

## PRUEBAS TÉCNICAS EBUS BYD K9 ANDINO TECNOLOGÍAS LIMPIAS



<p>Elaboró: Alexander Rubio Gómez Dirección Técnica de MAFEC</p> <p>Clemente Martínez Dirección Técnica de BRT</p> <p>Alexey Barreto Dirección Técnica de Buses</p> <p>Natalia Muñoz Oficina Asesora de Planeación</p> <p>Fecha de elaboración: 23/07/2013</p>	<p>Revisó: Claire Marcela Carrascal Baene Dirección Técnica de MAFEC</p> <p>Luis Guillermo Ehrhardt Dirección Técnica de BRT</p> <p>Javier Libardo Hernandez Dirección Técnica de Buses</p> <p>Deysi Rodriguez Oficina Asesora de Planeación</p> <p>Fecha de revisión: 29/07/2013</p>	<p>Aprobó: Sergio Paris Mendoza Director Técnico de MAFEC</p> <p>Mauricio Sandoval Director Técnico de BRT</p> <p>Juan Carlos Melo Jefe Oficina Asesora de Planeación Director Técnico de Buses (e)</p> <p>Fecha de aprobación: --/--/2013</p>
--	---	--



## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. DESARROLLO DE LAS PRUEBAS .....	5
2.1. PRUEBA EFICIENCIA ENERGÉTICA, MATERIAL PARTICULADO Y RUIDO .....	5
2.2. PRUEBA DE AUTONOMÍA AUTOBUS BYD.....	13
2.3. PRUEBA DE FRENADO .....	15
2.4. PRUEBA DE ASCENSO .....	17
2.5. PRUEBA RADIO DE GIRO.....	18
2.6. PRUEBA DE ACELERACIÓN.....	20
2.7. PRUEBA DE TIPOLOGÍA.....	20
3. OBSERVACIONES .....	29
4. CONCLUSIONES .....	29

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma de Pruebas .....	4
Tabla 2. Ruta para recorrido con sus tiempos de parada .....	8
Tabla 3. Relación estado de carga baterías.....	10
Tabla 4. Relación estado de carga baterías.....	12
Tabla 5. Ciclo de ruta para pruebas.....	13
Tabla 6. Observación pruebas Autonomía .....	14
Tabla 7. Prueba de frenado .....	16
Tabla 8. Especificaciones de las baterías.....	18
Tabla 9. Dimensiones radio de giro autobús BYD .....	19
Tabla 10. Resultado de aceleración Autobús BYD.....	20
Tabla 11. Tipología para buses con capacidad de 80 pasajeros.....	21
Tabla 12. Unidad de tracción principal y motor de tracción .....	31

## LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Patio Portal Calle 80.....	5
Fotografía 2. Equipos para medición de Material Particulado .....	6
Fotografía 3. Equipo VAN GPS.....	6

Fotografía 4. Equipo Medición de Ruido.....	7
Fotografía 5. Equipo CAM BYD.....	7
Fotografía 6. Equipo Medición Temperatura.....	7
Fotografía 7. Carga simulada al interior del bus .....	8
Fotografía 8. Estado de carga de baterías en tablero .....	10
Fotografía 9. Estado de carga de baterías en tablero .....	12
Fotografía 10. Descenso en ruta .....	15
Fotografía 11. Prueba de frenado .....	17

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa de la ruta de pruebas .....	9
Ilustración 2. Perfil pendiente Universidad de los Andes .....	11
Ilustración 3. Ubicación baterías Autobús BYD Andino K9 .....	14
Ilustración 4. Radio de giro.....	19
Ilustración 5. Regeneración en rango de velocidad .....	30

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo al cronograma previo de pruebas, definido y establecido por Express del Futuro y Sistemas Sustentables (socio técnico) y que fue presentado en carta de intención radicada en TRANSMILENIO S.A. y con el acompañamiento del ente gestor; se da inicio a las pruebas en el periodo comprendido del día 08 al 19 de julio de 2013 (ver cronograma).

Las pruebas técnicas realizadas al e-bus BYD K9 Andino observadas y descritas en la guía metodológica de pruebas de autobuses de cero o bajas emisiones son las siguientes: eficiencia energética y material particulado, autonomía, aceleración, ascenso, frenado, radios de giro y tipología.

Sistemas Sustentables previo inicio de las pruebas, realiza el alistamiento de los equipos de medición a instalar en el autobús, los cuales son: sonómetro, equipo de medición de material particulado por concentración y por número de partículas, ubicación GPS, medidor de corriente y voltaje y finalmente un termómetro; con los equipos de medición en condiciones óptimas y ubicados de la mejor manera en el autobús, se da el inicio a estas pruebas.

Finalmente durante la observación y acompañamiento en las pruebas se hace manifiesta la intención del Ente Gestor de obtener un aprendizaje de estas, con la finalidad de implementar un banco de datos como insumo en la implementación del plan de ascenso tecnológico en la ciudad de Bogotá para pruebas de autobuses de cero y bajas emisiones.

