

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA, D. C.



**ALCALDIA MAYOR  
BOGOTA D.C.**

Instituto  
DESARROLLO URBANO

**CONTRATO IDU-133-05**

Estudios y Diseños de la Troncal Calle 26  
Av. 3ª - Aeropuerto El Dorado – Av. José Celestino Mutis, en Bogotá D.C.



**Contiene:**

**GUIA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO Y REALIZACION  
DE LA PRUEBA DE CARGA DINAMICA**

**Versión 1.1**

**MOVILIDAD**

**Instituto de Desarrollo Urbano**

**CLIENTE:**

**CONSORCIO  
GENERAL**

**ERT INGENIERIA LTDA**  
BOGOTA, D.C. JULIO DE 2006

	<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b>	Versión 1.1
	<b>GUIA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO Y REALIZACION DE LA PRUEBA DE CARGA DINAMICA</b>	<b>Hoja 2</b>

## INDICE

<b>1. OBJETIVO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. ALCANCE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. INTRODUCCION.....</b>	<b>5</b>
3.1 DATOS DE PREPARACION DE LA PRUEBA .....	5
3.2 COMITÉ DE LA PRUEBA.....	6
<b>4. INSTRUMENTACION DE LA PRUEBA DE CARGA DINAMICA.....</b>	<b>7</b>
4.1 ACTUADORES DINAMICOS.....	7
4.2 REGISTRO DE DATOS .....	8
4.2.1 CALIDAD DE LOS EQUIPOS.....	8
4.2.2 MONITOREO DE ACELERACIONES .....	9
4.2.3 MONITOREO DE VELOCIDADES .....	9
4.2.4 MONITOREO DE DESPLAZAMIENTOS EN TIEMPO REAL.....	9
<b>5. IMPLEMENTACION DE LA PRUEBA .....</b>	<b>11</b>
5.1 LUCES DE LA PRUEBA.....	11
5.2 PRECARGA.....	11
5.3 OSCILADOR Y DISPOSITIVOS DE MEDICION .....	11
5.4 REGISTRO DE LA INFORMACION .....	15
5.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.....	16
<b>6. INFORMACION DEL ANALISIS ESTRUCTURAL .....</b>	<b>17</b>
6.1 ANALISIS DINAMICO EN EL PUNTO DE INVESTIGACION .....	17
6.2 PARTICIPACION DE LAS MASAS EN CADA MODO DE VIBRACION.....	17
6.3 INFORME DE LA PRUEBA .....	18
<b>7. FUNDAMENTOS Y CRITERIOS DE ACEPTACION .....</b>	<b>19</b>
7.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	19
7.2 CRITERIOS DE ACEPTACION .....	19

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto de DESARROLLO URBANO</p>	<p><b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b></p>	<p>Versión 1.1</p>
	<p><b>GUIA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO Y REALIZACION DE LA PRUEBA</b> <b>DE CARGA DINAMICA</b></p>	<p><b>Hoja 3</b></p>

## 1. OBJETIVO

Este documento corresponde a la descripción metodológica para la realización de las pruebas de carga DINAMICA de los puentes peatonales prototipo del IDU.

En el caso de obra nueva, el objeto de la prueba será verificar la adecuada concepción y ejecución del puente, mediante la evaluación de su comportamiento estructural. Para ello se comparará la respuesta real y la esperada, según el modelo de cálculo empleado para su diseño y comprobación.

En el caso de puentes en servicio, el objeto de la prueba será ampliar el conocimiento del estado de la estructura mediante la evaluación de su comportamiento estructural, bien periódicamente o como consecuencia de inspecciones que así lo aconsejen. Para ello, se obtendrán los desplazamientos y deformaciones en determinados elementos relevantes de la misma, bajo la acción de las cargas de prueba, comparándolas con las obtenidas en pruebas anteriores.

Las condiciones de simulación de esta prueba de carga serán tendientes a obtener una correlación entre los valores de desplazamientos (deformada) obtenidos a partir del procesamiento de las mediciones de campo (aceleraciones, velocidades o desplazamientos) con los obtenidos del análisis estructural. Esto con el fin de validar el adecuado comportamiento del puente en condiciones de uso o en su defecto calibrar y verificar los diseños de acuerdo con las mediciones en campo.

