135-
P134P135- P136P135- V137P135- P138P135- P140P135

E136 = P136P130+ P136P131+ P136P134+ P136P135+ P136P136+
P136V137+ P136P139+ P136P140+ P136V143- P130P136-
P131P136- P134P136- P135P136- V137P136- P139P136-
P140P136- V143P136

EV137 = V137P131+ V137P134+ V137P135+ V137P136+ V137V137+
V137P138- P131V137- P134V137- P135V137- P136V137-
P138V137

E138 = P138P131+ P138P133+ P138P134+ P138P135+ P138V137+
P138P138- P131P138- P133P138- P134P138- P135P138-
V137P138

- E139 = P139P59+ P139P128+ P139P130+ P139P134+ P139P136+
P139P139+ P139P140+ P139P141+ P139V143- P59P139-
P128P139- P130P139- P134P139- P136P139- P140P139-
P141P139- V143P139
- E140 = P140P59+ P140P129+ P140P130+ P140P135+ P140P136+
P140P139+ P140P140+ P140P142+ P140V143- P59P140-
P129P140- P130P140- P135P140- P136P140- P139P140-
P142P140- V143P140
- E141 = P141P56+ P141P139+ P141P141+ P141P142+ P141V143-
P56P141- P139P141- P142P141- V143P141
- E142 = P142P56+ P142P140+ P142P141+ P142P142+ P142V143-
P56P142- P140P142- P141P142- V143P142
- E143 = P143V36+ P143P38+ P143P41+ P143P42+ P143P62+ P143P64+
P143P72+ P143P74+ P143P77+ P143P79+ P143P101+
P143P143+ P143P144- V36P143- P38P143- P41P143- P42P143-
P62P143- P64P143- P72P143- P74P143- P77P143- P79P143-
P101P143- P144P143
- E144 = P144P42+ P144P82+ P144P84+ P144P87+ P144P95+ P144V96+
P144P144- P42P144- P82P144- P84P144- P87P144- P95P144-
V96P144
- E145 = P145P44+ P145P45+ P145V48+ P145P98+ P145P102+
P145P104+ P145P111+ P145P145+ P145P146- P42P145-
P82P145- P84P145- P87P145- P95P145- V96P145- P146P145
- E146 = P146P44+ P146P94+ P146V96+ P146P110+ P146P111+
P146P115+ P146P116+ P146P121+ P146P125+ P146P145+
P146P146- P44P146- P94P146- V96P146- P110P146- P111P146-
P115P146- P116P146- P121P146- P125P146- P145P146
- E147 = P147P64+ P147P65+ P147V67+ P147P147+ P147P148+
P147P150+ P147P162+ P147P176- P64P147- P65P147-
V67P147- P148P147- P150P147- P162P147- P176P147
- E148 = P148P68+ P148V71+ P148P147+ P148P148+ P148P149+
P148P153+ P148P154+ P148P161+ P148P162- P68P148-
V71P148- P147P148- P149P148- P153P148- P154P148-
P161P148- P162P148

- E149 = P149P69+ P149P98+ P149P99+ P149V103+ P149P148+
P149P149+ P149P155+ P149P161+ P149P180- P69P149-
P98P149- P99P149- V103P149- P148P149- P155P149-
P161P149- P180P149
- E150 = P150P63+ P150P66+ P150V67+ P150P147+ P150P150+
P150P151+ P150P153+ P150P162+ P150P167+ P150V171+
P150P176- P63P150- P66P150- V67P150- P147P150- P151P150-
P153P150- P162P150- P167P150- V171P150- P176P150
- E151 = P151P66+ P151P73+ P151P75+ P151V76+ P151P150+
P151P151+ P151P152+ P151P153+ P151P167+ P151V171+
P151P177- P66P151- P73P151- P75P151- V76P151- P150P151-
P152P151- P153P151- P167P151- V171P151- P177P151
- E152 = P152P75+ P152P78+ P152P80+ P152V81+ P152P151+
P152P152+ P152P153+ P152P160+ P152P163+ P152P167+
P152V171+ P152P178- P75P152- P78P152- P80P152- V81P152-
P151P152- P153P152- P160P152- P163P152- P167P152-
V171P152- P178P152
- E153 = P153P63+ P153V71+ P153P73+ P153P78+ P153P148+
P153P150+ P153P151+ P153P152+ P153P153+ P153P154+
P153P159+ P153P162+ P153P163+ P153P166+ P153V171-
P63P153- V71P153- P73P153- P78P153- P148P153- P150P153-
P151P153- P152P153- P154P153- P159P153- P162P153-
P163P153- P166P153- V171P153
- E154 = P154V71+ P154P99+ P154P105+ P154P148+ P154P153+
P154P154+ P154P155+ P154P156+ P154P159+ P154P161+
P154P163+ P154P166+ P154V170- V71P154- P99P154-
P105P154- P148P154- P153P154- P155P154- P156P154-
P159P154- P161P154- P163P154- P166P154- V170P154
- E155 = P155P99+ P155P100+ P155V103+ P155P149+ P155P154+
P155P155+ P155P156+ P155P161+ P155P165+ P155V170+
P155P180- P99P155- P100P155- V103P155- P149P155-
P154P155- P156P155- P161P155- P165P155- V170P155-
P180P155
- E156 = P156P100+ P156P105+ P156P106+ P156V108+ P156P154+
P156P155+ P156P156+ P156P157+ P156P163+ P156P165+
P156V170+ P156P181- P100P156- P105P156- P106P156-

V108P156- P154P156- P155P156- P157P156- P163P156-
P165P156- V170P156- P181P156

E157 = P157P106+ P157P112+ P157P113+ P157V114+ P157P156+
P157P157+ P157P158+ P157P159+ P157P163+ P157P168+
P157V172+ P157P182- P106P157- P112P157- P113P157-
V114P157- P156P157- P158P157- P159P157- P163P157-
P168P157- V172P157- P182P157

E158 = P158P113+ P158P117+ P158P118+ P158V119+ P158P127+
P158P157+ P158P158+ P158P159+ P158P164+ P158P168+
P158P183- P113P158- P117P158- P118P158- V119P158-
P127P158- P157P158- P159P158- P164P158- P168P158-
P183P158

E159 = P159V71+ P159P83+ P159P88+ P159P112+ P159P117+
P159P122+ P159P127+ P159P157+ P159P158+ P159P159+
P159P160+ P159P163+ P159P164+ P159V172+ P159P200-
V71P159- P83P159- P88P159- P112P159- P117P159- P122P159-
P127P159- P157P159- P158P159- P160P159- P163P159-
P164P159- V172P159- P200P159

E160 = P160P80+ P160P83+ P160P85+ P160V86+ P160P152+
P160P159+ P160P160+ P160P163+ P160P164+ P160P169+
P160V172+ P160P179+ P160P200- P80P160- P83P160-
P85P160- V86P160- P152P160- P159P160- P163P160-
P164P160- P169P160- V172P160- P179P160- P200P160

E161 = P161P148+ P161P149+ P161P154+ P161P155+ P161P161+
P161P162+ P161P165+ P161P166+ P161V170+ P161P173-
P148P161- P149P161- P154P161- P155P161- P162P161-
P165P161- P166P161- V170P161- P173P161

E162 = P162P147+ P162P148+ P162P150+ P162P153+ P162P161+
P162P162+ P162P166+ P162P167+ P162V171+ P162P174-
P147P162- P148P162- P150P162- P153P162- P161P162-
P166P162- P167P162- V171P162- P174P162

E163 = P163P152+ P163P153+ P163P154+ P163P156+ P163P157+
P163P159+ P163P160+ P163P163+ P163P165+ P163P166+
P163P167+ P163P168+ P163P169+ P163V170+ P163V171+

P163V172+ P163P173+ P163P174+ P163P175- P152P163+
 P153P163- P154P163- P156P163- P157P163- P159P163-
 P160P163- P165P163- P166P163- P167P163- P168P163-
 P169P163- V170P163- V171P163- V172P163- P173P163-
 P174P163- P175P163

E164 = P164P85+ P164P88+ P164P118+ P164P122+ P164P127+
 P164P158+ P164P159+ P164P160+ P164P164+ P164P168+
 P164P169+ P164V172+ P164P175+ P164P200- P85P164-
 P88P164- P118P164- P122P164- P127P164- P158P164-
 P159P164- P160P164- P168P164- P169P164- V172P164-
 P175P164- P200P164

E165 = P165P155+ P165P156+ P165P161+ P165P163+ P165P165+
 P165P168+ P165V170+ P165P173+ P165P180+ P165P181-
 P155P165- P156P165- P161P165- P163P165- P168P165-
 V170P165- P173P165- P180P165- P181P165

E166 = P166P153+ P166P154+ P166P161+ P166P162+ P166P163+
 P166P166+ P166V170+ P166V171+ P166P173+ P166P174-
 P153P166- P154P166- P161P166- P162P166- P163P166-
 V170P166- V171P166- P173P166- P174P166

Compartimento "Superestructura"

E167 = P167P150+ P167P151+ P167P152+ P167P162+ P167P163+
 P167P167+ P167P169+ P167V171+ P167P174+ P167P176+
 P167P177+ P167P178- P150P167- P151P167- P152P167-
 P162P167- P163P167- P169P167- V171P167- P174P167-
 P176P167- P177P167- P178P167

E168 = P168P157+ P168P158+ P168P163+ P168P164+ P168P165+
 P168P168+ P168V172+ P168P175+ P168P182+ P168P183-
 P157P168- P158P168- P163P168- P164P168- P165P168-
 V172P168- P175P168- P182P168- P183P168

E169 = P169P160+ P169P163+ P169P164+ P169P167+ P169P169+
 P169V172+ P169P175+ P169P179- P160P169- P163P169-
 P164P169- P167P169- V172P169- P175P169- P179P169

EV170 = V170P154+ V170P155+ V170P156+ V170P161+ V170P163+
 V170P165+ V170P166+ V170V170+ V170P173- P154V170-

P155V170- P156V170- P161V170- P163V170- P165V170-
P166V170- P173V170

EV171 = V171P150+ V171P151+ V171P152+ V171P153+ V171P162+
V171P163+ V171P166+ V171P167+ V171V171+ V171P174-
P150V171- P151V171- P152V171- P153V171- P162V171-
P163V171- P166V171- P167V171- P174V171

EV172 = V172P157+ V172P158+ V172P159+ V172P160+ V172P163+
V172P164+ V172P168+ V172P169+ V172V172+ V172P175-
P157V172- P158V172- P159V172- P160V172- P163V172-
P164V172- P168V172- P169V172- P175V172

E173 = P173P161+ P173P163+ P173P165+ P173P166+ P173V170+
P173P173+ P173P174+ P173P175- P161P173- P163P173-
P165P173- P166P173- V170P173- P174P173- P175P173

E174 = P174P162+ P174P163+ P174P166+ P174P167+ P174V171+
P174P173+ P174P174+ P174P175- P162P174- P163P174-
P166P174- P167P174- V171P174- P173P174- P175P174

E175 = P175P163+ P175P164+ P175P168+ P175P169+ P175V172+
P175P173+ P175P174+ P175P175- P163P175- P164P175-
P168P175- P169P175- V172P175- P173P175- P174P175

E176 = P176P64+ P176P66+ P176V67+ P176P147+ P176P150+
P176P167+ P176P176+ P176P177- P64P176- P66P176-
V67P176- P147P176- P150P176- P167P176- P177P176

E177 = P177P66+ P177P74+ P177P75+ P177V76+ P177P151+
P177P167+ P177P176+ P177P177+ P177P178- P66P177-
P74P177- P75P177- V76P177- P151P177- P167P177- P176P177-
P178P177

E178 = P178P75+ P178P79+ P178P80+ P178V81+ P178P152+
P178P177+ P178P178+ P178P179- P75P178- P79P178-
P80P178- V81P178- P152P178- P177P178- P179P178

E179 = P179P80+ P179P84+ P179P85+ P179V86+ P179P160+
P179P178+ P179P179+ P179P200- P80P179- P84P179-
P85P179- V86P179- P160P179- P178P179- P200P179

E180 = P180P98+ P180P100+ P180V103+ P180P149+ P180P155+
P180P165+ P180P180+ P180P181- P98P180- P100P180-
V103P180- P149P180- P155P180- P165P180- P181P180

E181 = P181P100+ P181P104+ P181P106+ P181V108+ P181P156+
P181P165+ P181P180+ P181P181+ P181P182- P100P181-
P104P181- P106P181- V108P181- P156P181- P165P181-
P180P181- P182P181

E182 = P182P106+ P182P111+ P182P113+ P182V114+ P182P157+
P182P168+ P182P181+ P182P182+ P182P183- P106P182-
P111P182- P113P182- V114P182- P157P182- P168P182-
P181P182- P183P182

E183 = P183P113+ P183P116+ P183V119+ P183P127+ P183P158+
P183P168+ P183P182+ P183P183- P113P183- P116P183-
V119P183- P127P183- P158P183- P168P183- P182P183

E200 = P200P85+ P200P87+ P200P88+ P200P89+ P200P90+ P200P91+
P200V92+ P200P127+ P200P133+ P200P159+ P200P160+
P200P164+ P200P179+ P200P200- P85P200- P87P200-
P88P200- P89P200- P90P200- P91P200- V92P200- P127P200-
P133P200- P159P200- P160P200- P164P200- P179P200

EV201 = V201P56+ V201P59+ V201P136+ V201P139+ V201P140+
V201P141+ V201P142+ V201V201- P56V201- P59V201-
P136V201- P139V201- P140V201- P141V201- P142V201

ANEXO C

ARCHIVO FUENTE PARA LA PREDICCIÓN DE RUIDOS MEDIANTE USO DEL METODO SEA.

```

!PROGRAMA DE EVALUACION DE RUIDOS UTILIZANDO EL METODO SEA.
!-----
!DEFINICION DE VARIABLES UTILIZADAS. TODO EL PROGRAMA TRABAJA EN
SISTEMA INTERNACIONAL
!NUMERO TOTAL DE SUBSISTEMAS: TSUB
!NUMERO DE FRECUENCIAS: NF
!NUMERO IDENTIFICACION SUBESTRUCTURA: NSUB
!DIMENSIONES DE PLANCHA:
L(LARGO),B(ANCHO),T(ESPESOR),AR(AREA),INE(INERCIA_AREA)
!DIMENSIONES DE ESPACIO: VOL(VOLUMEN),STOT(AREA
PAREDES),LARIS(LONGITUD ARISTAS)
!DENSIDAD MODAL: DM
!FACTOR DE PERDIDA POR AMORTIGUAMIENTO: FPAMOR
!FACTOR DE PERDIDA POR RADIACION ACUSTICA: FPRAD
!RAZON DE RADIACION DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL: RAZRAD
!FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO PLANCHA: FAMOPL
!FACTOR ACOPLAMIENTO SUBSISTEMAS: FACOSUB
!COEFICIENTE ABSORCION ATMOSFERICA TOTAL:ALFAI
!COEFICIENTE ABSORCIO PROMEDIO MATERIAL CONTORNO:ALFAP
!POTENCIA EXCITADORA INICIAL: VALPOT
!ENERGIA ALMACENADA RESULTANTE: ENAL
!DETALLE DE FRECUENCIAS EN TERCIOS DE OCTAVA: F
!NUMERO DE ACOPLER POR SUBSISTEMA:NACOPL
!NUMERO DE SUBSISTEMA ACOPLADO:ACOP
!LONGITUD DEL ACOPLAMIENTO ENTRE ESTRUCTURAS METALICAS:LONACOP
!ANGULO DE INCIDENCIA DEL ACOPLAMIENTO: THETA
!VELOCIDAD ONDA FLEXIONANTE DE SUBISTEMA: VOFSUB
!FACTOR DE PERDIDA DE TRANSMISION: FACPER
!FACTOR DE EFICIENCIA DE TRANSMISION: FACEFI
!AREA TOTAL PAREDES DEL ELEMENTO: STOT
!LONGITUD TOTAL ARISTAS DEL ELEMENTO: LARIS
!IDENTIFICACION RECUBRIMIENTO: IDRE
!COEFICIENTE DE ABSORCION ATMOSFERICA: ALFAI
!AREA DE ACOPLAMIENTO ENTRE ESPACIOS VOLUMETROS: AACOE
!COEFICIENTE DE TRANSMISION ALETAORIA: CTRALEA
!COEFICIENTE DE ABSORCION PROMEDIO DEL MATERIAL: ALFLAN / ALFALU
!PARAMETROS PREDETERMINADOS: MYOUNG (MODULO DE YOUNG 2.E+11[N/M2]),
RHO (DENSIDAD ACERO 7800.[KG/M3])
!RHOAIRE (DENSIDAD AIRE 1.21 [KG/M3]), POI (RAZON POISSON 0.28)
!VELSON (VEL SONIDO/AIRE 344.[M/S]), VELACE (VELO/SONIDO ACERO
6100.[M/S])
!FPESTR (FACTOR PERDIDAD ESTRUCTURAL POR MATERIAL 3.E-4)

