

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	III
RESUM.....	V
SUMMARY	VII
ÍNDICE.....	IX
ACRÓNIMOS	XIII
LISTADO DE FIGURAS	XV
LISTADO DE TABLAS.....	XVII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	1
1.2. CUESTIÓN A INVESTIGAR	4
1.3. JUSTIFICACIÓN. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2. OBJETIVOS	9
3. HIPÓTESIS.....	11
4. MARCO DE REFERENCIA.....	15
4.1. EL EMBALAJE Y SU RELEVANCIA EN EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS.....	15
4.2. OPTIMIZACIÓN DE LOS ENVASES Y EMBALAJES	18
4.3. MODOS DE TRANSPORTE	22
4.3.1. Diferencias en el transporte de mercancías y de pasajeros.....	22
4.3.2. Tipos de transporte de mercancías	23
4.3.3. Transporte intermodal para la distribución de mercancías	28
4.4. RIESGOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE MERCANCÍAS.....	30
4.4.1. Grados de libertad de los movimientos durante el transporte	31
4.4.2. Tipos de riesgos en la distribución.....	34
4.4.3. Vibraciones en los distintos modos de transporte.....	36
4.4.4. La vibración angular	39
4.5. MONITORIZACIÓN Y REGISTRO DE VIBRACIONES EN LA DISTRIBUCIÓN DE MERCANCÍAS	39
4.5.1. Dispositivos y equipos para el registro de vibraciones	39
4.5.2. Análisis de equipos actuales para el registro de las vibraciones y en concreto, de los modos rotacionales	43
4.5.3. Descripción del equipo específico desarrollado para el registro de las vibraciones y en concreto, de los modos rotacionales.....	44

4.5.4. Disposición y ubicación de los equipos para la monitorización....	48
4.6. TÉCNICAS DE SIMULACIÓN EN LABORATORIO DE LAS VIBRACIONES EN LOS PROCESOS DE TRANSPORTE	52
4.6.1. Procedimiento para la simulación en laboratorio de riesgos en el transporte.....	52
4.6.2. Revisión de técnicas de ensayo y métodos utilizados	54
4.6.3. Simulación en los equipos de laboratorio de las vibraciones en el transporte.....	59
4.7. MARCO NORMATIVO PARA LA SIMULACIÓN DEL TRANSPORTE.....	69
4.7.1. Sistemas normativos existentes	69
4.7.2. Procedimientos normalizados para la evaluación de la vibración en el transporte de mercancías.....	72
4.8. NUEVO MARCO LEGISLATIVO EN TRANSPORTE DE MERCANCÍAS Y SEGURIDAD	74
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	77
5.1. TECNOLOGÍA UTILIZADA.....	77
5.1.1. Modos de transporte utilizados	77
5.1.2. Instrumental para la captura, almacenamiento y monitorización de la vibración en el transporte	77
5.1.4. Herramientas de procesado de datos.....	78
5.2. DISEÑO DE EXPERIMENTOS	79
5.2.1. Selección y detalle de las rutas de transporte realizadas.....	79
5.2.2. Disposición y parámetros de programación del instrumental de recogida y tratamiento de datos	82
5.3. PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE ENVASES Y EMBALAJES PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LAS MERCANCÍAS.....	92
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	97
6.1. RESULTADOS DE LOS TRAYECTOS DE TRANSPORTE POR CARRETERA	97
6.1.1. Resultados de la vibración angular en el trayecto circular por carretera	97
6.1.2. Resultados de la vibración angular en el trayecto circular por carretera comparado con el trayecto en carretera del transporte intermodal.....	100
6.1.3. Resultados de la vibración angular en distintos puntos de la superficie del contenedor en transporte por carretera.....	102
6.1.4. Resultados de la vibración angular para distintos anchos de banda espectrales en transporte por carretera	105
6.2. RESULTADOS DEL TRANSPORTE FERROVIARIO	107
6.2.1. Resultados de la vibración angular en el trayecto en tren Madrid-Sevilla.....	107

6.2.2. Resultados de la vibración angular para distintos anchos de banda espectrales en transporte ferroviario	110
6.3. RESULTADOS DEL TRANSPORTE MARÍTIMO	112
6.3.1. Resultados de la vibración angular en el trayecto en barco Sevilla-Tenerife-Valencia	112
6.3.2. Resultados de la vibración angular para distintos anchos de banda espectrales en transporte marítimo	115
6.4. RESULTADOS DEL TRANSPORTE INTERMODAL	117
6.5. RESULTADOS DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN INCORPORANDO MODOS ROTACIONALES	119
6.5.1. Detalle del protocolo de evaluación con modos rotacionales	119
6.5.2. Diferencias del protocolo de evaluación desarrollado con respecto otros protocolos	132
7. CONCLUSIONES	135
7.1. VERIFICACIÓN DE LAS HIPÓTESIS	135
7.2. VALIDEZ DE LAS TECNOLOGÍAS Y PROTOCOLOS UTILIZADOS	140
8. DESARROLLOS FUTUROS	141
9. BIBLIOGRAFÍA	145