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto de DESARROLLO URBANO</p>	<p><b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b></p>	<p>Versión 1.1</p>
	<p><b>GUIA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO Y REALIZACION DE LA PRUEBA DE CARGA DINAMICA</b></p>	<p><b>Hoja 4</b></p>

## 2. ALCANCE

Se realizarán pruebas de cargas estática y dinámica en todos los puentes peatonales prototipo IDU. La prueba de carga dinámica se realizará según se describe en este documento; la prueba de carga estática se realizará según se describe en el documento titulado "Guía Metodológica para el diseño de la Prueba de Carga estática".

Dado que durante la ejecución de la prueba de carga estática se ha sometido el puente a su máxima sollicitación, se entiende que todos los elementos estructurales se han acomodado, de tal forma que no se tendrán fuerzas o rigideces secundarias provenientes de la condición de montaje, así los resultados de esta prueba corresponderán a un estado más aproximado al comportamiento elástico supuesto en la modelación estructural.

En caso de no haberse ejecutado una prueba de carga estática anteriormente, será necesario, para lograr el ajuste de los elementos, realizar una etapa de precarga con la estructura al 100% de la carga viva. El desarrollo de este procedimiento se explica en el documento titulado "Guía Metodológica para el diseño de la Prueba de Carga estática".

La responsabilidad de los diseños de la prueba de carga dinámica y su ejecución corresponderá al Constructor del puente con la asesoría de un ingeniero estructural con amplia experiencia en el diseño de estas estructuras.

	<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b>	Versión 1.1
	<b>GUIA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO Y REALIZACION DE LA PRUEBA</b> <b>DE CARGA DINAMICA</b>	<b>Hoja 5</b>

### 3. INTRODUCCION

En general la metodología del ensayo dinámico incluye entre otros, temas como: Características del equipo de excitación dinámica, naturaleza de las excitaciones dinámica que se aplicaran al puente y variables a ser monitoreadas e instrumentación correspondiente, así como información básica de la estructura.

A continuación se hace una descripción del contenido mínimo del documento de diseño de la Prueba de carga dinámica discriminado por capítulos.

#### 3.1 DATOS DE PREPARACION DE LA PRUEBA

El informe de preparación de la prueba deberá contener un capítulo donde se se deberá hacer una descripción del puente incluyendo la información que el diseñador considere como necesaria y como mínimo los siguientes datos:

- Localización exacta del puente
- Descripción del puente en cuanto a
  - Luces
  - Sección del tablero
  - Ancho de circulación
  - Sistema de piso

Carga de diseño: Las condiciones de simulación de esta prueba de carga corresponden al caso crítico de diseño bajo cargas gravitacionales, por lo tanto se debe realizar la prueba en condiciones finales de construcción con el fin de tener presente la carga muerta y mediante peso adicional solamente representar la carga viva es decir 450 kg/m<sup>2</sup>.

El informe de preparación de la prueba deberá contener los datos de desplazamientos modales en los puntos de chequeo, periodos y frecuencias, y participación de la masa y aceleraciones extractadas de los modelos estructurales de diseño.

	<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b>	Versión 1.1
	<b>GUIA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO Y REALIZACION DE LA PRUEBA</b> <u>DE CARGA DINAMICA</u>	<b>Hoja 6</b>

### 3.2 COMITÉ DE LA PRUEBA

Se deberá establecer un comité de desarrollo de la prueba, el cual tendrá la responsabilidad de efectuar todos los controles y procedimientos de la misma. Este personal deberá estar conformado por personal de idoneidad profesional y con la jerarquía necesaria para tomar las decisiones que le corresponden a su responsabilidad.

Se recomienda al menos el siguiente personal

Un ingeniero director de la prueba

Un ingeniero estructural representante del constructor

Un ingeniero estructural representante de la interventoría

Un ingeniero representante de la firma que instrumenta la prueba.

El comité tendrá la potestad de detener la prueba si a su criterio se está poniendo en riesgo la seguridad de la estructura o el personal que en ella interviene, caso en el cual procederá a asegurar la estabilidad de la estructura mediante la colocación de elementos temporales de soporte, arrostramiento o cualquier medio que el comité defina como seguro.

Posteriormente procederá a elaborar el informe correspondiente ante el IDU, dentro de un plazo no mayor a 24 horas.