```

```

!CARACTERES: ARCHIVO (NOMBRE ARCHIVO EXTERNO), ID (VIG: VIGA, PLA:
PLANCHA, VOL: VOLUMEN)
!-----
PROGRAM NOISE
USE DFLIB
!DETALLE DE VARIABLES
INTEGER
TSUB,NF,NSUB(500),ACOP(500,500),NACOPL(500),IERROR,Y,NUM,VAR,Z,ITER,
I,J,K,FLAG
DOUBLE PRECISION
A,S,DM(100,500),FAMOPL(500),FACOSUB(500,500),ENAL(500),L(500),B(500)
,T(500),AR(500),INE(500),FPRAD(100,500),RAZRAD(100,500),KF(500),
KO(500),FPFRIC(100,500),TOLRAD,LONACOP(500,500),THETA(500,500),VOFSU
B,DBA(500),FACPER,FACEFI,PLA(500,500),SPAR(100,500),VALMAT(500,500),
DIAGVAL(500,500),VOL(500),STOT(500),LARIS(500),VALA,FACTOR(500),
AACOE(500,500),ENERG(500),C,OMEGA,EPS,DELTA,CONV,SUM,DUMMY,SUMA,
OLD,EA,PRES(100,500),SUMFIN,CONVERS(500),VALPOT(500),NIVOL(100,500),
CORNIVOL(100,500)
REAL
F(9),ALFAI(9),ALFLAN(9),HEL(9),AMAQ(9),VMAQ(9),ACOMP(9),VENC(9),
VENBO(9),VENBG(9),VAPOTIN(500),AWF(9),LANVD(9)
DATA F/31.5,63.,125.,250.,500.,1000.,2000.,4000.,8000./,
ALFAI/0.,0.,0.1E-6,0.9E-6,0.2E-5,0.1E-4,0.6E-4,0.1E-3,1.E-2/,
ALFLAN/0.07,0.14,0.27,0.54,0.94,0.99,0.99,0.99,0.99/,
HEL/89.,92.,97.,102.,106.,111.,112.,115.,114./,
AMAQ/128.,135.,137.,135.,132.,129.,126.,123.,120./,
VMAQ/110.,115.,121.,126.,131.,137.,139.,137.,132./,
ACOMP/79.,83.,84.,85.,86.,84.,82.,78.,72./,
VENC/68.,71.,74.,70.,68.,67.,62.,54.,46./,
VENBO/65.,68.,71.,67.,65.,64.,59.,51.,43./,
VENBG/65.,68.,71.,67.,65.,64.,59.,51.,43./,
AWF/-39.2,-26.2,-16.1,-8.6,-3.2,0.,1.2,1,-1.1/,
LANVD/24.,30.,36.,37.,40.,46.,54.,57.,59./
PARAMETER(MYOUNG=2.E+11,RHO=7800.,RHOAIRE=1.21,POI=0.28,
VELSON=344.,VELACE=6100.,FPESTR=3.E-4,PI=3.1415926,ALFALU=0.05,
CTRALEA=1.,KMAX=500,IMAX=500,ES=0.000001,LAMBDA=1)
CHARACTER*15
ARCHIVO,RESUL,ID(500),IDAC(500,500),IDRE(500),POT(500),COMPART(500)
!-----
!ACCESO A ARCHIVO EXTERNO
WRITE(*,*)'DIGITE EL ARCHIVO DE DATOS'
READ(*,*)ARCHIVO
OPEN(1,FILE=ARCHIVO,STATUS='OLD',ACTION='READ',IOSTAT=IERROR)
WRITE(*,*)'DIGITE EL ARCHIVO DE RESULTADOS'
READ(*,*)RESUL
OPEN(2,FILE=RESUL,STATUS='NEW',ACTION='WRITE',IOSTAT=IERROR)
IF (IERROR /= 0) THEN
PRINT *, 'ERROR EN LECTURA DEL ARCHIVO'
STOP
ELSE
CONTINUE
END IF
!-----
!LECTURA DE LOS DATOS CONTENIDOS EN EL ARCHIVO EXTERNO

```

```

!NUMERO SUBSISTEMAS, NUMERO FRECUENCIAS
READ (1,*) TSUB,NF
!-----
!DATOS GENERALES DE LOS SUBSISTEMAS
DO I=1,TSUB,1
    READ (1,*) NSUB(I), ID(I), POT(I)
    CALCULOS: SELECT CASE (ID(I))
    CASE ("PLA")
        READ (1,*) L(I), B(I), T(I)
        AR(I)=L(I)*B(I)
        INE(I)=(1./12)*(T(I)**3.)*B(I)
    CASE ("VOL")
        READ (1,*) L(I), B(I), T(I), STOT(I), LARIS(I), IDRE(I), COMPART(I)
        VOL(I)=L(I)*B(I)*T(I)
    END SELECT CALCULOS
END DO
!-----
!LECTURA DE SUBSISTEMAS ACOPLADOS POR SISTEMAS
DO I=1,TSUB,1
    READ (1,*) NSUB(I), ID(I), NACOPL(I)
!-----IMPRESION ACOPLAS-----
    IF (ID(I).EQ."PLA") THEN
        DO J=1,NACOPL(I),1
            READ (1,*) ACOP(I,J), IDAC(I,J), LONACOP(I,J), THETA(I,J)
        END DO
    ELSE
    IF (ID(I).EQ."VOL") THEN
        DO J=1,NACOPL(I),1
            READ (1,*) ACOP(I,J), IDAC(I,J), AACOE(I,J)
        END DO
    END IF
END IF
END DO
CLOSE (1)
!-----IMPRESION MODAL-----
X=1
DO WHILE (X.LE.NF)
    DO I=1,TSUB,1
    !CALCULO DE LA DENSIDAD MODAL ESTRUCTURAL DE CADA ELEMENTO I EN CADA
    ANCHO DE BANDA
        DENMODAL: SELECT CASE (ID(I))
        CASE ("PLA")
             $DM(X,I) = ((12.) ** (1/2.)) * AR(I) / (2. * ((MYOUNG / (RHO * (1. - (POI ** 2.)))) ** (1/2.)) * T(I))$ 
        !CALCULO DE LA RAZON DE RADIACION DE CADA ELEMENTO ESTRUCTURAL I
         $KF(I) = (2. * PI * F(X) ** (1/2.)) * ((RHO * T(I)) / ((MYOUNG * T(I) ** 2.) / (12. * (1 - POI ** 2.)))) ** (1/4.)$ 
        KO(I) = (2. * PI * F(X)) / VELSON
        TOLRAD = KF(I) / KO(I)
        IF (TOLRAD.GE.1.) THEN
            TOLRAD=0.
        ELSE
        CONTINUE
        END IF

```

```

      RAZRAD(X,I)=1./((1.-TOLRAD**2.)**1/2.)
!CALCULO DEL FACTOR DE PERDIDA POR RADIACION ACUSTICA POR ANCHO DE
BANDA
FPRAD(X,I)=RHOAIRE*VELSON*RAZRAD(X,I)/(2.*PI*F(X)*T(I)*RHO)
!CALCULO DEL FACTOR DE PERDIDA POR FRICCION DE CADA SUBSISTEMA I
      FPFTRIC(X,I)=FPESTR+FPRAD(X,I)
!-----
!CALCULO DE LA DENSIDAD MODAL DE VOLUMEN PARA LOS ELEMENTO I EN CADA
ANCHO DE BANDA
      CASE("VOL")
DM(X,I)=(4.*PI*(F(X)**2.)*VOL(I)/VELSON**3.)+(PI*F(X)*STOT(I)/(2.*VE
LSON**2.))+(LARIS(I)/(8.*VELSON))
!CALCULO DEL FACTOR DE PERDIDA POR FRICCION DE CADA VOLUMEN
SUBSISTEMA I
      FFRICVOL: SELECT CASE (IDRE(I))
          CASE("LAN")
              FPFTRIC(X,I)=(VELSON/(PI*F(X)))*(ALFAI(X)-
(STOT(I)*LOG(1-ALFLAN(X))/(8.*VELSON)))
          CASE("ALU")
              FPFTRIC(X,I)=(VELSON/(PI*F(X)))*(ALFAI(X)-
(STOT(I)*LOG(1-ALFALU)/(8.*VELSON)))
          END SELECT FFRICVOL
      END SELECT DENMODAL
  END DO
X=X+1
END DO
!-----IMPRESION FACTORES DE ACOPLAMIENTO-----
DO I=1,TSUB,1
X=1
  DO WHILE (X.LE.NF)
!LECTURA DE SUBSISTEMAS ACOPLADOS POR SISTEMAS DEL TIPO PLA,VOL
    IF (I.LE.TSUB) THEN
      DO J=1,NACOPL(I),1
!-----
!CALCULO DEL FACTOR DE ACOPLAMIENTO DE LOS SUBSISTEMAS PLA-PLA
          IF ((ID(I).EQ."PLA").AND.(IDAC(I,J).EQ."PLA")) THEN
!CALCULO DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA FLEXIONANTE DEL SUBSISTEMA I
VOFSUB=((MYOUNG*(T(I)**3.)*(2.*PI*F(X)**2.)/(12.*RHO*T(I)*(1-
(POI**2.))))**1/4.)
!CALCULO DEL FACTOR DE PERDIDA DE TRANSMISION Y FACTOR DE EFICIENCIA
      FACPER=10.*LOG10(1.+(((2.*PI*F(X)*RHO*T(I)-
(((MYOUNG*(T(I)**3.)/(12.*(1-(POI**2.))))**&
&((2.*PI*F(X)**3.)*((SIND(THETA(I,J)**4.)/(VELACE**4.))))**2.)*((C
OSD(THETA(I,J))/&
&(2.*RHO*VELACE)**2.)))
      FACEFI=10.**(-FACPER/10.)
FACOSUB(I,ACOP(I,J))=(2.*VOFSUB*LONACOP(I,J)*FACEFI)/(PI*2.*PI*F(X)*
AR(I))
          ELSE
!-----
!CALCULO DEL FACTOR DE ACOPLAMIENTO DE LOS SUBSISTEMAS PLA-VOL
          IF ((ID(I).EQ."PLA").AND.(IDAC(I,J).EQ."VOL")) THEN

```

```

FACOSUB (I,ACOP (I, J)) = (RHOAIRE*VELSON*AR (I) *RAZRAD (X, I)) / (2.*PI*F (X) *
RHO*AR (I) *T (I))
      ELSE
!-----
!CALCULO DEL FACTOR DE ACOPLAMIENTO DE LOS SUBSISTEMAS VOL-VOL
      IF ((ID (I) .EQ. "VOL") .AND. (IDAC (I, J) .EQ. "VOL")) THEN
FACOSUB (I,ACOP (I, J)) = (VELSON*AACOE (I,ACOP (I, J)) *CTRALEA) / (4.*2.*PI*F
(X) *VOL (I))
      ELSE
!-----
!CALCULO DEL FACTOR DE ACOPLAMIENTO DE LOS SUBSISTEMAS VOL-PLA
      IF ((ID (I) .EQ. "VOL") .AND. (IDAC (I, J) .EQ. "PLA")) THEN
        DO Z=1, TSUB, 1
          IF (ACOP (I, J) .EQ. NSUB (Z)) THEN
FACOSUB (ACOP (I, J), I) = RHOAIRE*VELSON*AR (Z) *RAZRAD (X, Z) / (2.*PI*F (X) *RH
O*AR (Z) *T (Z))
FACOSUB (I,ACOP (I, J)) = FACOSUB (ACOP (I, J), I) *DM (X, Z) /DM (X, I)
          ELSE
            CONTINUE
          END IF
        END DO
      END IF
    END IF
  END IF
END DO
      X=X+1
    END DO
  END DO
!-----
!ASIGNACION DE FUENTES DE EXCITACION
X=1
DO WHILE (X.LE.NF)
  DO I=1, TSUB, 1
    IF (POT (I) .EQ. "FALSE") THEN
      VALPOT (I) = 0.
    ELSE
      EXCITACION: SELECT CASE (POT (I))
      CASE ("HEL")
        VAPOTIN (I) = HEL (X)
        CONVERS (I) = 10.** (VAPOTIN (I) /10.)
        VALPOT (I) = CONVERS (I)
      CASE ("AMAQ")
        VAPOTIN (I) = AMAQ (X)
        CONVERS (I) = 10.** (VAPOTIN (I) /10.)
        VALPOT (I) = CONVERS (I)
      CASE ("VMAQ")
        VAPOTIN (I) = VMAQ (X)
        CONVERS (I) = 10.** (VAPOTIN (I) /10.)
        VALPOT (I) = CONVERS (I)
      CASE ("ACOMP")
        VAPOTIN (I) = ACOMP (X)
    
```

```

CONVERS (I)=10.** (VAPOTIN (I)/10.)
VALPOT (I)=CONVERS (I)
CASE ("VENCN")
VAPOTIN (I)=VENCN (X)
CONVERS (I)=10.** (VAPOTIN (I)/10.)
VALPOT (I)=CONVERS (I)
CASE ("VENBO")
VAPOTIN (I)=VENBO (X)
CONVERS (I)=10.** (VAPOTIN (I)/10.)
VALPOT (I)=CONVERS (I)
CASE ("VENBG")
VAPOTIN (I)=VENBG (X)
CONVERS (I)=10.** (VAPOTIN (I)/10.)
VALPOT (I)=CONVERS (I)
END SELECT EXCITACION
END IF
END DO

!-----
!DETERMINACION DE COMPONENTES aij DE LA MATRIZ
DO I=1,TSUB,1
DO Y=1,TSUB,1
IF (I.EQ.Y) THEN
CONTINUE
ELSE
VALMAT (I, Y)=-2.*PI*F (X)*DM (X, I)*FACOSUB (I, Y)
END IF
END DO

!-----
!LAZO PARA SUMATORIA DE FACTORES DE ACOPLAMIENTO SUBESTRUCTURAS
(ELEMENTOS DE DIAGONAL)
S=0.
DO Y=1,TSUB,1
A=FACOSUB (I, Y)
S=S+A
END DO
SUMFIN=S
!SUMATORIA DE FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO CON LOS FACTORES DE
ACOPLAMIENTO
SPAR (X, I)=FPFRIC (X, I)+SUMFIN
!-----
!ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA DIAGONAL DE LA MATRIZ ANxN DEL SISTEMA
DE ECUACIONES
DIAGVAL (I, I)=DM (X, I)*SPAR (X, I)
VALMAT (I, I)=2.*PI*F (X)*DIAGVAL (I, I)
END DO

!-----
!RESOLUCION SISTEMA DE ECUACIONES METODO GAUSS-SEIDEL
!REVISION SI EL SISTEMA ES DIAGONALMENTE DOMINANTE
FLAG=0
DO I=1,TSUB
SUM=0.0
DO J=1,TSUB
IF (I==J) CYCLE
SUM=SUM+ABS (VALMAT (I, J))

```

```

      END DO
    IF (ABS (VALMAT (I, I)) < SUM) FLAG=FLAG+1
  END DO
  IF (FLAG > 0) THEN
    WRITE (*, *) 'EL SISTEMA NO ES DIAGONALMENTE DOMINANTE'
    STOP
  END IF
  DO K=1, KMAX
    CONV=0.0
    DO I=1, TSUB
      DELTA=VALPOT (I)
      DO J=1, TSUB
        DELTA=DELTA-VALMAT (I, J) *ENERG (J)
      END DO
      ENERG (I) =ENERG (I) +OMEGA*DELTA/VALMAT (I, I)
      IF (ABS (DELTA) > CONV) CONV=ABS (DELTA)
    END DO
    IF (CONV < EPS) THEN
      EXIT
    END IF
  END DO
  ITER=K
  IF (K==KMAX) THEN
    WRITE (*, *) 'EL SISTEMA HA FALLADO EN CONVERGER'
    STOP
  END IF

```

```

!-----
!Desarrollo Gauss Seidel
  DO I=1, TSUB, 1
    DUMMY=VALMAT (I, I)
    DO J=1, TSUB, 1
      VALMAT (I, J) =VALMAT (I, J) /DUMMY
    END DO
    VALPOT (I) =VALPOT (I) /DUMMY
  END DO
  DO I=1, TSUB, 1
    SUMA=VALPOT (I)
    DO J=1, TSUB, 1
      IF (I.NE.J) THEN
        ENERG (j) =0.
        SUMA=SUMA-VALMAT (I, J) *ENERG (J)
      END IF
    END DO
    ENERG (I) =SUMA
  END DO
  ITER=1
  EA=1.
  DO WHILE (EA.GE.E5)
    DO I=1, TSUB, 1
      OLD=ENERG (I)
      SUMA=VALPOT (I)
      DO J=1, TSUB, 1
        IF (I.NE.J) THEN
          SUMA=SUMA-VALMAT (I, J) *ENERG (J)

```

```

        END IF
    END DO
    ENERGI(I)=LAMBDA*SUMA+(1.-LAMBDA)*OLD
    IF(ENERGI(I).NE.0.) THEN
        EA=ABS((ENERGI(I)-OLD)/ENERGI(I))*100.
    END IF
    END DO
ITER=ITER+1
IF(ITER.GE.IMAX) THEN
WRITE(*,*)'Se alcanzó el límite de iteraciones'
EXIT
END IF
END DO
WRITE(2,800)F(X),iter-1
800
FORMAT(1X,'FREC=',1X,F7.2,3X,'ITER=',1X,I3,/,/,6X,'I',3X,'SUBS',2X,'
ID',22X,'ENERGIA',6X,'NIVEL',3X,'COMPARTIMENTO')
DO I=1,TSUB,1
    IF(ID(I).EQ."VOL") THEN
        PRES(X,I)=(ENERGI(I)*DM(X,I)*RHOAIRE*VELSON**2.)/VOL(I)
        NIVOL(X,I)=(10.*LOG10(PRES(X,I)))-LANVD(X)
        CORNIVOL(X,I)=NIVOL(X,I)+AWF(X)
        WRITE(2,900)I,NSUB(I),ID(I),ENERGI(I),NIVOL(X,I),COMPART(I)
900    FORMAT(4X,I3,3X,I3,3X,A5,1X,F25.8,3X,F8.2,3X,A15)
        ELSE
            CONTINUE
        END IF
    END DO
    WRITE(2,910)
910    FORMAT(/,/)
X=X+1
END DO
DO I=1,TSUB,1
    IF(ID(I).EQ."VOL") THEN
        S=0.
        DO X=1,NF,1
            VALA=10.** (CORNIVOL(X,I)/10.)
            S=S+VALA
        END DO
        FACTOR(I)=S
        DBA(I)=10.*LOG10(FACTOR(I))
        WRITE(2,950)NSUB(I),ID(I),COMPART(I),DBA(I)
950    FORMAT(3X,I3,3X,A5,2X,A15,2X,"DB-(A)=",F6.1)
        ELSE
            CONTINUE
        END IF
    END DO
END DO
CLOSE(2)
END PROGRAM

```


ANEXO D**ARCHIVO DE DATOS DE LOS 185 SUBSISTEMAS.**

185,9
1,PLA,FALSE
2.803925,2.803925,0.00635
2,PLA,FALSE
2.31,1.42,0.00635
3,PLA,HEL
2.739,1.7,0.00635
4,PLA,HEL
2.739,1.7,0.00635
5,PLA,FALSE
2.31,1.42,0.00635
6,PLA,FALSE
6.4,2.31,0.00635
7,VOL,FALSE
2.607,2.607,2.607,48.61,37.4,LAN,SERVO
8,PLA,FALSE
2.79699006,2.79699006,0.00635
9,PLA,FALSE
9.815,1.9003,0.00635
10,PLA,VMAQ
9.815,2.8837,0.00635
11,PLA,VMAQ
9.815,2.8837,0.00635
12,PLA,FALSE
9.815,1.9003,0.00635
13,PLA,FALSE
9.750845,7.04,0.00635
14,VOL,AMAQ
5.042,5.042,5.042,189.81,81.33,ALU,MAQUINAS
15,PLA,FALSE
2.8828,2.18,0.00635
16,PLA,FALSE
2.18,1.44933,0.00635
17,PLA,FALSE
2.75439,2.18,0.00635
51,PLA,FALSE

1.9788,1.9788,0.00635
18,PLA,FALSE
4.52,2.30,0.00635
19,PLA,FALSE
4.52,2.717,0.00635
20,PLA,FALSE
4.52,2.248,0.00635
21,PLA,FALSE
2.9485,2.204,0.00635
22,PLA,FALSE
4.52,3.112,0.00635
23,VOL,FALSE
3.997,2.3,3.18,59.7964,38.577,ALU,CAMA_OFIC
24,PLA,FALSE
9.777,1.45,0.00635
25,VOL,FALSE
9.777,1.45,2.248,78.72,53.819,LAN,PASILLO_C100
26,PLA,FALSE
5.372,1.450,0.00635
27,PLA,FALSE
3.415,2.253,0.00635
28,PLA,FALSE
3.417,2.536,0.00635
29,PLA,FALSE
3.417,2.223,0.00635
30,PLA,FALSE
2.847,2.248,0.00635
31,PLA,FALSE
3.415,2.984,0.00635
32,VOL,FALSE
3.005,3.066,2.248,47.0459,33.823,ALU,CAM_1
33,PLA,FALSE
3.351,2.248,0.00635
34,PLA,FALSE
3.351,2.528,0.00635
35,PLA,FALSE
3.351,2.290,0.00635
36,VOL,FALSE
2.603,2.603,2.6037,41.31727,31.9845,ALU,BAÑO
37,VOL,FALSE
2.7593,2.7593,2.7593,46.50559,33.683,ALU,CAM_2
38,PLA,FALSE
2.7315,2.248,0.00635
39,PLA,FALSE

3.01,2.248,0.00635
40,PLA,FALSE
3.009,2.138,0.00635
41,PLA,FALSE
3.01,2.33,0.00635
42,PLA,FALSE
2.46,2.275,0.00635
43,PLA,FALSE
1.451,2.275,0.00635
44,PLA,FALSE
2.46,2.275,0.00635
45,PLA,FALSE
5.26,2.25,0.00635
46,PLA,FALSE
5.24,2.717,0.00635
47,PLA,FALSE
5.213,2.248,0.00635
48,VOL,VENC
3.2129,3.2129,3.2129,65.9513,41.244,ALU,COCINA
49,PLA,FALSE
9.79,3.41,0.00635
50,PLA,FALSE
9.79,3.41,0.00635
52,PLA,FALSE
2.835,1.22,0.00635
53,VOL,FALSE
3.3936,3.3926,3.3926,141.1475,76.365,LAN,DOBFOND_PP
54,PLA,FALSE
5.35,3.09,0.00635
55,PLA,FALSE
5.35,3.09,0.00635
56,PLA,FALSE
1.65,1.1,0.00635
57,VOL,FALSE
2.4384,2.4384,2.4384,55.723,45.782,ALU,DOBFOND_PR
58,PLA,FALSE
4.93085,4.93085,0.00635
59,PLA,FALSE
3.1971,3.1971,0.00635
60,PLA,FALSE
3.066,1.993,0.00635
61,PLA,FALSE
2.536,1.364,0.00635
62,PLA,FALSE

2.52,0.969,0.00635
63,PLA,FALSE
2.35,2.13,0.00635
64,PLA,FALSE
2.35,2.13,0.00635
65,PLA,FALSE
2.779,2.131,0.00635
66,PLA,FALSE
2.590,2.131,0.00635
67,VOL,FALSE
2.38,2.38,2.38,34.155,28.704,ALU,CAMAR_OFIC
68,PLA,FALSE
1.,2.131,0.00635
69,PLA,FALSE
2.803,2.131,0.00635
70,PLA,FALSE
4.4,1.02,0.00635
71,VOL,FALSE
2.48,2.48,2.48,49.302,41.296,LAN,PAS_CUB_PAL
72,PLA,FALSE
2.59,0.907,0.00635
73,PLA,FALSE
0.91,2.131,0.00635
74,PLA,FALSE
0.91,2.131,0.00635
75,PLA,FALSE
2.486,2.131,0.00635
76,VOL,FALSE
1.6994,1.6994,1.6994,19.304,22.316,ALU,BAÑO
77,PLA,FALSE
2.486,1.143,0.00635
78,PLA,FALSE
0.93,2.131,0.00635
79,PLA,FALSE
0.93,2.131,0.00635
80,PLA,FALSE
2.368,2.131,0.00635
81,VOL,FALSE
1.6858,1.6858,1.6858,18.8050,21.92,ALU,BAÑO
82,PLA,FALSE
2.786,2.338,0.00635
83,PLA,FALSE
3.00,2.131,0.00635
84,PLA,FALSE

3.08,2.13,0.00635
85,PLA,FALSE
1.73,2.131,0.00635
86,VOL,FALSE
2.3496,2.3496,2.3496,33.749,28.767,ALU,CAMAR_CO
87,PLA,FALSE
1.27,2.13,0.00635
88,PLA,FALSE
0.58,2.131,0.00635
89,PLA,FALSE
2.41,2.16,0.00635
90,PLA,FALSE
2.43,2.039,0.00635
91,PLA,FALSE
3.375,2.161,0.00635
92,VOL,ACOMP
2.5511,2.5511,2.5511,39.864,30.8,ALU,SALA_AA
93,PLA,FALSE
2.075,2.424,0.00635
94,PLA,FALSE
5.30,2.42,0.00635
95,PLA,FALSE
5.30,2.42,0.00635
96,VOL,VENBO
4.0271,4.0271,4.0271,108.06,52.979,ALU,BODEGA
97,PLA,FALSE
1.946,2.447,0.00635
98,PLA,FALSE
1.95,2.131,0.00635
99,PLA,FALSE
1.95,2.131,0.00635
100,PLA,FALSE
2.66,2.131,0.00635
101,PLA,FALSE
1.364,0.529,0.00635
102,PLA,FALSE
3.18,0.85,0.00635
103,VOL,FALSE
2.2459,2.2459,2.2459,30.576,27.242,ALU,SALA_GEN_AUX
104,PLA,FALSE
1.94,2.13,0.00635
105,PLA,FALSE
1.92,2.13,0.00635
106,PLA,FALSE

2.381,2.131,0.00635
107,PLA,FALSE
2.66,1.939,0.00635
108,VOL,FALSE
2.176,2.176,2.176,28.632,26.32,ALU,LAB_HIDROG
109,PLA,FALSE
2.198,0.53,0.00635
110,PLA,FALSE
2.139,0.53,0.00635
111,PLA,FALSE
1.09,2.131,0.00635
112,PLA,FALSE
1.09,2.131,0.00635
113,PLA,FALSE
2.254,2.131,0.00635
114,VOL,FALSE
1.748,1.748,1.748,19.5157,22.136,ALU,BAÑO
115,PLA,FALSE
2.2128,2.128,0.00635
116,PLA,FALSE
2.32,2.131,0.00635
117,PLA,FALSE
2.25,2.131,0.00635
118,PLA,FALSE
1.77,2.131,0.00635
119,VOL,FALSE
2.1376,2.1376,2.1376,27.468,25.698,ALU,CAMAR_TEC
120,PLA,FALSE
2.8,1.02,0.00635
121,PLA,FALSE
1.623,1.623,0.00635
122,PLA,FALSE
0.42,2.09,0.00635
123,PLA,FALSE
2.3237,2.3237,0.00635
124,PLA,FALSE
2.4166,2.166,0.00635
125,PLA,FALSE
2.6959,2.6959,0.00635
126,VOL,VENBG
2.5143,2.5143,2.5143,38.546,30.718,ALU,BODEGA_CPAL
127,PLA,FALSE
3.6,2.41,0.00635
128,PLA,FALSE

1.54,2.25,0.00635
129,PLA,FALSE
1.54,2.25,0.00635
130,PLA,FALSE
5.42,1.6,0.00635
131,PLA,FALSE
3.3741,3.3714,0.00635
132,VOL,FALSE
2.627,2.627,2.627,48.313,37.937,LAN,PAÑOL_CADENA
133,PLA,FALSE
6.75,1.54,0.00635
134,PLA,FALSE
3.4431,3.4431,0.00635
135,PLA,FALSE
3.4431,3.4431,0.00635
136,PLA,FALSE
2.8855,2.8855,0.00635
137,VOL,FALSE
3.,3.,3.,59.8334,36.973,LAN,PEAK_PROA
138,PLA,FALSE
4.06366,4.06366,0.00635
139,PLA,FALSE
3.3712,3.3712,0.00635
140,PLA,FALSE
3.3712,3.3712,0.00635
141,PLA,FALSE
1.9,1.9,0.00635
142,PLA,FALSE
1.9,1.9,0.00635
143,PLA,FALSE
1.37585,1.37585,0.00635
144,PLA,FALSE
1.5545,1.5545,0.00635
145,PLA,FALSE
1.8058,1.8058,0.00635
146,PLA,FALSE
1.6598,1.6598,0.00635
147,PLA,FALSE
1.7,1.7,0.00635
148,PLA,FALSE
1.0137,1.0137,0.00635
149,PLA,FALSE
1.688,1.688,0.00635
150,PLA,FALSE

1.679985,1.679985,0.00635
151,PLA,FALSE
2.075,0.914,0.00635
152,PLA,FALSE
1.974,0.919,0.00635
153,PLA,FALSE
2.980,0.5065,0.00635
154,PLA,FALSE
2.980,0.5065,0.00635
155,PLA,FALSE
2.167,0.903,0.00635
156,PLA,FALSE
2.061,1.8109,0.00635
157,PLA,FALSE
1.3775,1.3775,0.00635
158,PLA,FALSE
1.76,1.76,0.00635
159,PLA,FALSE
1.727,1.727,0.00635
160,PLA,FALSE
2.1197,2.1197,0.00635
161,PLA,FALSE
2.346,2.346,0.00635
162,PLA,FALSE
2.346,2.346,0.00635
163,PLA,FALSE
3.0765,3.0765,0.00635
164,PLA,FALSE
2.6625,2.6625,0.00635
165,PLA,FALSE
3.,2.074,0.00635
166,PLA,FALSE
3.,2.074,0.00635
167,PLA,FALSE
3.,2.074,0.00635
168,PLA,FALSE
3.05,2.074,0.00635
169,PLA,FALSE
3.05,2.074,0.00635
170,VOL,FALSE
2.49,2.49,2.49,37.658,30.246,ALU,LAB_HIDR1
171,VOL,FALSE
2.4693,2.4693,2.4693,37.0526,30.026,ALU,LAB_HIDR2
172,VOL,FALSE

2.9762,2.9762,2.9762,55.366,37.17,ALU,PUENTE_GOB
173,PLA,FALSE
2.73,2.73,0.00635
174,PLA,FALSE
2.76,2.76,0.00635
175,PLA,FALSE
3.5645,3.5645,0.00635
176,PLA,FALSE
0.847,0.847,0.00635
177,PLA,FALSE
0.684,0.684,0.00635
178,PLA,FALSE
0.681,0.681,0.00635
179,PLA,FALSE
1.1758,1.1758,0.00635
180,PLA,FALSE
0.7331,0.7331,0.00635
181,PLA,FALSE
1.07,1.07,0.00635
182,PLA,FALSE
0.7991,0.7991,0.00635
183,PLA,FALSE
1.065,1.065,0.00635
200,PLA,FALSE
2.913,2.913,0.00635
201,VOL,FALSE
2.841,2.841,2.841,57.74,41.613,LAN,TUNEL_HEL_PR

Seguido a la definición de subsistemas se desarrolla la definición de acoplamientos. Para su presentación en el anexo y evitar excesivo consumo de espacio, estos se agrupan en 3 columnas.