En reunión conjunta del comité y la entidad contratante se definirán los procedimientos a seguir, de acuerdo con los términos contractuales.

	<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b>	Versión 1.1
	<b>GUIA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO Y REALIZACION DE LA PRUEBA</b> <u><b>DE CARGA DINAMICA</b></u>	<b>Hoja 7</b>

## 4. INSTRUMENTACION DE LA PRUEBA DE CARGA DINAMICA

### 4.1 ACTUADORES DINAMICOS

Dada la magnitud de la masa a excitar, será necesario utilizar actuadores dinámicos que estén en capacidad de llevar el puente a un rango de vibraciones perceptibles, esto se logra mediante la variación de las masas y frecuencias del equipo, calibrándolas adecuadamente para obtener la máxima excitación posible que dentro del rango de la seguridad se pueda aplicar a la estructura.

Es fundamental obtener a partir de la medición de los parámetros que permitan el análisis de vibraciones, bien sea la aceleración o la velocidad; la obtención de estos datos experimentales se logra mediante dispositivos que toman los registros en múltiples puntos simultáneamente. Como aquí se expone, existen dos metodologías para el monitoreo de la prueba dinámica, estos son mediante el registro de aceleraciones y mediante el registro de velocidades.

A partir de los registros obtenidos se pretende obtener los valores de desplazamientos en los puntos chequeados, lo cual se hace mediante integración grafica de la función obtenida (Suma del área bajo la curva Velocidad vs. tiempo o de la curva Aceleración vs. tiempo).

A continuación se hace una descripción de los eventos a registrar y las características de la instrumentación requerida.

Con el fin de determinar los desplazamientos y las frecuencias naturales en las tres direcciones se deberá instalar un excitador dinámico en una localización previamente determinada mediante el análisis estructural.

El procedimiento general consiste en inducir vibraciones mediante el excitador, haciendolo funcionar en un sentido determinado a la frecuencia definida como fundamental para ese sentido y se procederá al registro de datos en los puntos instrumentados

Este procedimiento se seguirá en el centro de cada luz de prueba según se indica en este capítulo, y en cada uno de los sentidos de los ejes principales del puente.

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DE DESARROLLO URBANO</p>	<p><b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b></p>	<p>Versión 1.1</p>
	<p><u>GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO Y REALIZACIÓN DE LA PRUEBA</u> <u>DE CARGA DINÁMICA</u></p>	<p><b>Hoja 8</b></p>

X en sentido longitudinal  
Y en sentido transversal  
Z en sentido vertical.

## **4.2 REGISTRO DE DATOS**

Las metodologías de toma de registros utilizadas actualmente corresponden a un registro discreto (no continuo) variando la calidad de la información según la frecuencia de toma de los datos, así se tienen las siguientes metodologías

**Acelerografos:** Miden aceleraciones en el punto instrumentado en tres direcciones ortogonales, su frecuencia de toma de datos es de aproximadamente 250 registros por segundo.

**Velocímetros:** Pueden tomar más de 4000 registros por segundo en el caso de utilizar un medidor de velocidades convencional.

**Vibrometros (LVDT):** Son medidores de desplazamientos en tiempo real (discreto), mediante el procesamiento de información mediante variación de voltaje.

### **4.2.1 CALIDAD DE LOS EQUIPOS**

El registro de datos debe asegurarse en una frecuencia no menor de 250 datos por segundo, no se aceptan interpolaciones o instrumentos con capacidad de registro menor. Lo anterior es importante, por cuanto dependiendo de la metodología de registros de datos y de la precisión del aparato utilizado en la medición se obtendrá una mayor o menor aceptación en el proceso de análisis de los resultados.

Todos los equipos deben presentar un registro de calibración con vigencia no menor a 3 meses, esta calibración debe hacerse ante una entidad competente y mediante el uso de patrones debidamente autorizados por el fabricante del equipo.

A continuación se exponen los fundamentos del procesamiento y calidad de la información dependiendo del registro tomado.

	<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b>	Versión 1.1
	<u>GUIA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO Y REALIZACION DE LA PRUEBA</u> <u>DE CARGA DINAMICA</u>	<b>Hoja 9</b>

#### 4.2.2 MONITOREO DE ACELERACIONES

Mediante la utilización de un acelerografo se obtienen un registro de datos de aproximadamente 250 datos /seg., los resultados se interpretan y filtran matemáticamente con el fin de obtener una serie congruente y posteriormente se realiza una integración grafica (Hallando por suma elementales del área bajo la curva), para obtener el registro de velocidades calculadas en las tres direcciones principales. Este proceso de integración grafica se repite y se obtiene el registro de desplazamientos calculados en los puntos monitoreados.

La aplicación de un filtro de corrección estadística para obtener la serie matemática, a criterio del analista de la prueba, hará que el resultado dependa en gran medida de esta variable, adicionalmente dado el bajo numero de datos por segundo implicara una menor precisión en los resultados obtenidos; razón por la cual generalmente se obtienen resultados que difieren bastante de los teóricos obtenidos del análisis estructural. Será necesario hacer mediciones en varias luces de la estructura y el análisis dinámico, determinando así la correspondencia con las demás luces de los desplazamientos obtenidos

#### 4.2.3 MONITOREO DE VELOCIDADES

En cuanto al medidor de velocidades, presentara del orden de 4000 datos/seg., datos que también deberán filtrarse y obtener la curva de desplazamientos en las tres direcciones a partir de integración y la de aceleraciones por diferenciación de la curva de velocidades.

Como se deduce de lo anterior los resultados de desplazamientos mediante el uso de esta metodología serán más acordes con lo esperado por cuanto se tiene una mayor frecuencia en la toma de datos y solo se hará una integración para la obtención de la curva de desplazamientos.

#### 4.2.4 MONITOREO DE DESPLAZAMIENTOS EN TIEMPO REAL

El registro de datos de la prueba podrá realizarse con dispositivos LVDT, con lo cual se obtendrán los desplazamientos directamente, sin embargo se recomienda el uso de al menos un acelerografo implementado en los puntos fijos para la realización de la misma, esto con el fin de determinar la aceleración máxima en forma directa, ya que este corresponde a un parámetro de validación de la estructura.

	<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b>	Versión 1.1
	<b>GUIA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO Y REALIZACION DE LA PRUEBA DE CARGA DINAMICA</b>	<b>Hoja 10</b>

En caso de que la instrumentación corresponda a la indicada en 4.2.2 o 4.2.4, con fines de verificación de los resultados obtenidos del procesamiento de la información anterior se requiere tomar lecturas de los desplazamientos en tiempo real. Esto es posible mediante el uso de dispositivos LVDT, para la obtención de los desplazamientos en las tres direcciones. Este dispositivo se debe instalar en los puntos donde se localiza el actuador (máximo desplazamiento esperado) y opcionalmente en los puntos centrales de las plataformas (columnas) y en el centro de las luces adyacentes.



**ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.  
MOVILIDAD**  


---

**Instituto de Desarrollo Urbano**

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto de DESARROLLO URBANO</p>	<p><b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b></p>	<p>Versión 1.1</p>
	<p><b>GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO Y REALIZACIÓN DE LA PRUEBA</b> <b>DE CARGA DINÁMICA</b></p>	<p><b>Hoja 11</b></p>

## 5. IMPLEMENTACION DE LA PRUEBA

### 5.1 LUCES DE LA PRUEBA

La prueba de carga dinámica deberá realizarse en al menos dos luces y como mínimo la mitad del total de luces del puente en estudio, estas luces corresponderán a las de mayor longitud entre ejes de apoyos, la instrumentación y calidad de los registros deberá corresponder, como mínimo, con lo indicado en este documento y los requerimientos adicionales exigidos por el ingeniero estructural que realizara el análisis.

### 5.2 PRECARGA

Cuando la prueba de carga dinámica, como aquí se describe, es realizada por primera vez en el puente, será necesario, realizar una etapa de precarga con la estructura al 100% de la carga viva, esto con el fin de lograr el ajuste total de los elementos del puente. El desarrollo de este procedimiento se explica en el documento titulado "Guía Metodológica para el diseño de la Prueba de Carga estática".

Cuando la prueba de carga dinámica se ejecuta con fines de verificación del comportamiento del puente con relación a pruebas de carga dinámica anteriormente desarrolladas, no será necesaria la implementación de precarga, a no ser que el comité de la prueba lo determine.