1,PLA,6	6,PLA,0.	8,PLA,6.53,90.
2,PLA,1.95,91.27	8,PLA,0.	9,PLA,9.76,57.97
3,PLA,1.93,89.84	8,PLA,12	12,PLA,9.76,57.97
4,PLA,1.93,89.84	2,PLA,1.84,88.37	14,VOL,0.,0.
5,PLA,1.95,91.27	3,PLA,2.13,88.21	15,PLA,3.11,90.
6,PLA,6.40,90.	4,PLA,2.13,86.28	16,PLA,1.45,90.
7,VOL,0.,0.	5,PLA,1.86,88.37	17,PLA,2.98,90.
2,PLA,5	6,PLA,6.53,90.	22,PLA,3.11,180.
1,PLA,1.95,91.27	7,VOL,0.,0.	26,PLA,1.45,180.
3,PLA,2.31,163.21	9,PLA,1.84,92.64	31,PLA,2.98,180.
6,PLA,2.31,41.85	10,PLA,2.13,96.59	14,VOL,10
7,VOL,0.,0.	11,PLA,2.13,96.59	8,PLA,0.
8,PLA,1.84,88.37	12,PLA,1.84,92.64	9,PLA,0.
3,PLA,5	13,PLA,6.53,90.	10,PLA,0.
1,PLA,1.93,91.79	14,VOL,0.,0.	11,PLA,0.
2,PLA,2.31,163.21	9,PLA,5	12,PLA,0.
4,PLA,2.31,129.89	8,PLA,1.84,92.64	13,PLA,0.
7,VOL,0.,0.	10,PLA,9.87,146.93	15,PLA,0.
8,PLA,2.13,88.21	13,PLA,9.76,57.97	16,PLA,0.
4,PLA,5	14,VOL,0.,0.	17,PLA,0.
1,PLA,1.93,89.84	15,PLA,2.23,87.74	51,PLA,0.
3,PLA,2.31,129.89	10,PLA,6	15,PLA,10
5,PLA,2.31,163.21	8,PLA,2.13,96.59	9,PLA,2.23,87.74
7,VOL,0.,0.	9,PLA,9.87,146.93	13,PLA,3.11,90.
8,PLA,2.13,86.28	11,PLA,9.75,129.2	14,VOL,0.,0.
5,PLA,5	14,VOL,0.,0.	16,PLA,2.18,180.
1,PLA,1.95,91.27	49,PLA,3.526,180.	18,PLA,2.22,90.86
4,PLA,2.31,163.21	51,PLA,3.53,84.62	19,PLA,2.66,89.95
6,PLA,2.31,41.85	11,PLA,6	20,PLA,2.25,90.
7,VOL,0.,0.	8,PLA,2.13,96.59	22,PLA,3.11,90.
8,PLA,1.84,88.37	10,PLA,9.75,129.2	23,VOL,0.,0.
6,PLA,6	12,PLA,9.87,146.93	51,PLA,2.66,180.
1,PLA,6.4,90.	14,VOL,0.,0.	16,PLA,10
2,PLA,2.31,41.85	50,PLA,3.526,180.	13,PLA,1.45,90.
5,PLA,2.31,41.85	51,PLA,3.53,84.62	14,VOL,0.,0.,
7,VOL,0.,0.	12,PLA,6	15,PLA,2.18,180.
8,PLA,6.53,90.	8,PLA,1.84,92.64	17,PLA,2.18,180.
13,PLA,6.53,180.	11,PLA,9.87,146.93	20,PLA,2.18,90.
7,VOL,7	13,PLA,9.76,57.97	24,PLA,1.45,90.
1,PLA,0.	14,VOL,0.,0.	25,VOL,0.,0.
2,PLA,0.	17,PLA,2.23,87.74	26,PLA,1.45,90.
3,PLA,0.	29,PLA,2.223,180.	27,PLA,2.18,90.
4,PLA,0.	13,PLA,11	51,PLA,1.45,180.
5,PLA,0.	6,PLA,6.53,180.	17,PLA,10

12,PLA,2.23,87.74	19,PLA,4.524,90.	40,PLA,3.009,180.
13,PLA,2.98,90.	21,PLA,2.248,90.	43,PLA,1.45,90.
14,VOL,0.,0.	22,PLA,4.522,90.	46,PLA,5.253,180.
16,PLA,2.18,180.	23,VOL,0.,0.	47,PLA,5.253,90.
27,PLA,2.18,90.	24,PLA,4.524,90.	51,PLA,1.45,180.
28,PLA,2.54,90.	25,VOL,0.,0.	52,PLA,1.45,180.
29,PLA,2.22,91.34	26,PLA,4.522,90.	53,VOL,0.,0.
31,PLA,2.98,90.	21,PLA,10	25,VOL,10
32,VOL,0.,0.	18,PLA,2.295,91.91	16,PLA,0.
51,PLA,2.53,180.	19,PLA,2.717,90.	20,PLA,0.
51,PLA,12	20,PLA,2.248,90.	24,PLA,0.
10,PLA,3.53,84.62	22,PLA,3.18,90.	26,PLA,0.
11,PLA,3.53,84.62	23,VOL,0.,0.	27,PLA,0.
14,VOL,0.,0.	45,PLA,2.295,90.53	33,PLA,0.
15,PLA,2.66,180.	46,PLA,2.717,90.	39,PLA,0.
16,PLA,1.45,180.	47,PLA,2.248,90.	43,PLA,0.
17,PLA,2.53,180.	48,VOL,0.,0.	47,PLA,0.
19,PLA,2.66,90.	102,PLA,3.18,90.	70,PLA,0.
24,PLA,1.45,90.	22,PLA,8	26,PLA,13
28,PLA,2.53,90.	13,PLA,3.11,180.	13,PLA,1.45,180.
49,PLA,3.53,92.52	15,PLA,3.11,90.	16,PLA,1.45,90.
50,PLA,3.53,92.52	18,PLA,4.522,80.01	20,PLA,4.522,90.
53,VOL,0.,0.	20,PLA,4.522,90.	22,PLA,4.522,180.
18,PLA,6	21,PLA,3.18,90.	25,VOL,0.,0.
15,PLA,2.223,91.84	23,VOL,0.,0.	27,PLA,3.415,90.
19,PLA,4.522,101.69	26,PLA,4.522,180.	31,PLA,3.415,180.
21,PLA,2.295,91.91	102,PLA,3.18,180.	33,PLA,1.957,90.
22,PLA,4.522,80.01	23,VOL,6	47,PLA,0.85,90.
23,VOL,0.,0.	15,PLA,0.	60,PLA,1.957,180.
49,PLA,4.522,120.75	18,PLA,0.	68,PLA,1.0,90.
19,PLA,10	19,PLA,0.	70,PLA,1.450,180.
15,PLA,2.66,89.95	20,PLA,0.	102,PLA,0.85,180.
18,PLA,4.522,101.69	21,PLA,0.	27,PLA,10
20,PLA,4.524,90.	22,PLA,0.	16,PLA,2.18,90.
21,PLA,2.717,90.	24,PLA,16	17,PLA,2.18,90.
23,VOL,0.,0.	16,PLA,1.45,90.	24,PLA,3.417,90.
24,PLA,4.524,180.	19,PLA,4.524,180.	25,VOL,0.,0.
46,PLA,2.717,180.	20,PLA,4.524,90.	26,PLA,3.415,90.
49,PLA,4.522,18.24	25,VOL,0.,0.	28,PLA,3.417,90.
51,PLA,2.663,90.	27,PLA,3.417,90.	30,PLA,2.248,90.
53,VOL,0.,0.	28,PLA,3.417,180.	31,PLA,3.415,90.
20,PLA,9	33,PLA,3.351,90.	32,VOL,0.,0.
15,PLA,2.25,90.	34,PLA,3.351,180.	33,PLA,2.248,180.
16,PLA,2.18,90.	39,PLA,3.009,90.	28,PLA,9

17,PLA,2.54,90.	31,PLA,0.	37,VOL,8
27,PLA,3.417,90.	33,PLA,13	30,PLA,0.
29,PLA,3.417,101.69	24,PLA,3.351,90.	33,PLA,0.
30,PLA,2.628,90.	25,VOL,0.,0.	34,PLA,0.
32,VOL,0.,0.	26,PLA,1.957,90.	35,PLA,0.
34,PLA,2.628,180.	27,PLA,2.248,180.	38,PLA,0.
50,PLA,3.417,18.24	30,PLA,2.248,90.	60,PLA,0.
51,PLA,2.53,90.	34,PLA,3.351,90.	61,PLA,0.
53,VOL,0.,0.	37,VOL,0.,0.	101,PLA,0.
29,PLA,8	38,PLA,2.248,90.	38,PLA,12
12,PLA,2.223,180.	39,PLA,2.248,180.	33,PLA,2.248,90.
17,PLA,2.22,91.34	60,PLA,1.957,90.	34,PLA,2.428,90.
28,PLA,3.417,101.69	61,PLA,1.394,90.	35,PLA,2.329,90.53
30,PLA,2.29,91.91	63,PLA,1.39,180.	36,VOL,0.,0.
31,PLA,3.415,80.01	70,PLA,1.394,90.	37,VOL,0.,0.
32,VOL,0.,0.	34,PLA,10	39,PLA,2.248,90.
35,PLA,2.29,180.	24,PLA,3.351,180.	40,PLA,2.427,90.
50,PLA,3.417,120.75	28,PLA,2.628,180.	41,PLA,2.329,86.84
30,PLA,10	30,PLA,2.628,90.	61,PLA,2.52,180.
27,PLA,2.248,90.	33,PLA,3.351,90.	62,PLA,2.52,180.
28,PLA,2.628,90.	35,PLA,3.357,101.26	101,PLA,0.514,90.
29,PLA,2.29,91.91	37,VOL,0.,0.	143,PLA,0.514,90.
31,PLA,3.066,90.	38,PLA,2.428,90.	39,PLA,14
32,VOL,0.,0.	40,PLA,2.428,180.	24,PLA,3.009,90.
33,PLA,2.248,90.	50,PLA,3.357,18.24	25,VOL,0.,0.
34,PLA,2.628,90.	53,VOL,0.,0.	36,VOL,0.,0.
35,PLA,2.29,90.53	35,PLA,7	38,PLA,2.248,90.
37,VOL,0.,0.	30,PLA,2.29,90.53	40,PLA,3.009,90.
60,PLA,3.066,90.	34,PLA,3.357,101.26	42,PLA,2.275,90.
31,PLA,8	37,VOL,0.,0.	43,PLA,2.275,90.
13,PLA,2.98,180.	38,PLA,2.329,90.53	62,PLA,0.969,90.
17,PLA,2.98,90.	50,PLA,3.357,120.75	63,PLA,0.97,180.
26,PLA,3.415,180.	60,PLA,1.993,80.01	70,PLA,2.993,90.
27,PLA,3.415,90.	101,PLA,1.358,80.01	72,PLA,0.907,90.
29,PLA,3.415,80.01	36,VOL,9	73,PLA,0.91,180.
30,PLA,3.066,90.	38,PLA,0.	77,PLA,1.117,90.
32,VOL,0.,0.	39,PLA,0.	78,PLA,0.93,180.
60,PLA,3.066,180.	40,PLA,0.	40,PLA,11
32,VOL,6	41,PLA,0.	24,PLA,3.009,180.
17,PLA,0.	42,PLA,0.	34,PLA,2.428,180.
27,PLA,0.	62,PLA,0.	36,VOL,0.,0.
28,PLA,0.	72,PLA,0.	38,PLA,2.427,90.
29,PLA,0.	77,PLA,0.	39,PLA,3.009,90.
30,PLA,0.	143,PLA,0.	41,PLA,3.033,106.

42,PLA,2.046,90.
 50,PLA,3.033,18.24
 52,PLA,2.046,90.
 53,VOL,0.,0.
 58,PLA,2.046,180.
 41,PLA,7
 36,VOL,0.,0.
 38,PLA,2.329,86.84
 40,PLA,3.033,106.
 42,PLA,2.42,93.16
 50,PLA,3.033,120.75
 95,PLA,2.42,180.
 143,PLA,0.744,70.12
 42,PLA,13
 36,VOL,0.,0.
 39,PLA,2.275,90.
 40,PLA,2.046,90.
 41,PLA,2.42,93.16
 43,PLA,2.275,180.
 52,PLA,2.046,180.
 58,PLA,2.046,90.
 77,PLA,2.125,90.
 82,PLA,2.338,90.
 95,PLA,2.42,79.65
 96,VOL,0.,0.
 143,PLA,0.744,180.
 144,PLA,0.744,180.
 43,PLA,10
 24,PLA,1.45,90.
 25,VOL,0.,0.
 42,PLA,2.275,180.
 44,PLA,2.248,180.
 47,PLA,2.248,90.
 52,PLA,1.981,180.
 58,PLA,1.981,90.
 70,PLA,1.45,90.
 96,VOL,0.,0.
 120,PLA,1.45,90.
 44,PLA,15
 43,PLA,2.248,180.
 45,PLA,2.42,92.02
 46,PLA,2.173,90.
 47,PLA,2.248,90.
 48,VOL,0.,0.
 52,PLA,2.173,180.
 58,PLA,2.173,90.
 94,PLA,2.42,92.02
 96,VOL,0.,0.
 107,PLA,2.139,90.
 109,PLA,2.359,90.
 110,PLA,2.359,90.
 115,PLA,2.139,90.
 145,PLA,0.857,90.
 146,PLA,0.857,90.
 45,PLA,8
 21,PLA,2.295,90.53
 44,PLA,2.42,92.02
 46,PLA,5.284,101.64
 48,VOL,0.,0.
 49,PLA,5.284,120.75
 94,PLA,2.42,180.
 102,PLA,0.858,78.36
 145,PLA,4.4,78.36
 46,PLA,11
 19,PLA,2.717,180.
 21,PLA,2.717,90.
 24,PLA,5.253,180.
 44,PLA,2.173,90.
 45,PLA,5.284,101.64
 47,PLA,5.253,90.
 48,VOL,0.,0.
 49,PLA,5.284,18.24
 52,PLA,2.173,90.
 53,VOL,0.,0.
 58,PLA,2.173,180.
 47,PLA,15
 20,PLA,2.248,90.
 21,PLA,2.248,90.
 24,PLA,5.253,90.
 25,VOL,0.,0.
 26,PLA,0.85,90.
 43,PLA,2.248,90.
 44,PLA,2.248,90.
 46,PLA,5.253,90.
 48,VOL,0.,0.
 70,PLA,4.363,90.
 97,PLA,1.946,90.
 99,PLA,1.95,180.
 102,PLA,0.85,90.
 105,PLA,1.92,180.
 107,PLA,2.417,90.
 48,VOL,9
 21,PLA,0.
 44,PLA,0.
 45,PLA,0.
 46,PLA,0.
 47,PLA,0.
 97,PLA,0.
 102,PLA,0.
 107,PLA,0.
 145,PLA,0.
 49,PLA,9
 10,PLA,3.526,180.
 18,PLA,4.522,120.75
 19,PLA,4.522,18.24
 45,PLA,5.284,120.75
 46,PLA,5.284,18.24
 51,PLA,3.526,90.
 52,PLA,2.96,90.
 53,VOL,0.,0.
 54,PLA,2.96,180.
 50,PLA,11
 11,PLA,3.526,180.
 28,PLA,3.417,18.24
 29,PLA,3.417,120.75
 34,PLA,3.357,18.24
 35,PLA,3.357,120.75
 40,PLA,3.033,18.24
 41,PLA,3.033,120.75
 51,PLA,3.526,84.62
 52,PLA,2.96,84.62
 53,VOL,0.,0.
 55,PLA,2.96,180.
 52,PLA,13
 24,PLA,1.45,180.
 40,PLA,2.046,90.
 42,PLA,2.046,180.
 43,PLA,1.981,180.
 44,PLA,2.173,180.
 46,PLA,2.173,90.
 49,PLA,2.96,90.
 50,PLA,2.96,84.62

53,VOL,0.,0.
 54,PLA,2.96,96,90.
 55,PLA,2.96,96,90.
 57,VOL,0.,0.
 58,PLA,5.717,90.
 53,VOL,10
 19,PLA,0.
 24,PLA,0.
 28,PLA,0.
 34,PLA,0.
 40,PLA,0.
 46,PLA,0.
 49,PLA,0.
 50,PLA,0.
 51,PLA,0.
 52,PLA,0.
 54,PLA,7
 49,PLA,2.96,180.
 52,PLA,2.96,96,90.
 56,PLA,1.981,71,80.
 57,VOL,0.,0.
 58,PLA,5.354,20.68
 94,PLA,5.354,130.64
 141,PLA,1.981,71.80
 55,PLA,7
 50,PLA,2.96,180.
 52,PLA,2.96,96,90.
 56,PLA,1.981,71,80.
 57,VOL,0.,0.
 58,PLA,5.354,20.68
 95,PLA,5.354,130.64
 142,PLA,1.981,71.80
 56,PLA,8
 54,PLA,1.981,71,80.
 55,PLA,1.981,71,80.
 57,VOL,0.,0.
 58,PLA,3.294,90.
 59,PLA,3.294,180.
 141,PLA,1.977,71,80.
 142,PLA,1.977,71,80.
 201,VOL,0.,0.
 57,VOL,5
 52,PLA,0.
 54,PLA,0.
 55,PLA,0.
 56,PLA,0.
 58,PLA,0.
 58,PLA,12
 42,PLA,2.046,90.
 43,PLA,1.981,90.
 44,PLA,2.173,90.
 52,PLA,5.717,90.
 54,PLA,5.354,20.68
 55,PLA,5.354,20.68
 56,PLA,3.294,90.
 57,VOL,0.,0.
 59,PLA,3.296,90.
 94,PLA,2.578,109.88
 95,PLA,2.578,109.88
 96,VOL,0.,0.
 59,PLA,13
 56,PLA,3.294,180.
 58,PLA,3.296,90.
 91,PLA,2.76,180.
 93,PLA,2.76,90.
 94,PLA,2.578,104.2
 95,PLA,2.578,104.2
 96,VOL,0.,0.
 124,PLA,2.76,180.
 125,PLA,2.76,90.
 130,PLA,5.522,90.
 139,PLA,2.578,70.99
 140,PLA,2.578,70.99
 201,VOL,0.,0.
 60,PLA,9
 26,PLA,1.957,180.
 30,PLA,3.066,90.
 31,PLA,3.066,180.
 33,PLA,1.957,90.
 35,PLA,1.993,80.01
 37,VOL,0.,0.
 61,PLA,2.536,180.
 65,PLA,2.536,90.
 101,PLA,0.529,180.
 61,PLA,11
 33,PLA,1.394,90.
 37,VOL,0.,0.
 38,PLA,2.52,180.
 60,PLA,2.536,180.
 62,PLA,2.52,180.
 63,PLA,1.394,90.
 64,PLA,1.364,90.
 65,PLA,2.536,90.
 67,VOL,0.,0.
 70,PLA,1.394,180.
 101,PLA,1.364,180.
 62,PLA,11
 36,VOL,0.,0.
 38,PLA,2.52,180.
 39,PLA,0.969,90.
 61,PLA,2.52,180.
 63,PLA,0.969,90.
 64,PLA,0.98,90.
 66,PLA,2.377,90.
 67,VOL,0.,0.
 70,PLA,0.969,180.
 72,PLA,2.377,180.
 143,PLA,0.98,180.
 63,PLA,11
 61,PLA,1.394,90.
 62,PLA,0.969,90.
 65,PLA,2.131,90.
 66,PLA,2.131,90.
 68,PLA,2.131,90.
 70,PLA,2.35,180
 71,VOL,0.,0.
 147,PLA,1.038,90.
 148,PLA,1.038,90.
 150,PLA,1.315,90.
 153,PLA,1.31,90.
 64,PLA,10
 61,PLA,1.364,90.
 62,PLA,0.98,90.
 65,PLA,2.131,90.
 66,PLA,2.131,90.
 67,VOL,0.,0.
 74,PLA,2.131,180.
 101,PLA,1.364,90.
 143,PLA,0.98,90.
 147,PLA,1.05,90.
 176,PLA,1.327,90.
 65,PLA,7

60,PLA,2.536,90.	102,PLA,2.803,90.	72,PLA,11
61,PLA,2.536,90.	103,VOL,0.,0.	36,VOL,0.,0.
63,PLA,2.131,90.	149,PLA,2.803,90.	39,PLA,0.907,90.
64,PLA,2.131,90.	70,PLA,22	62,PLA,2.377,180.
67,VOL,0.,0.	25,VOL,0.,0.	66,PLA,2.377,90.
68,PLA,2.131,90.	26,PLA,1.450,180.	70,PLA,0.907,180.
147,PLA,2.779,90.	33,PLA,1.394,90.	73,PLA,0.91,90.
66,PLA,12	39,PLA,2.993,90.	74,PLA,0.91,90.
62,PLA,2.377,90.	43,PLA,1.45,90.	75,PLA,2.273,90.
63,PLA,2.131,90.	47,PLA,4.363,90.	76,VOL,0.,0.
64,PLA,2.131,90.	61,PLA,1.394,180.	77,PLA,2.273,180.
67,VOL,0.,0.	62,PLA,0.969,180.	143,PLA,0.913,180.
72,PLA,2.377,90.	63,PLA,2.35,180	73,PLA,11
73,PLA,2.131,90.	68,PLA,1.,90.	39,PLA,0.91,180.
74,PLA,2.131,90.	71,VOL,0.,0.	63,PLA,2.131,180.
76,VOL,0.,0.	72,PLA,0.907,180.	66,PLA,2.131,90.
150,PLA,2.075,90.	73,PLA,0.91,90.	70,PLA,0.907,90.
151,PLA,2.075,90.	77,PLA,1.117,180.	71,VOL,0.,0.
176,PLA,0.518,90.	78,PLA,0.93,90.	72,PLA,0.91,90.
177,PLA,0.518,90.	97,PLA,1.946,180.	75,PLA,2.131,90.
67,VOL,9	99,PLA,1.95,90.	76,VOL,0.,0.
61,PLA,0.	105,PLA,1.92,90.	78,PLA,2.131,180.
62,PLA,0.	107,PLA,1.919,180.	151,PLA,0.907,90.
63,PLA,0.	109,PLA,0.498,180.	153,PLA,0.907,90.
64,PLA,0.	112,PLA,1.08,90.	74,PLA,8
65,PLA,0.	120,PLA,1.017,180.	64,PLA,2.131,180.
66,PLA,0.	71,VOL,17	66,PLA,2.131,90.
147,PLA,0.	63,PLA,0.	72,PLA,0.91,90.
150,PLA,0.	68,PLA,0.	75,PLA,2.131,90.
176,PLA,0.	70,PLA,0.	76,VOL,0.,0.
68,PLA,8	73,PLA,0.	79,PLA,2.131,180.
26,PLA,1.0,90.	78,PLA,0.	143,PLA,0.91,90.
63,PLA,2.131,90.	83,PLA,0.	177,PLA,0.91,90.
65,PLA,2.131,90.	88,PLA,0.	75,PLA,11
69,PLA,2.131,180.	99,PLA,0.	73,PLA,2.131,90.
70,PLA,1.,90.	105,PLA,0.	74,PLA,2.131,90.
71,VOL,0.,0.	112,PLA,0.	76,VOL,0.,0.
99,PLA,2.131,90.	117,PLA,0.	77,PLA,2.486,90.
148,PLA,1.,90.	120,PLA,0.	78,PLA,0.91,90.
69,PLA,7	122,PLA,0.	79,PLA,0.91,90.
68,PLA,2.131,180.	148,PLA,0.	81,VOL,0.,0.
97,PLA,2.803,90.	153,PLA,0.	151,PLA,1.97,90.
98,PLA,2.131,90.	154,PLA,0.	152,PLA,1.97,90.
99,PLA,2.131,90.	159,PLA,0.	177,PLA,0.516,90.

178,PLA,0.516,90.	79,PLA,2.131,90.	85,PLA,2.131,90.
76,VOL,7	81,VOL,0.,0.	86,VOL,0.,0.
66,PLA,0.	82,PLA,2.37,90.	87,PLA,2.131,90.
72,PLA,0.	83,PLA,2.131,90.	144,PLA,2.872,90.
73,PLA,0.	84,PLA,2.131,90.	179,PLA,3.084,90.
74,PLA,0.	86,VOL,0.,0.	85,PLA,11
75,PLA,0.	152,PLA,1.872,90.	82,PLA,2.54,90.
151,PLA,0.	160,PLA,1.872,90.	83,PLA,2.131,90.
177,PLA,0.	178,PLA,0.496,90.	86,VOL,0.,0.
77,PLA,11	179,PLA,0.496,90.	87,PLA,2.131,180.
36,VOL,0.,0.	81,VOL,7	88,PLA,2.131,180.
39,PLA,1.117,90.	75,PLA,0.	92,VOL,0.,0.
70,PLA,1.117,180.	77,PLA,0.	93,PLA,1.73,90.
72,PLA,2.273,180.	78,PLA,0.	160,PLA,1.31,90.
75,PLA,2.486,90.	79,PLA,0.	164,PLA,1.8,180.
78,PLA,0.91,90.	80,PLA,0.	179,PLA,0.489,90.
79,PLA,0.91,90.	152,PLA,0.	200,PLA,1.73,90.
80,PLA,2.131,90.	178,PLA,0.	86,VOL,7
81,VOL,0.,0.	82,PLA,11	80,PLA,0.
82,PLA,2.37,180.	42,PLA,2.338,90.	82,PLA,0.
143,PLA,0.93,180.	77,PLA,2.37,180.	83,PLA,0.
78,PLA,10	80,PLA,2.37,90.	84,PLA,0.
70,PLA,0.93,90.	83,PLA,3.,90.	85,PLA,0.
71,VOL,0.,0.	84,PLA,3.08,90.	160,PLA,0.
73,PLA,2.131,180.	85,PLA,2.54,90.	179,PLA,0.
75,PLA,0.91,90.	86,VOL,0.,0.	87,PLA,7
77,PLA,0.91,90.	93,PLA,2.54,180.	84,PLA,2.131,90.
80,PLA,2.131,90.	96,VOL,0.,0.	85,PLA,2.131,180.
81,VOL,0.,0.	120,PLA,3.,180.	90,PLA,2.1,85.05
83,PLA,2.131,180.	144,PLA,3.08,180.	92,VOL,0.,0.
152,PLA,0.928,90.	83,PLA,9	93,PLA,0.99,90.
153,PLA,0.76,90.	78,PLA,2.131,180.	144,PLA,0.987,90.
79,PLA,8	80,PLA,2.131,90.	200,PLA,1.27,90.
74,PLA,2.131,180.	82,PLA,3.,90.	88,PLA,11
75,PLA,0.91,90.	85,PLA,2.131,90.	71,VOL,0.,0.
77,PLA,0.91,90.	86,VOL,0.,0.	83,PLA,2.131,90.
80,PLA,2.131,90.	88,PLA,2.131,90.	85,PLA,2.131,180.
81,VOL,0.,0.	120,PLA,3.,90.	89,PLA,2.131,90.
84,PLA,2.131,180.	159,PLA,3.,90.	92,VOL,0.,0.
143,PLA,0.934,90.	160,PLA,3.,90.	93,PLA,0.58,90.
178,PLA,0.934,90.	84,PLA,8	120,PLA,0.58,90.
80,PLA,12	79,PLA,2.131,180.	122,PLA,2.090,280.
77,PLA,2.131,90.	80,PLA,2.131,90.	159,PLA,0.88,90.
78,PLA,2.131,90.	82,PLA,3.08,90.	164,PLA,0.58,180.

200,PLA,0.58,90.	87,PLA,0.99,90.	110,PLA,0.
89,PLA,10	88,PLA,0.58,90.	115,PLA,0.
88,PLA,2.131,90.	89,PLA,2.415,90.	120,PLA,0.
91,PLA,2.131,90.	90,PLA,2.495,97.77	125,PLA,0.
92,VOL,0.,0.	91,PLA,2.705,90.	144,PLA,0.
93,PLA,2.415,90.	92,VOL,0.,0.	146,PLA,0.
122,PLA,0.42,90.	95,PLA,2.495,95.48	97,PLA,11
124,PLA,2.131,90.	96,VOL,0.,0.	47,PLA,1.946,90.
125,PLA,2.415,90.	120,PLA,0.57,180.	48,VOL,0.,0.
126,VOL,0.,0.	125,PLA,2.424,180.	69,PLA,2.803,90.
127,PLA,2.415,90.	130,PLA,2.705,180.	70,PLA,1.946,180.
200,PLA,2.415,90.	144,PLA,0.987,180.	98,PLA,1.95,90.
90,PLA,7	94,PLA,10	99,PLA,1.95,90.
87,PLA,2.1,85.05	44,PLA,2.42,92.02	100,PLA,2.447,90.
91,PLA,2.246,94.04	45,PLA,2.42,180.	102,PLA,2.803,180.
92,VOL,0.,0.	54,PLA,5.354,130.64	103,VOL,0.,0.
93,PLA,2.495,97.77	58,PLA,2.578,109.88	107,PLA,2.447,180.
95,PLA,2.495,180.	59,PLA,2.578,104.2	145,PLA,1.95,180.
129,PLA,2.246,180.	96,VOL,0.,0.	98,PLA,8
200,PLA,2.43,82.37	123,PLA,2.494,155.79	69,PLA,2.131,90.
91,PLA,11	125,PLA,2.494,65.79	97,PLA,1.95,90.
59,PLA,2.76,180.	139,PLA,2.58,180.	100,PLA,2.131,90.
89,PLA,2.131,90.	146,PLA,2.814,65.79	103,VOL,0.,0.
90,PLA,2.246,94.04	95,PLA,10	104,PLA,2.131,90.
92,VOL,0.,0.	41,PLA,2.42,180.	145,PLA,1.95,90.
93,PLA,2.705,90.	42,PLA,2.42,79.65	149,PLA,1.032,90.
124,PLA,2.161,180.	55,PLA,5.354,130.64	180,PLA,0.918,90.
129,PLA,2.246,76.63	58,PLA,2.578,109.88	99,PLA,13
130,PLA,2.705,90.	59,PLA,2.578,104.2	47,PLA,1.95,180.
132,VOL,0.,0.	90,PLA,2.495,180.	68,PLA,2.131,90.
133,PLA,3.375,90.	93,PLA,2.495,95.48	69,PLA,2.131,90.
200,PLA,3.375,90.	96,VOL,0.,0.	70,PLA,1.95,90.
92,VOL,8	140,PLA,2.578,180.	71,VOL,0.,0.
85,PLA,0.	144,PLA,2.814,95.48	97,PLA,1.95,90.
87,PLA,0.	96,VOL,15	100,PLA,2.131,90.
88,PLA,0.	42,PLA,0.	103,VOL,0.,0.
89,PLA,0.	43,PLA,0.	105,PLA,2.131,180.
90,PLA,0.	44,PLA,0.	148,PLA,1.022,90.
91,PLA,0.	58,PLA,0.	149,PLA,1.022,90.
93,PLA,0.	59,PLA,0.	154,PLA,0.88,90.
200,PLA,0.	82,PLA,0.	155,PLA,0.88,90.
93,PLA,14	93,PLA,0.	100,PLA,12
82,PLA,2.54,180.	94,PLA,0.	97,PLA,2.447,90.
85,PLA,1.73,90.	95,PLA,0.	98,PLA,2.131,90.