### 5.3 OSCILADOR Y DISPOSITIVOS DE MEDICION

Se instalara el excitador dinámico debidamente orientado, firmemente conectado a la estructura a nivel del tablero, en los puntos donde a partir del análisis estructural se obtengan los mayores desplazamientos modales en la dirección en estudio. Los parámetros de oscilación del excitador dinámico deberán ser debidamente calibrados, esto es masa oscilante y frecuencia de oscilación.

El punto de mayor desplazamiento modal generalmente corresponde al punto central de la luz mas larga, localizado sobre la cercha en la cinta superior; aquí se pueden alcanzar las mayores excitaciones de la estructura.

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p><b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b></p>	<p>Versión 1.1</p>
	<p><u>GUIA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO Y REALIZACION DE LA PRUEBA</u> <u>DE CARGA DINAMICA</u></p>	<p><b>Hoja 12</b></p>

La vinculación del oscilador con la estructura deberá hacerse mediante vigas o elementos auxiliares suficientemente rígidos como para no permitir disipación de su energía por desplazamientos relativos con la estructura.

Así, se instalarán al menos seis medidores de velocidad, o en su defecto acelerómetros en los siguientes puntos.

En el punto donde se localiza el excitador dinámico

En las columnas adyacentes

En el centro de las luces adyacentes

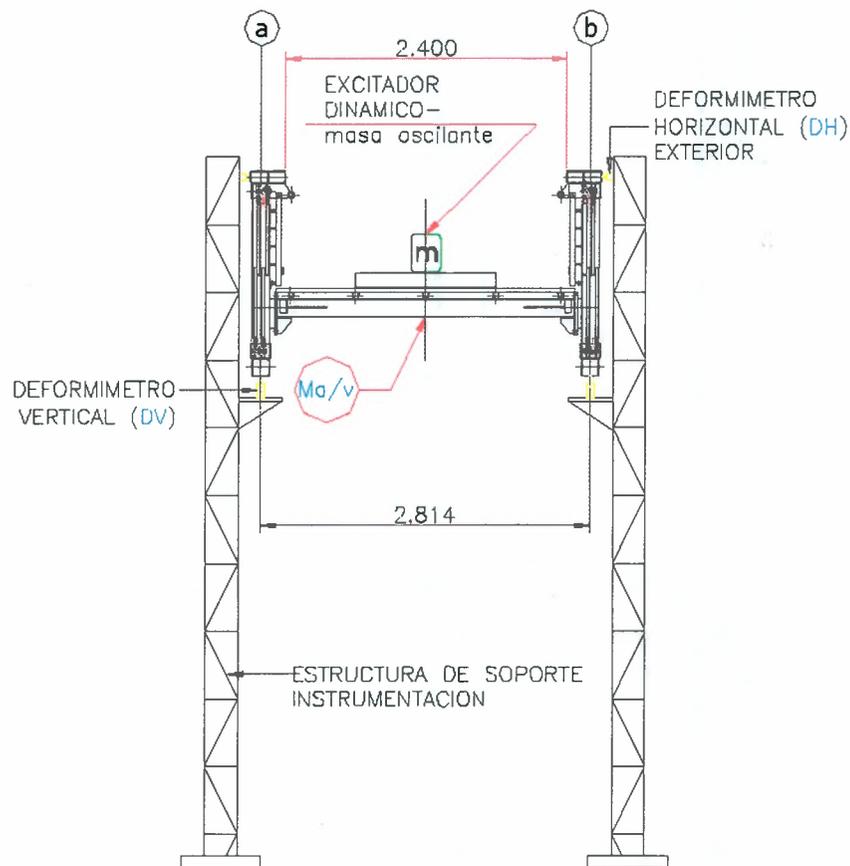
En otros puntos adicionales donde el diseñador de la prueba determine como relevantes para el objeto de la misma

Estos dispositivos registrarán las lecturas de aceleración o velocidad y desplazamientos en función del tiempo en cada punto en las tres direcciones principales indicadas en cada punto en forma simultánea.

El equipo excitador se orientará en la dirección a tomar registros y se procede a activarlo, con un periodo igual al periodo fundamental de la estructura en la dirección en que se está estudiando, una vez se alcance el movimiento armónico así indicado se procederá a desactivar el actuador después de 3s, el proceso de calibración de la prueba determinará si es necesario mayor tiempo para obtener mayores desplazamientos.