99,PLA,2.131,90.	181,PLA,1.94,90.	156,PLA,0.
103,VOL,0.,0.	105,PLA,11	181,PLA,0.
104,PLA,2.131,90.	47,PLA,1.92,180.	109,PLA,10
105,PLA,2.131,90.	70,PLA,1.92,90.	44,PLA,2.359,90.
107,PLA,2.66,90.	71,VOL,0.,0.	48,VOL,0.,0.
108,VOL,0.,0.	99,PLA,2.131,180.	70,PLA,0.498,180.
155,PLA,2.061,90.	100,PLA,2.131,90.	106,PLA,2.47,90.
156,PLA,2.061,90.	106,PLA,2.131,90.	107,PLA,2.38,180.
180,PLA,0.599,90.	107,PLA,1.92,90.	110,PLA,2.139,180.
181,PLA,0.599,90.	108,VOL,0.,0.	111,PLA,0.531,90.
101,PLA,7	112,PLA,2.131,180.	112,PLA,0.531,90.
35,PLA,1.358,80.01	154,PLA,1.92,90.	114,VOL,0.,0.
37,VOL,0.,0.	156,PLA,1.92,90.	145,PLA,0.531,180.
38,PLA,0.514,90.	106,PLA,12	110,PLA,10
60,PLA,0.529,180.	104,PLA,2.131,90.	44,PLA,2.359,90.
61,PLA,1.364,180.	105,PLA,2.131,90.	96,VOL,0.,0.
64,PLA,1.364,90.	107,PLA,2.47,90.	109,PLA,2.139,180.
143,PLA,0.514,180.	108,VOL,0.,0.	111,PLA,0.56,90.
102,PLA,8	109,PLA,2.47,90.	112,PLA,0.56,90.
21,PLA,3.18,90.	111,PLA,2.131,90.	113,PLA,2.254,90.
22,PLA,3.18,180.	112,PLA,2.131,90.	114,VOL,0.,0.
26,PLA,0.85,180.	114,VOL,0.,0.	115,PLA,2.254,180.
47,PLA,0.85,90.	156,PLA,1.83,90.	120,PLA,0.56,180.
48,VOL,0.,0.	157,PLA,1.83,90.	146,PLA,0.56,180.
69,PLA,2.803,90.	181,PLA,0.594,90.	111,PLA,10
97,PLA,2.803,180.	182,PLA,0.594,90.	104,PLA,2.131,180.
145,PLA,0.63,180.	107,PLA,11	106,PLA,2.131,90.
103,VOL,8	47,PLA,2.417,90.	109,PLA,0.531,90.
69,PLA,0.	48,VOL,0.,0.	110,PLA,0.56,90.
97,PLA,0.	70,PLA,1.919,180.	113,PLA,2.131,90.
98,PLA,0.	97,PLA,2.447,180.	114,VOL,0.,0.
99,PLA,0.	100,PLA,2.66,90.	116,PLA,2.131,180.
100,PLA,0.	104,PLA,1.939,90.	145,PLA,0.53,90.
149,PLA,0.	105,PLA,1.92,90.	146,PLA,0.56,90.
155,PLA,0.	106,PLA,2.47,90.	182,PLA,1.093,90.
180,PLA,0.	108,VOL,0.,0.	112,PLA,13
104,PLA,8	109,PLA,2.38,180.	57,VOL,0.,0.
98,PLA,2.131,90.	145,PLA,1.939,180.	70,PLA,1.08,90.
100,PLA,2.131,90.	108,VOL,7	71,VOL,0.,0.
106,PLA,2.131,90.	100,PLA,0.	105,PLA,2.131,180.
107,PLA,1.939,90.	104,PLA,0.	106,PLA,2.131,90.
108,VOL,0.,0.	105,PLA,0.	109,PLA,0.531,90.
111,PLA,2.131,180.	106,PLA,0.	110,PLA,0.56,90.
145,PLA,1.939,90.	107,PLA,0.	113,PLA,2.131,90.

114, VOL, 0., 0.	183, PLA, 2.323, 90.	117, PLA, 2.796, 90.
117, PLA, 2.131, 180.	117, PLA, 10	122, PLA, 0.42, 90.
120, PLA, 1.08, 90.	71, VOL, 0., 0.	125, PLA, 0.42, 90.
157, PLA, 1.082, 90.	112, PLA, 2.131, 180.	121, PLA, 7
159, PLA, 1.082, 90.	113, PLA, 2.131, 90.	116, PLA, 2.131, 74.22
113, PLA, 11	115, PLA, 2.252, 90.	118, PLA, 2.131, 180.
110, PLA, 2.254, 90.	118, PLA, 2.131, 90.	123, PLA, 2.121, 71.61
111, PLA, 2.131, 90.	119, VOL, 0., 0.	125, PLA, 1.11, 90.
114, VOL, 0., 0.	120, PLA, 2.796, 90.	126, VO, 0., 0.
115, PLA, 2.254, 90.	122, PLA, 2.131, 90.	127, PLA, 1.41, 90.
116, PLA, 2.131, 90.	158, PLA, 2.27, 90.	146, PLA, 1.11, 90.
117, PLA, 2.131, 90.	159, PLA, 2.27, 90.	122, PLA, 11
119, VOL, 0., 0.	118, PLA, 12	71, VOL, 0., 0.
157, PLA, 1.679, 90.	115, PLA, 1.76, 90.	88, PLA, 2.090, 280.
158, PLA, 1.679, 90.	116, PLA, 2.131, 105.78	89, PLA, 0.42, 90.
182, PLA, 0.586, 90.	117, PLA, 2.131, 90.	117, PLA, 2.131, 90.
183, PLA, 0.586, 90.	119, VOL, 0., 0.	118, PLA, 2.131, 180.
114, VOL, 8	121, PLA, 2.131, 180.	120, PLA, 0.42, 90.
106, PLA, 0.	122, PLA, 2.131, 180.	125, PLA, 0.42, 90.
109, PLA, 0.	125, PLA, 1.76, 90.	126, VOL, 0., 0.
110, PLA, 0.	126, VOL, 0., 0.	127, PLA, 0.42, 90.
111, PLA, 0.	127, PLA, 1.76, 90.	159, PLA, 0.42, 90.
112, PLA, 0.	158, PLA, 1.19, 90.	164, PLA, 0.42, 180.
113, PLA, 0.	164, PLA, 1.15, 180.	123, PLA, 7
157, PLA, 0.	183, PLA, 0.57, 90.	94, PLA, 2.494, 155.79
183, PLA, 0.	119, VOL, 7	121, PLA, 2.121, 71.61
115, PLA, 10	113, PLA, 0.	124, PLA, 2.161, 112.33
96, VOL, 0., 0.	115, PLA, 0.	125, PLA, 2.496, 98.17
110, PLA, 2.254, 180.	116, PLA, 0.	126, VOL, 0., 0.
113, PLA, 2.254, 90.	117, PLA, 0.	127, PLA, 2.568, 81.68
116, PLA, 2.324, 90.	118, PLA, 0.	128, PLA, 2.246, 180.
117, PLA, 2.252, 90.	158, PLA, 0.	124, PLA, 10
118, PLA, 1.76, 90.	183, PLA, 0.	89, PLA, 2.131, 90.
119, VOL, 0., 0.	120, PLA, 13	91, PLA, 2.161, 180.
120, PLA, 2.252, 180.	43, PLA, 1.45, 90.	123, PLA, 2.161, 112.33
125, PLA, 1.76, 180.	70, PLA, 1.017, 180.	125, PLA, 2.705, 90.
146, PLA, 2.324, 180.	71, VOL, 0., 0.	126, VOL, 0., 0.
116, PLA, 7	82, PLA, 3., 180.	127, PLA, 2.701, 90.
113, PLA, 2.131, 90.	83, PLA, 3., 90.	128, PLA, 2.161, 90.
115, PLA, 2.324, 90.	88, PLA, 0.58, 90.	130, PLA, 2.701, 90.
118, PLA, 2.131, 105.78	93, PLA, 0.57, 180.	132, VOL, 0., 0.
119, VOL, 0., 0.	96, VOL, 0., 0.	133, PLA, 2.701, 90.
121, PLA, 2.131, 74.22	110, PLA, 0.56, 180.	125, PLA, 15
146, PLA, 2.323, 90.	115, PLA, 2.252, 180.	59, PLA, 2.76, 90.

89,PLA,2.415,90.
 93,PLA,2.424,180.
 94,PLA,2.494,65.79
 96,VOL,0.,0.
 115,PLA,1.76,180.
 118,PLA,1.76,90.
 120,PLA,0.42,90.
 121,PLA,1.11,90.
 122,PLA,0.42,90.
 123,PLA,2.496,98.17
 124,PLA,2.705,90.
 126,VOL,0.,0.
 130,PLA,2.7,180.
 146,PLA,1.11,180.
 126,VOL,8
 89,PLA,0.
 118,PLA,0.
 121,PLA,0.
 122,PLA,0.
 123,PLA,0.
 124,PLA,0.
 125,PLA,0.
 127,PLA,0.
 127,PLA,13
 89,PLA,2.415,90.
 118,PLA,1.76,90.
 121,PLA,1.41,90.
 122,PLA,0.42,90.
 123,PLA,2.568,81.68
 124,PLA,2.701,90.
 126,VOL,0.,0.
 133,PLA,3.375,180.
 158,PLA,1.304,180.
 159,PLA,0.42,180.
 164,PLA,1.53,90.
 183,PLA,0.507,180.
 200,PLA,2.415,180.
 128,PLA,9
 123,PLA,2.246,180.
 124,PLA,2.161,90.
 130,PLA,1.6,107.25
 131,PLA,2.379,104.88
 132,VOL,0.,0.
 133,PLA,1.54,104.88
 134,PLA,2.379,85.12
 139,PLA,1.6,180.
 143,VOL,0.,0.
 129,PLA,9
 90,PLA,2.246,180.
 91,PLA,2.246,76.63
 130,PLA,1.6,107.25
 131,PLA,2.379,104.88
 132,VOL,0.,0.
 133,PLA,1.54,104.88
 135,PLA,2.379,85.12
 140,PLA,1.6,180.
 143,VOL,0.,0.
 130,PLA,13
 59,PLA,5.522,90.
 91,PLA,2.705,90.
 93,PLA,2.705,180.
 124,PLA,2.701,90.
 125,PLA,2.7,180.
 128,PLA,1.6,107.25
 129,PLA,1.6,107.25
 131,PLA,4.307,90.
 132,VOL,0.,0.
 136,PLA,4.307,180.
 139,PLA,1.6,65.79
 140,PLA,1.6,65.79
 143,VOL,0.,0.
 131,PLA,10
 128,PLA,2.379,104.88
 129,PLA,2.379,104.88
 130,PLA,4.307,90.
 132,VOL,0.,0.
 133,PLA,6.042,90.
 134,PLA,2.379,104.88
 135,PLA,2.379,104.88
 136,PLA,4.307,90.
 137,VOL,0.,0.
 138,PLA,6.042,90.
 132,VOL,7
 91,PLA,0.
 124,PLA,0.
 128,PLA,0.
 129,PLA,0.
 130,PLA,0.
 131,PLA,0.
 133,PLA,0.
 133,PLA,9
 91,PLA,3.375,90.
 124,PLA,2.701,90.
 127,PLA,3.375,180.
 128,PLA,1.54,104.88
 129,PLA,1.54,104.88
 131,PLA,6.042,90.
 132,VOL,0.,0.
 138,PLA,6.042,180.
 200,PLA,3.375,180.
 134,PLA,7
 128,PLA,2.379,85.12
 131,PLA,2.379,104.88
 135,PLA,2.65,110.31
 136,PLA,4.11,111.52
 137,VOL,0.,0.
 138,PLA,5.523,104.88
 139,PLA,5.523,180.
 135,PLA,7
 129,PLA,2.379,85.12
 131,PLA,2.379,104.88
 134,PLA,2.65,110.31
 136,PLA,4.11,111.52
 137,VOL,0.,0.
 138,PLA,5.523,104.88
 140,PLA,5.523,180.
 136,PLA,8
 130,PLA,4.307,180.
 131,PLA,4.307,90.
 134,PLA,4.11,111.52
 135,PLA,4.11,111.52
 137,VOL,0.,0.
 139,PLA,4.126,65.79
 140,PLA,4.126,65.79
 143,VOL,0.,0.
 137,VOL,5
 131,PLA,0.
 134,PLA,0.
 135,PLA,0.
 136,PLA,0.
 138,PLA,0.
 138,PLA,5

131,PLA,6.042,90.	101,PLA,0.514,180.	161,PLA,0.50,90.
133,PLA,6.042,180.	144,PLA,0.744,180.	162,PLA,0.51,90.
134,PLA,5.523,104.88	144,PLA,6	149,PLA,8
135,PLA,5.523,104.88	42,PLA,0.744,180.	69,PLA,2.803,90.
137,VOL,0.,0.	82,PLA,3.08,180.	98,PLA,1.032,90.
139,PLA,8	84,PLA,2.872,90.	99,PLA,1.022,90.
59,PLA,2.578,70.99	87,PLA,0.987,90.	103,VOL,0.,0.
128,PLA,1.6,180.	95,PLA,2.814,95.48	148,PLA,1.022,180.
130,PLA,1.6,65.79	96,VOL,0.,0.	155,PLA,2.167,180.
134,PLA,5.523,180.	145,PLA,8	161,PLA,2.17,90.
136,PLA,4.126,65.79	44,PLA,0.857,90.	180,PLA,0.588,180.
140,PLA,2.23,73.17	45,PLA,4.4,78.36	150,PLA,10
141,PLA,4.23,180.	48,VOL,0.,0.	63,PLA,1.315,90.
143,VOL,0.,0.	98,PLA,1.95,90.	66,PLA,2.075,90.
140,PLA,8	102,PLA,0.63,180.	67,VOL,0.,0.
59,PLA,2.578,70.99	104,PLA,1.939,90.	147,PLA,2.196,180.
129,PLA,1.6,180.	111,PLA,0.53,90.	151,PLA,2.075,180.
130,PLA,1.6,65.79	146,PLA,0.857,180.	153,PLA,1.315,180.
135,PLA,5.523,180.	146,PLA,10	162,PLA,2.15,90.
136,PLA,4.126,65.79	44,PLA,0.857,90.	167,PLA,1.333,90.
139,PLA,2.23,73.17	94,PLA,2.814,65.79	171,VOL,0.,0.
142,PLA,4.23,180.	96,VOL,0.,0.	176,PLA,1.333,180.
143,VOL,0.,0.	110,PLA,0.56,180.	151,PLA,10
141,PLA,4	111,PLA,0.56,90.	66,PLA,2.075,90.
56,PLA,1.977,71,80.	115,PLA,2.324,180.	73,PLA,0.907,90.
139,PLA,4.23,180.	116,PLA,2.323,90.	75,PLA,1.97,90.
142,PLA,4.33,53.17	121,PLA,1.11,90.	76,VOL,0.,0.
143,VOL,0.,0.	125,PLA,1.11,180.	150,PLA,2.075,180.
142,PLA,4	145,PLA,0.857,180.	152,PLA,1.974,180.
56,PLA,1.977,71,80.	147,PLA,7	153,PLA,0.907,180.
140,PLA,4.23,180.	64,PLA,1.05,90.	167,PLA,0.914,90.
141,PLA,4.33,53.17	65,PLA,2.779,90.	171,VOL,0.,0.
143,VOL,0.,0.	67,VOL,0.,0.	177,PLA,0.914,180.
143,PLA,12	148,PLA,1.038,180.	152,PLA,11
36,VOL,0.,0.	150,PLA,2.196,180.	75,PLA,1.97,90.
38,PLA,0.514,90.	162,PLA,2.15,180.	78,PLA,0.928,90.
41,PLA,0.744,70.12	176,PLA,0.57,180.	80,PLA,1.872,90.
42,PLA,0.744,180.	148,PLA,8	81,VOL,0.,0.
62,PLA,0.98,180.	68,PLA,1.,90.	151,PLA,1.974,180.
64,PLA,0.98,90.	71,VOL,0.,0.	153,PLA,0.76,180.
72,PLA,0.913,180.	147,PLA,1.038,180.	160,PLA,1.872,180.
74,PLA,0.91,90.	149,PLA,1.022,180.	163,PLA,1.88,90.
77,PLA,0.93,180.	153,PLA,0.50,180.	167,PLA,0.919,90.
79,PLA,0.934,90.	154,PLA,0.50,180.	171,VOL,0.,0.

178,PLA,0.919,180.	108,VOL,0.,0.	172,VOL,0.,0.
153,PLA,14	154,PLA,1.918,180.	200,PLA,0.5065,180.
63,PLA,1.31,90.	155,PLA,2.061,180.	160,PLA,12
71,VOL,0.,0.	157,PLA,1.83,180.	80,PLA,1.872,90.
73,PLA,0.907,90.	163,PLA,1.83,90.	83,PLA,3.,90.
78,PLA,0.76,90.	165,PLA,1.932,90.	85,PLA,1.31,90.
148,PLA,0.50,180.	170,VOL,0.,0.	86,VOL,0.,0.
150,PLA,1.315,180.	181,PLA,1.932,180.	152,PLA,1.872,180.
151,PLA,0.907,180.	157,PLA,11	159,PLA,2.821,180.
152,PLA,0.76,180.	106,PLA,1.83,90.	163,PLA,1.872,90.
154,PLA,3.007,180.	112,PLA,1.082,90.	164,PLA,1.31,90.
159,PLA,0.5065,180.	113,PLA,1.679,90.	169,PLA,2.882,90.
162,PLA,0.5065,90.	114,VOL,0.,0.	172,VOL,0.,0.
163,PLA,0.5065,90.	156,PLA,1.83,180.	179,PLA,2.882,180.
166,PLA,2.980,90.	158,PLA,1.679,180.	200,PLA,1.31,180.
171,VOL,0.,0.	159,PLA,1.082,180.	161,PLA,9
154,PLA,12	163,PLA,1.83,90.	148,PLA,0.50,90.
71,VOL,0.,0.	168,PLA,1.092,90.	149,PLA,2.17,90.
99,PLA,0.88,90.	172,VOL,0.,0.	154,PLA,0.5065,90.
105,PLA,1.92,90.	182,PLA,1.092,180.	155,PLA,2.167,90.
148,PLA,0.50,180.	158,PLA,10	162,PLA,2.074,180.
153,PLA,3.007,180.	113,PLA,1.679,90.	165,PLA,2.074,90.
155,PLA,0.876,180.	117,PLA,2.27,90.	166,PLA,2.074,90.
156,PLA,1.918,180.	118,PLA,1.19,90.	170,VOL,0.,0.
159,PLA,0.5065,180.	119,VOL,0.,0.	173,PLA,2.654,90.
161,PLA,0.5065,90.	127,PLA,1.304,180.	162,PLA,9
163,PLA,0.5065,90.	157,PLA,1.679,180.	147,PLA,2.15,180.
166,PLA,2.980,90.	159,PLA,2.078,180.	148,PLA,0.51,90.
170,VOL,0.,0.	164,PLA,1.304,90.	150,PLA,2.15,90.
155,PLA,10	168,PLA,2.119,90.	153,PLA,0.5065,90.
99,PLA,0.88,90.	183,PLA,2.119,180.	161,PLA,2.074,180.
100,PLA,2.061,90.	159,PLA,14	166,PLA,2.074,90.
103,VOL,0.,0.	71,VOL,0.,0.	167,PLA,2.074,90.
149,PLA,2.167,180.	83,PLA,3.,90.	171,VOL,0.,0.
154,PLA,0.876,180.	88,PLA,0.88,90.	174,PLA,2.654,90.
156,PLA,2.061,180.	112,PLA,1.082,90.	163,PLA,18
161,PLA,2.167,90.	117,PLA,2.27,90.	152,PLA,1.88,90.
165,PLA,0.903,90.	122,PLA,0.42,90.	153,PLA,0.5065,90.
170,VOL,0.,0.	127,PLA,0.42,180.	154,PLA,0.5065,90.
180,PLA,0.903,180.	157,PLA,1.082,180.	156,PLA,1.83,90.
156,PLA,11	158,PLA,2.078,180.	157,PLA,1.83,90.
100,PLA,2.061,90.	160,PLA,2.821,180.	159,PLA,1.013,90.
105,PLA,1.92,90.	163,PLA,1.013,90.	160,PLA,1.872,90.
106,PLA,1.83,90.	164,PLA,1.013,90.	165,PLA,2.074,90.

166,PLA,2.074,90.	167,PLA,11	162,PLA,0.
167,PLA,2.074,90.	150,PLA,1.333,90.	163,PLA,0.
168,PLA,2.074,90.	151,PLA,0.914,90.	166,PLA,0.
169,PLA,2.074,90.	152,PLA,0.919,90.	167,PLA,0.
170,VOL,0.,0.	162,PLA,2.074,90.	174,PLA,0.
171,VOL,0.,0.	163,PLA,2.074,90.	172,VOL,9
172,VOL,0.,0.	169,PLA,2.074,180.	157,PLA,0.
173,PLA,2.35,90.	171,VOL,0.,0.	158,PLA,0.
174,PLA,2.35,90.	174,PLA,2.98,90.	159,PLA,0.
175,PLA,3.,90.	176,PLA,1.33,90.	160,PLA,0.
164,PLA,13	177,PLA,0.914,90.	163,PLA,0.
85,PLA,1.8,180.	178,PLA,0.919,90.	164,PLA,0.
88,PLA,0.58,180.	168,PLA,9	168,PLA,0.
118,PLA,1.15,180.	157,PLA,1.092,90.	169,PLA,0.
122,PLA,0.42,180.	158,PLA,2.119,90.	175,PLA,0.
127,PLA,1.53,90.	163,PLA,2.074,90.	173,PLA,7
158,PLA,1.304,90.	164,PLA,2.074,104.56	161,PLA,2.654,90.
159,PLA,1.013,90.	165,PLA,2.074,180.	163,PLA,2.35,90.
160,PLA,1.31,90.	172,VOL,0.,0.	165,PLA,3.,90.
168,PLA,2.074,104.56	175,PLA,3.05,90.	166,PLA,2.98,90.
169,PLA,2.074,104.56	182,PLA,1.092,90.	170,VOL,0.,0.
172,VOL,0.,0.	183,PLA,2.119,90.	174,PLA,2.98,180.
175,PLA,3.594,90.	169,PLA,7	175,PLA,2.35,180.
200,PLA,2.03,90.	160,PLA,2.882,90.	174,PLA,7
165,PLA,9	163,PLA,2.074,90.	162,PLA,2.654,90.
155,PLA,0.903,90.	164,PLA,2.074,104.56	163,PLA,2.35,90.
156,PLA,1.932,90.	167,PLA,2.074,180.	166,PLA,2.98,90.
161,PLA,2.074,90.	172,VOL,0.,0.	167,PLA,2.98,90.
163,PLA,2.074,90.	175,PLA,3.05,90.	171,VOL,0.,0.
168,PLA,2.074,180.	179,PLA,3.211,90.	173,PLA,2.98,180.
170,VOL,0.,0.	170,VOL,8	174,PLA,2.39,180.
173,PLA,3.,90.	154,PLA,0.	175,PLA,7
180,PLA,0.903,90.	155,PLA,0.	163,PLA,3.,90.
181,PLA,1.932,90.	156,PLA,0.	164,PLA,3.594,90.
166,PLA,9	161,PLA,0.	168,PLA,3.05,90.
153,PLA,2.980,90.	163,PLA,0.	169,PLA,3.05,90.
154,PLA,2.980,90.	165,PLA,0.	172,VOL,0.,0.
161,PLA,2.074,90.	166,PLA,0.	173,PLA,2.35,180.
162,PLA,2.074,90.	173,PLA,0.	174,PLA,2.39,180.
163,PLA,2.074,90.	171,VOL,9	176,PLA,7
170,VOL,0.,0.	150,PLA,0.	64,PLA,1.327,90.
171,VOL,0.,0.	151,PLA,0.	66,PLA,0.518,90.
173,PLA,2.98,90.	152,PLA,0.	67,VOL,0.,0.
174,PLA,2.98,90.	153,PLA,0.	147,PLA,0.57,180.

150,PLA,1.333,180.
167,PLA,1.33,90.
177,PLA,0.518,180.
177,PLA,8
66,PLA,0.518,90.
74,PLA,0.91,90.
75,PLA,0.516,90.
76,VOL,0.,0.
151,PLA,0.914,180.
167,PLA,0.914,90.
176,PLA,0.518,180.
178,PLA,0.516,180.
178,PLA,7
75,PLA,0.516,90.
79,PLA,0.934,90.
80,PLA,0.496,90.
81,VOL,0.,0.
152,PLA,0.919,180.
177,PLA,0.516,180.
179,PLA,0.496,180.
179,PLA,7
80,PLA,0.496,90.
84,PLA,3.084,90.
85,PLA,0.489,90.
86,VOL,0.,0.
160,PLA,2.882,180.
178,PLA,0.496,180.
200,PLA,0.489,180.
180,PLA,7
98,PLA,0.918,90.
100,PLA,0.599,90.
103,VOL,0.,0.
149,PLA,0.588,180.
155,PLA,0.903,180.
165,PLA,0.903,90.
181,PLA,0.599,180.
181,PLA,8
100,PLA,0.599,90.
104,PLA,1.94,90.
106,PLA,0.594,90.
108,VOL,0.,0.
156,PLA,1.932,180.
165,PLA,1.932,90.
180,PLA,0.599,180.
182,PLA,0.594,180.
182,PLA,8
106,PLA,0.594,90.
111,PLA,1.093,90.
113,PLA,0.586,90.
114,VOL,0.,0.
157,PLA,1.092,180.
168,PLA,1.092,90.
181,PLA,0.594,180.
183,PLA,0.586,180.
183,PLA,7
113,PLA,0.586,90.
116,PLA,2.323,90.
119,VOL,0.,0.
127,PLA,0.507,180.
158,PLA,2.119,180.
168,PLA,2.119,90.
182,PLA,0.586,180.
200,PLA,13
85,PLA,1.73,90.
87,PLA,1.27,90.
88,PLA,0.58,90.
89,PLA,2.415,90.
90,PLA,2.43,82.37
91,PLA,3.375,90.
92,VOL,0.,0.
127,PLA,2.415,180.
133,PLA,3.375,180.
159,PLA,0.5065,180.
160,PLA,1.31,180.
164,PLA,2.03,90.
179,PLA,0.489,180.
201,VOL,7
56,PLA,0.
59,PLA,0.
136,PLA,0.
139,PLA,0.
140,PLA,0.
141,PLA,0.
142,PLA,0.

ANEXO E

ARCHIVO DE RESULTADOS.

FREC= 31.5 ITER= 12					
I	SUBS	ID	ENERGIA	NIVEL	COMPARTIMENTO
7	7	VOL	6690008.499	69.28	SERVO
14	14	VOL	1.74922E+13	130.62	MAQUINAS
24	23	VOL	7170381.302	68.27	CAMA_OFIC
26	25	VOL	943717.8615	60.21	PASILLO_C100
33	32	VOL	5250994.903	67.43	CAM_1
37	36	VOL	22022.0061	43.88	BAÑO
38	37	VOL	312150.9536	55.09	CAM_2
49	48	VOL	131151018.2	80.75	COCINA
53	53	VOL	634347.298	59.61	DOBFOND_PP
57	57	VOL	19240.40654	45.26	DOBFOND_PR
67	67	VOL	2431.862479	34.72	CAMAR_OFIC
71	71	VOL	1261.874726	32.79	PAS_CUB_PAL
76	76	VOL	1042.477167	33.31	BAÑO
81	81	VOL	1138.766635	33.7	BAÑO
86	86	VOL	2276.115758	34.56	CAMAR_CO
92	92	VOL	3332178849	95.76	SALA_AA
96	96	VOL	19100978.33	71.49	BODEGA
103	103	VOL	7563.682131	39.98	SALA_GEN_AUX
108	108	VOL	1940.637057	34.23	LAB_HIDROG
114	114	VOL	1332.050423	34.04	BAÑO
119	119	VOL	359.7868065	26.99	CAMAR_TEC
126	126	VOL	198867554.3	83.6	BODEGA_CPAL
132	132	VOL	1166.840154	31.62	PAÑOL_CADENA
137	137	VOL	11.25360921	10.45	PEAK_PROA
170	170	VOL	57.12324353	18.22	LAB_HIDR1
171	171	VOL	27.55545442	15.1	LAB_HIDR2
172	172	VOL	55.44288121	17.29	PUENTE_GOB
185	201	VOL	132.0782534	21.82	TUNEL_HEL_PR

FREC=		63		ITER=		15	
I	SUBS	ID	ENERGIA	NIVEL	COMPARTIMENTO		
7	7	VOL	30067786.05	72.66	SERVO		
14	14	VOL	3.76145E+13	131.62	MAQUINAS		
24	23	VOL	50856713.75	73.96	CAMA_OFIC		
26	25	VOL	4105322.928	63.61	PASILLO_C100		
33	32	VOL	39977481.84	73.28	CAM_1		
37	36	VOL	578353.044	55.03	BAÑO		
38	37	VOL	4418475.336	63.65	CAM_2		
49	48	VOL	117654770.1	77.5	COCINA		
53	53	VOL	2984478.945	63.26	DOBFOND_PP		
57	57	VOL	484017.6652	55.88	DOBFOND_PR		
67	67	VOL	111779.3475	48.19	CAMAR_OFIC		
71	71	VOL	20750.33397	41.64	PAS_CUB_PAL		
76	76	VOL	70178.18869	47.92	BAÑO		
81	81	VOL	64545.75771	47.56	BAÑO		
86	86	VOL	31778.99277	42.82	CAMAR_CO		
92	92	VOL	2045412486	90.59	SALA_AA		
96	96	VOL	8179712.495	65.32	BODEGA		
103	103	VOL	276297.7051	52.36	SALA_GEN_AUX		
108	108	VOL	89780.67968	47.6	LAB_HIDROG		
114	114	VOL	71229.6805	47.71	BAÑO		
119	119	VOL	8349.599955	37.34	CAMAR_TEC		
126	126	VOL	202754317.9	80.6	BODEGA_CPAL		
132	132	VOL	1858.561786	30.5	PAÑOL_CADENA		
137	137	VOL	121.6919568	17.95	PEAK_PROA		
170	170	VOL	4971.404069	34.52	LAB_HIDR1		
171	171	VOL	2998.316275	32.36	LAB_HIDR2		
172	172	VOL	826.5953008	26.17	PUENTE_GOB		
185	201	VOL	2077.8528	30.75	TUNEL_HEL_PR		