El equipo de registro deberá contar con un "trigger" o sincronizador que es un dispositivo que sincroniza el inicio de tomas de lecturas con el de desactivación del oscilador, registrando a partir de ese instante el conteo de tiempo con el evento de vibración.

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b>	Versión 1.1
	<b>GUIA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO Y REALIZACION DE LA PRUEBA DE CARGA DINAMICA</b>	<b>Hoja 13</b>



## **SECCIÓN CENTRO DE LUZ**

ESCALA: 1=50

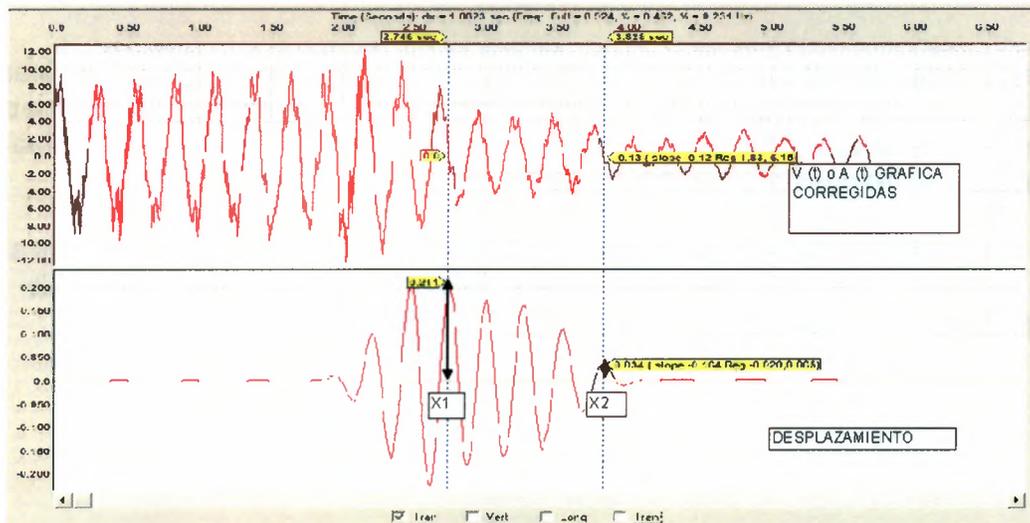


	<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b>	Versión 1.0
	<u>GUIA METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA PRUEBA DE CARGA</u> <u>DINAMICA</u>	<b>Hoja 15</b>

### 5.4 REGISTRO DE LA INFORMACION

Como se anotó arriba, para cada punto de toma de datos se deberá obtener la información de las componentes de aceleración o velocidad en cada punto en las tres direcciones principales, para cada frecuencia calculada. Procesar los registros en un formato que tenga al menos el siguiente contenido para dirección y frecuencia.

CONTRATISTA PROYECTO: PUENTE PEATONAL PRUEBA DINAMICA REGISTRO DE VELOCIDADES / ACELERACIONES:	RESPONSABLE DE LA PRUEBA: ING. ESTRUCTURAL:										
PUNTO DE REGISTRO: SENTIDO EXCITACION AMPLITUD ONDA INICIAL (X1)= AMPLITUD ONDA FINAL (X2)= No. CICLOS ENTRE ONDAS=	<table border="1" style="width: 100px; height: 40px;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>										
DELTA =  AMORTIGUAMIENTO = PORCENTAJE =	MEDIANTE DISPOSITIVO FRECUENCIA DE TOMA DE DATOS REFERENCIA EN PLANO: FRECUENCIA CALCULADA TIEMPO ONDA INICIAL (X1)= TIEMPO ONDA FINAL (X2)=										
<table border="1" style="width: 100px; height: 40px;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>						<table border="1" style="width: 100px; height: 40px;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>					
FRECUENCIAS FRECUENCIA DE PRUEBA= FRECUENCIA INICIAL CALCULADA FRECUENCIA CORREGIDA (ANALISIS) SENTIDO:	<table border="1" style="width: 100px; height: 40px;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>										



(Formato de referencia tomado de SFISA)

- Adicionalmente se debe presentar en archivo magnético en formato .txt, los archivos correspondientes a los datos inicialmente tomados (sin corrección) y los datos corregidos (filtrados) debidamente tabulados. El informe deberá

	<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b>	Versión 1.0
	<u>GUIA METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA PRUEBA DE CARGA</u> <u>DINAMICA</u>	<b>Hoja 16</b>

exponer claramente los criterios y fundamentos de la teoría utilizada para la depuración de datos.