FREC= 125 ITER= 21					
I	SUBS	ID	ENERGIA	NIVEL	COMPARTIMENTO
7	7	VOL	37234792.05	71.33	SERVO
14	14	VOL	2.13784E+13	127.62	MAQUINAS
24	23	VOL	85998063.17	74.3	CAMA_OFIC
26	25	VOL	4597452.555	61.98	PASILLO_C100
33	32	VOL	72708797.32	73.81	CAM_1
37	36	VOL	3370638.841	60.55	BAÑO
38	37	VOL	14207342.64	66.66	CAM_2
49	48	VOL	84614658.99	74.17	COCINA
53	53	VOL	3736092.227	61.9	DOBFOND_PP
57	57	VOL	3020996.151	61.28	DOBFOND_PR
67	67	VOL	1009963.986	55.51	CAMAR_OFIC
71	71	VOL	87446.86952	45.46	PAS_CUB_PAL
76	76	VOL	910877.6224	56.29	BAÑO
81	81	VOL	802893.0541	55.74	BAÑO
86	86	VOL	301698.1981	50.33	CAMAR_CO
92	92	VOL	508558740.7	82.39	SALA_AA
96	96	VOL	2933222.527	59.19	BODEGA
103	103	VOL	2008720.734	58.66	SALA_GEN_AUX
108	108	VOL	862805.768	55.07	LAB_HIDROG
114	114	VOL	792235.624	55.48	BAÑO
119	119	VOL	124699.2648	46.71	CAMAR_TEC
126	126	VOL	167341776.7	77.59	BODEGA_CPAL
132	132	VOL	5197.785985	32.72	PAÑOL_CADENA
137	137	VOL	1083.995856	25.45	PEAK_PROA
170	170	VOL	83687.98054	44.6	LAB_HIDR1
171	171	VOL	64690.77223	43.5	LAB_HIDR2
172	172	VOL	15851.77019	37.01	PUENTE_GOB
185	201	VOL	11820.88643	36.14	TUNEL_HEL_PR

FREC= 250 ITER= 18					
I	SUBS	ID	ENERGIA	NIVEL	COMPARTIMENTO
7	7	VOL	4637874.684	65.87	SERVO
14	14	VOL	4.14311E+12	124.61	MAQUINAS
24	23	VOL	21125816.58	72.05	CAMA_OFIC
26	25	VOL	566619.0048	56.58	PASILLO_C100
33	32	VOL	15054649.79	70.72	CAM_1
37	36	VOL	943883.2155	58.74	BAÑO
38	37	VOL	3159652.013	63.9	CAM_2
49	48	VOL	9396678.078	68.5	COCINA
53	53	VOL	489999.2096	56.51	DOBFOND_PP
57	57	VOL	846220.6866	59.04	DOBFOND_PR
67	67	VOL	194945.5887	52	CAMAR_OFIC
71	71	VOL	6898.345601	37.86	PAS_CUB_PAL
76	76	VOL	162481.913	51.98	BAÑO
81	81	VOL	150628.8166	51.65	BAÑO
86	86	VOL	67123.78005	47.41	CAMAR_CO
92	92	VOL	88066791.58	78.47	SALA_AA
96	96	VOL	151230.8131	50.35	BODEGA
103	103	VOL	416829.1025	55.4	SALA_GEN_AUX
108	108	VOL	159187.7501	51.27	LAB_HIDROG
114	114	VOL	148603.0415	51.45	BAÑO
119	119	VOL	21343.25024	42.56	CAMAR_TEC
126	126	VOL	22599078.93	72.58	BODEGA_CPAL
132	132	VOL	390.6767934	25.09	PAÑOL_CADENA
137	137	VOL	69.91092339	17.34	PEAK_PROA
170	170	VOL	12499.37645	40.02	LAB_HIDR1
171	171	VOL	9108.437305	38.65	LAB_HIDR2
172	172	VOL	2286.340257	32.43	PUENTE_GOB
185	201	VOL	1023.683895	29.18	TUNEL_HEL_PR

FREC= 500 ITER= 37					
I	SUBS	ID	ENERGIA	NIVEL	COMPARTIMENTO
7	7	VOL	4806828.646	68.21	SERVO
14	14	VOL	5.81208E+11	118.61	MAQUINAS
24	23	VOL	37306373.47	76.88	CAMA_OFIC
26	25	VOL	377719.8318	57.07	PASILLO_C100
33	32	VOL	24954581.01	75.21	CAM_1
37	36	VOL	13612051.21	72.6	BAÑO
38	37	VOL	18752915.06	73.95	CAM_2
49	48	VOL	4639563.567	67.81	COCINA
53	53	VOL	594101.2012	59.38	DOBFOND_PP
57	57	VOL	16673308.01	73.94	DOBFOND_PR
67	67	VOL	4301884.864	67.66	CAMAR_OFIC
71	71	VOL	46777.23356	48.24	PAS_CUB_PAL
76	76	VOL	6812386.205	70.1	BAÑO
81	81	VOL	6821840.593	70.11	BAÑO
86	86	VOL	2878802.277	65.94	CAMAR_CO
92	92	VOL	9138527.216	70.89	SALA_AA
96	96	VOL	41258.63535	47.18	BODEGA
103	103	VOL	6208380.006	69.31	SALA_GEN_AUX
108	108	VOL	3873563.76	67.29	LAB_HIDROG
114	114	VOL	5184595.99	68.83	BAÑO
119	119	VOL	1540145.687	63.29	CAMAR_TEC
126	126	VOL	4781011.282	68.08	BODEGA_CPAL
132	132	VOL	10479.7917	41.57	PAÑOL_CADENA
137	137	VOL	3498.45622	36.65	PEAK_PROA
170	170	VOL	794508.8986	60.29	LAB_HIDR1
171	171	VOL	820631.118	60.44	LAB_HIDR2
172	172	VOL	303701.4587	56	PUENTE_GOB
185	201	VOL	16131.17908	43.39	TUNEL_HEL_PR

FREC= 1000 ITER= 63					
I	SUBS	ID	ENERGIA	NIVEL	COMPARTIMENTO
7	7	VOL	25255760.57	74.97	SERVO
14	14	VOL	77989630788	109.65	MAQUINAS
24	23	VOL	137354490.4	82.21	CAMA_OFIC
26	25	VOL	1631710.323	63.03	PASILLO_C100
33	32	VOL	142252083.7	82.4	CAM_1
37	36	VOL	144277540.8	82.47	BAÑO
38	37	VOL	166216392.8	83.06	CAM_2
49	48	VOL	22214602.85	74.28	COCINA
53	53	VOL	2816349.549	65.59	DOBFOND_PP
57	57	VOL	211806834.2	84.39	DOBFOND_PR
67	67	VOL	67757058.79	79.22	CAMAR_OFIC
71	71	VOL	514521.1316	58.15	PAS_CUB_PAL
76	76	VOL	127905093.6	82.22	BAÑO
81	81	VOL	130961254.1	82.32	BAÑO
86	86	VOL	54498708.46	78.29	CAMAR_CO
92	92	VOL	1268352.273	61.92	SALA_AA
96	96	VOL	290076.8536	55.38	BODEGA
103	103	VOL	87018507.34	80.34	SALA_GEN_AUX
108	108	VOL	67317649.92	79.24	LAB_HIDROG
114	114	VOL	98343707.73	81.03	BAÑO
119	119	VOL	39039762.08	76.88	CAMAR_TEC
126	126	VOL	17917603.01	73.43	BODEGA_CPAL
132	132	VOL	199131.8919	53.93	PAÑOL_CADENA
137	137	VOL	87828.25673	50.29	PEAK_PROA
170	170	VOL	22360771.9	74.39	LAB_HIDR1
171	171	VOL	23880879.84	74.68	LAB_HIDR2
172	172	VOL	10298203.83	70.96	PUENTE_GOB
185	201	VOL	221328.8543	54.36	TUNEL_HEL_PR

FREC= 2000 ITER= 93

I	SUBS	ID	ENERGIA	NIVEL	COMPARTIMENTO
7	7	VOL	80100286.37	77.76	SERVO
14	14	VOL	11999431789	99.4	MAQUINAS
24	23	VOL	182734446.9	81.28	CAMA_OFIC
26	25	VOL	4566430.917	65.3	PASILLO_C100
33	32	VOL	312288822.7	83.63	CAM_1
37	36	VOL	405334489	84.77	BAÑO
38	37	VOL	439058072.4	85.1	CAM_2
49	48	VOL	44097893.63	75.1	COCINA
53	53	VOL	7364193.699	67.47	DOBFOND_PP
57	57	VOL	660919048.9	87.02	DOBFOND_PR
67	67	VOL	250064725.9	82.69	CAMAR_OFIC
71	71	VOL	2257270.194	62.31	PAS_CUB_PAL
76	76	VOL	476882958.8	85.62	BAÑO
81	81	VOL	490660711.8	85.74	BAÑO
86	86	VOL	217457398.2	82.09	CAMAR_CO
92	92	VOL	1594415.785	60.72	SALA_AA
96	96	VOL	1024434.846	58.73	BODEGA
103	103	VOL	310492095.7	83.64	SALA_GEN_AUX
108	108	VOL	263301904	82.93	LAB_HIDROG
114	114	VOL	383332229.7	84.64	BAÑO
119	119	VOL	182225465.1	81.34	CAMAR_TEC
126	126	VOL	89272095.73	78.21	BODEGA_CPAL
132	132	VOL	1152551.637	59.34	PAÑOL_CADENA
137	137	VOL	590231.2675	56.39	PEAK_PROA
170	170	VOL	116676112	79.37	LAB_HIDR1
171	171	VOL	123323390.4	79.61	LAB_HIDR2
172	172	VOL	58747906.83	76.36	PUENTE_GOB
185	201	VOL	1075042.553	59.02	TUNEL_HEL_PR

FREC= 4000 ITER= 124

I	SUBS	ID	ENERGIA	NIVEL	COMPARTIMENTO
7	7	VOL	80447189.71	80.68	SERVO
14	14	VOL	2974254728	96.3	MAQUINAS
24	23	VOL	81048571.36	80.68	CAMA_OFIC
26	25	VOL	4085585.406	67.72	PASILLO_C100
33	32	VOL	227422456	85.17	CAM_1
37	36	VOL	349827220.9	87.04	BAÑO
38	37	VOL	365437557.8	87.23	CAM_2
49	48	VOL	25928030.86	75.73	COCINA
53	53	VOL	6267650.789	69.63	DOBFOND_PP
57	57	VOL	598653601.4	89.44	DOBFOND_PR
67	67	VOL	252287519.6	85.63	CAMAR_OFIC
71	71	VOL	2652104.63	65.88	PAS_CUB_PAL
76	76	VOL	465441745.7	88.36	BAÑO
81	81	VOL	480669858	88.49	BAÑO
86	86	VOL	231945609	85.27	CAMAR_CO
92	92	VOL	1787239.588	64.13	SALA_AA
96	96	VOL	1056152.774	61.81	BODEGA
103	103	VOL	306487887	86.48	SALA_GEN_AUX
108	108	VOL	272435524	85.98	LAB_HIDROG
114	114	VOL	388913258.8	87.56	BAÑO
119	119	VOL	210075231.1	84.85	CAMAR_TEC
126	126	VOL	112029414.8	82.1	BODEGA_CPAL
132	132	VOL	1601674.557	63.66	PAÑOL_CADENA
137	137	VOL	886898.6754	61.08	PEAK_PROA
170	170	VOL	143753612.9	83.18	LAB_HIDR1
171	171	VOL	150485422.4	83.38	LAB_HIDR2
172	172	VOL	77421157.96	80.48	PUENTE_GOB
185	201	VOL	1360944.894	62.95	TUNEL_HEL_PR

FREC= 8000 ITER= 145

I	SUBS	ID	ENERGIA	NIVEL	COMPARTIMENTO
7	7	VOL	32241803.79	80.66	SERVO
14	14	VOL	216186960.3	88.9	MAQUINAS
24	23	VOL	13635638.95	76.91	CAMA_OFIC
26	25	VOL	1468359.856	67.24	PASILLO_C100
33	32	VOL	14827007.46	77.28	CAM_1
37	36	VOL	11687205.47	76.25	BAÑO
38	37	VOL	14286223.51	77.12	CAM_2
49	48	VOL	4700058	72.28	COCINA
53	53	VOL	2261264.559	69.14	DOBFOND_PP
57	57	VOL	27463557.32	79.99	DOBFOND_PR
67	67	VOL	8049495.517	74.63	CAMAR_OFIC
71	71	VOL	1040626.975	65.76	PAS_CUB_PAL
76	76	VOL	11120344.25	76.07	BAÑO
81	81	VOL	11516818.72	76.22	BAÑO
86	86	VOL	7743294.853	74.47	CAMAR_CO
92	92	VOL	707639.1979	64.07	SALA_AA
96	96	VOL	416505.5079	61.75	BODEGA
103	103	VOL	9262446.597	75.25	SALA_GEN_AUX
108	108	VOL	8106407.856	74.67	LAB_HIDROG
114	114	VOL	9612591.129	75.43	BAÑO
119	119	VOL	6428056.553	73.66	CAMAR_TEC
126	126	VOL	4382730.071	71.99	BODEGA_CPAL
132	132	VOL	698828.7878	64.02	PAÑOL_CADENA
137	137	VOL	411814.3469	61.71	PEAK_PROA
170	170	VOL	5522220.964	72.99	LAB_HIDR1
171	171	VOL	5687956.563	73.12	LAB_HIDR2
172	172	VOL	3973036.651	71.56	PUENTE_GOB
185	201	VOL	578390.9595	63.2	TUNEL_HEL_PR

RESULTADOS DE LA PREDICCIÓN EN dB(A)

7	VOL	SERVO	DB-(A)=	85.5
14	VOL	MAQUINAS	DB-(A)=	120.1
23	VOL	CAMA_OFIC	DB-(A)=	87.4
25	VOL	PASILLO_C100	DB-(A)=	72.6
32	VOL	CAM_1	DB-(A)=	89.8
36	VOL	BAÑO	DB-(A)=	91
37	VOL	CAM_2	DB-(A)=	91.3
48	VOL	COCINA	DB-(A)=	81.3
53	VOL	DOBFOND_PP	DB-(A)=	74.7
57	VOL	DOBFOND_PR	DB-(A)=	93.3
67	VOL	CAMAR_OFIC	DB-(A)=	89.1
71	VOL	PAS_CUB_PAL	DB-(A)=	70.3
76	VOL	BAÑO	DB-(A)=	91.9
81	VOL	BAÑO	DB-(A)=	92
86	VOL	CAMAR_CO	DB-(A)=	88.6
92	VOL	SALA_AA	DB-(A)=	75
96	VOL	BODEGA	DB-(A)=	66.5
103	VOL	SALA_GEN_AUX	DB-(A)=	90
108	VOL	LAB_HIDROG	DB-(A)=	89.4
114	VOL	BAÑO	DB-(A)=	91
119	VOL	CAMAR_TEC	DB-(A)=	88
126	VOL	BODEGA_CPAL	DB-(A)=	85.2
132	VOL	PAÑOL_CADENA	DB-(A)=	68
137	VOL	PEAK_PROA	DB-(A)=	65.4
170	VOL	LAB_HIDR1	DB-(A)=	86.2
171	VOL	LAB_HIDR2	DB-(A)=	86.4
172	VOL	PUENTE_GOB	DB-(A)=	83.5
201	VOL	TUNEL_HEL_PR	DB-(A)=	67.4