## **5.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION**

Como se indico anteriormente, los registros tomados deben ser procesados estadísticamente con el fin de obtener los datos corregidos de aceleración o velocidad y así proceder al procesamiento de los mismos con el fin de obtener la frecuencia de la estructura y los desplazamientos en función del tiempo.

Como es de esperarse, el movimiento de la estructura corresponderá a un movimiento oscilatorio amortiguado por lo tanto de los datos de desplazamiento en función del tiempo, es posible obtener el valor del amortiguamiento y el porcentaje de amortiguamiento critico, esto a partir de la aplicación de los principios básicos de la dinámica estructural, así:

$$\delta = \frac{1}{n} \ln \left( \frac{x_i}{x_{i+n}} \right)$$

$$\xi = \frac{\frac{\delta}{2\pi}}{\sqrt{1 + \left( \frac{\delta}{2\pi} \right)^2}}$$

En este orden de ideas, el especialista estructural de la prueba deberá calibrar su análisis con el amortiguamiento y demás parámetros encontrados en la prueba y reprocesar el análisis de la estructura con la información obtenida conceptuando respecta a la respuesta y resistencia de los diseños.

Por otra parte, se deberá verificar mediante análisis comparativo, parametrizando los valores de los desplazamientos reales con la información de los desplazamientos modales, para la frecuencia calculada.

 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. INSTITUTO DESARROLLO URBANO	<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b>	Versión 1.0
	<u>GUÍA METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA PRUEBA DE CARGA</u> <u>DINAMICA</u>	Hoja 17

## 6. INFORMACION DEL ANALISIS ESTRUCTURAL

Con fines de verificar el comportamiento estructural durante el desarrollo de la prueba, el ingeniero estructural diseñador de la prueba de carga, deberá elaborar un modelo estructural en 3D (siguiendo la guía metodológica que para tal fin ha emitido el IDU), a partir de este modelo deberá suministrar al menos la siguiente información, junto con el modelo estructural.

Las magnitudes a evaluar serán la frecuencia principal de vibración en cada dirección o, en su defecto, la correspondiente al modo excitado durante la prueba, su amplitud, el amortiguamiento, el coeficiente de amplificación dinámica o de impacto, las aceleraciones verticales en el centro de vano y los desplazamientos horizontales de apoyos, en su caso.

### 6.1 ANALISIS DINAMICO EN EL PUNTO DE INVESTIGACION

Presentar en forma tabulada y grafica, los resultados de desplazamientos modales obtenidos del análisis en las tres direcciones en cada punto de control establecido previamente (Ver capítulo 3) para cada modo fundamental de vibración.

### 6.2 PARTICIPACION DE LAS MASAS EN CADA MODO DE VIBRACION

A partir del análisis dinámico de la estructura se obtienen los valores para los periodos de toda la estructura en conjunto con la correspondiente participación de la masa en cada una de las direcciones principales

Los periodos fundamentales en cada dirección se obtienen a partir de la mayor participación de la masa en cada sentido

El periodo efectivo se determina a partir de la combinación estadística de los resultados (CQC, SRSS) según se defina previamente al análisis.

Se deberán incluir forma tabulada, los resultados de aceleración obtenidos del análisis en las tres direcciones en cada punto de control establecido previamente (Ver capítulo 3) para cada modo fundamental de vibración.

	<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b>	Versión 1.0
	<u>GUÍA METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA PRUEBA DE CARGA</u> <u>DINAMICA</u>	<b>Hoja 18</b>

Así como se anotó anteriormente, del análisis preliminar se tiene que el punto más conveniente para causar la mayor excitación del puente en cada dirección es el centro de la luz más larga donde se obtendrán los mayores desplazamientos modales

Para el punto seleccionado se deberán presentar las siguientes componentes modales en cada sentido, calculadas con un amortiguamiento 5% del crítico o según se determine a partir de las recomendaciones en la guía metodológica de diseño en 3D

### **6.3 INFORME DE LA PRUEBA**

El especialista estructural del constructor será el encargado de analizar la información de la prueba, elaborar el informe de la misma y entregar a la interventoría el correspondiente informe, el cual deberá contener al menos la siguiente información.

1. Informe de procedimiento, equipos y elementos de la prueba
2. Formatos de ejecución de la prueba, registros y lecturas, debidamente diligenciados
3. Plano de referencia de localización de equipos de medición.
4. Interpretación de los resultados obtenidos
5. Conclusiones de la prueba.

Como parte fundamental de la prueba, se deberá presentar la caracterización de la estructura en lo correspondiente al amortiguamiento obtenido, rigidez o características inerciales, elasticidad y participación de la masa y a partir de esto realizar la calibración del modelo estructural, conceptuando respecto a la capacidad de respuesta de la estructura y la capacidad de los elementos estructurales.

	<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b>	Versión 1.0
	<u>GUÍA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE LA PRUEBA DE CARGA</u> <u>DINÁMICA</u>	<b>Hoja 19</b>

## 7. FUNDAMENTOS Y CRITERIOS DE ACEPTACION

### 7.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Las vibraciones pueden afectar a la funcionalidad o durabilidad de las estructuras bajo condiciones de servicio. La adecuada respuesta en servicio de una estructura, o un elemento estructural aislado, deben garantizar:

- El confort de los usuarios
- La ausencia de deterioros en la propia estructura, o en los elementos no resistentes soportados por ella, originados por efectos dinámicos.

Los efectos dinámicos a considerar pueden ser inducidos por movimientos sincronizados de gente (andando, corriendo, o saltando), o vibraciones del terreno adyacente (inducidas por tráfico en las proximidades, por ejemplo), viento. Dichos efectos pueden resultar amplificadas por condiciones de resonancia. Para limitar los efectos vibratorios en las estructuras, los valores de sus frecuencias propias, o de las de elementos estructurales aislados, deben estar suficientemente alejados (generalmente superiores) de las frecuencias de las eventuales fuentes de excitación, con objeto de evitar fenómenos de resonancia.

En el caso en que la estructura propuesta, o elementos estructurales aislados, sean sensibles a los efectos de las vibraciones, o cuando se hallen sometidas a vibraciones forzadas de intensidad, los efectos dinámicos pueden inducir, además de los problemas en servicio controlados en este documento, amplificaciones importantes y repetitivas de los esfuerzos y deformaciones que pueden afectar a la seguridad resistente o por fatiga de la estructura, y deben ser tenidos en cuenta en las condiciones de diseño de la misma.

También resulta conveniente limitar el nivel de emisión de ruidos a causa de las vibraciones.

### 7.2 CRITERIOS DE ACEPTACION

- **FRECUENCIA VERTICAL MINIMA:** Con el fin de garantizar que el nivel de vibraciones producido por el tránsito peatonal u otros agentes externos no provocara resonancia en la estructura, se deberá verificar que la frecuencia de vibración en **sentido vertical** sea mayor a 3.0 hertzios.

	<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b> <b>PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL</b> <b>PUENTE PEATONAL PROTOTIPO</b>	Versión 1.0
	<u>GUIA METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA PRUEBA DE CARGA</u> <u>DINAMICA</u>	<b>Hoja 20</b>

- ACELERACION VERTICAL:** Las vibraciones en puentes no deben causar incomodidad sobre personas que estén detenidas o circulen sobre el puente, tales condiciones se cumplen generalmente cuando la máxima aceleración vertical que puede producirse, en cualquier zona, no supere el valor  $0.50\sqrt{f_0}$ , en [m/seg<sup>2</sup>], siendo  $f_0$  la frecuencia del primer modo de vibración vertical, considerando únicamente las cargas permanentes, expresada en hertzios.
- FRECUENCIA HORIZONTAL MINIMA:** El movimiento vibratorio lateral del puente estará controlado mediante una frecuencia horizontal mínima de 1.5 hertzios.



**ALCALDÍA MAYOR**  
**DE BOGOTÁ D.C.**  
**MOVILIDAD**  
Instituto de Desarrollo Urbano