*Tabla 1. Cronograma de Pruebas*

### CRONOGRAMA DE PRUEBAS EBUS ANDINO-12

Detalle	Rep	Lugar	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Instalación/ desinstalación equipos	-	Patio de la 80	■						■			■
Aceleración en plano	10	Troncal								■		
Frenado (Según NT4901-2)	7	Troncal								■		
Arranque en pendiente	1	Ruta									■	
Capacidad de ascenso	6	Ruta									■	
Revisión Tipología	1	Patio de la 80										■
Manejabilidad, radio de giro	1	Patio de la 80										■
Rendimiento y eficiencia ruta	18 hrs	Ruta		■	■	■						
Ruido y confort térmico	18 hrs	Ruta		■	■	■						
Concentración interior Bus	18 hrs	Ruta		■	■	■						
Autonomía	3	Ruta					■	■				
Regeneración en ruta	18 hrs	Ruta		■	■	■						

## 2. DESARROLLO DE LAS PRUEBAS

### 2.1. PRUEBA EFICIENCIA ENERGÉTICA, MATERIAL PARTICULADO Y RUIDO

Esta prueba se realizó entre los días 09 a 11 de julio, en las instalaciones del patio calle 80, se da inicio a las pruebas de eficiencia energética, material particulado y ruido (Ver foto 1).

Para las pruebas el Sistema Sustentable, dispone de dos (2) equipos de medición de material particulado, el primer equipo mide la cantidad de partículas en el ambiente al interior del bus y el segundo equipo mide la cantidad de masa de partículas al interior del bus (Ver foto 2).

Un equipo VAN GPS, conectado al controlador eléctrico y al pack de baterías, este equipo mide solo corriente del motor eléctrico (Ver foto 3).

Un sonómetro el cual mide la intensidad de ruido al interior del bus (Ver foto 4) y finalmente un controlador de software de la compañía BYD, con conexión al CAM del bus que mide corriente y voltaje (Ver foto 5). Finalmente un termómetro para observar la variación de temperatura al interior del autobús (Ver foto 6).



Fotografía 1. Patio Portal Calle 80



*Fotografía 2. Equipos para medición de Material Particulado*



*Fotografía 3. Equipo VAN GPS*



Fotografía 4. Equipo Medición de Ruido



Fotografía 5. Equipo CAM BYD



Fotografía 6. Equipo Medición Temperatura

El bus antes del inicio de la prueba está sometido a una carga simulada de 80 pasajeros de 68 Kg de peso (Ver foto 7) y posee una carga en el pack de baterías al 92%; hacia las 8:16 a.m. se sale del Patio calle 80 hasta tomar la NQS al sur y llegar a la Cra 24 con calle 6 al punto de inicio de la ruta en simulación propuesta por la Universidad Nacional de Colombia.



Fotografía 7. Carga simulada al interior del bus

#### Foto 7. Autobús carga simulada

Para esta prueba se practicaron veinte (20) paradas durante el recorrido, con duración de doce (12) segundos por parada con una repetición de dos veces del ciclo de ruta (mañana y tarde). A continuación se lista la ruta y se presenta el mapa de ubicación para la prueba con sus respectivos registros de tiempos:

Tabla 2. Ruta para recorrido con sus tiempos de parada

No Parada	Lugar	Tiempo	Tiempo
1	Cra 24 entre Calles 9 y 10	09:00 a.m.	2:15 p.m.
2	Cra 24 Calle 17	09:05 a.m.	2:28 p.m.
3	Calle 19 con Cra 22	09:13 a.m.	2:30 p.m.
4	Calle 19 Av Caracas	09:17 a.m.	2:33 p.m.
5	Calle 19 Cra 7	09:21 a.m.	2:37 p.m.
6	Universidad de los Andes	09:28 a.m.	2:45 p.m.
7	Circunvalar Inst. Roosevelt	09:41 a.m.	2:50 p.m.
8	Circunvalar Barrio Egipto	09:45 a.m.	2:53 p.m.
9	Calle 6 Av Caracas	09:54 a.m.	3:07 p.m.
10	Calle 6 Cra 24	10:01 a.m.	3:14 p.m.
11	Calle 6 Cra 32(después semáforo)	10:06 a.m.	3:24 p.m.
12	Calle 6 Cra 42	10:10 a.m.	3:28 p.m.
13	Transversal 42 Calle 3	10:15 a.m.	3:32 p.m.
14	Calle 3 Cra 56	10:18 a.m.	3:35 p.m.
15	Calle 3 Av 68	10:27 a.m.	3:44 p.m.
16	Av 68 Calle 10	10:29 a.m.	3:45 p.m.
17	Av 68 Calle 19	10:34 a.m.	3:50 p.m.



Se toman fotos de las lecturas del tablero del autobús (Ver foto 7 y cuadro 1) a lo largo del ciclo de la ruta en la mañana, para verificar el estado de carga de las baterías, recorrido en kilometraje y voltaje, de la siguiente forma:

Tabla 3. Relación estado de carga baterías

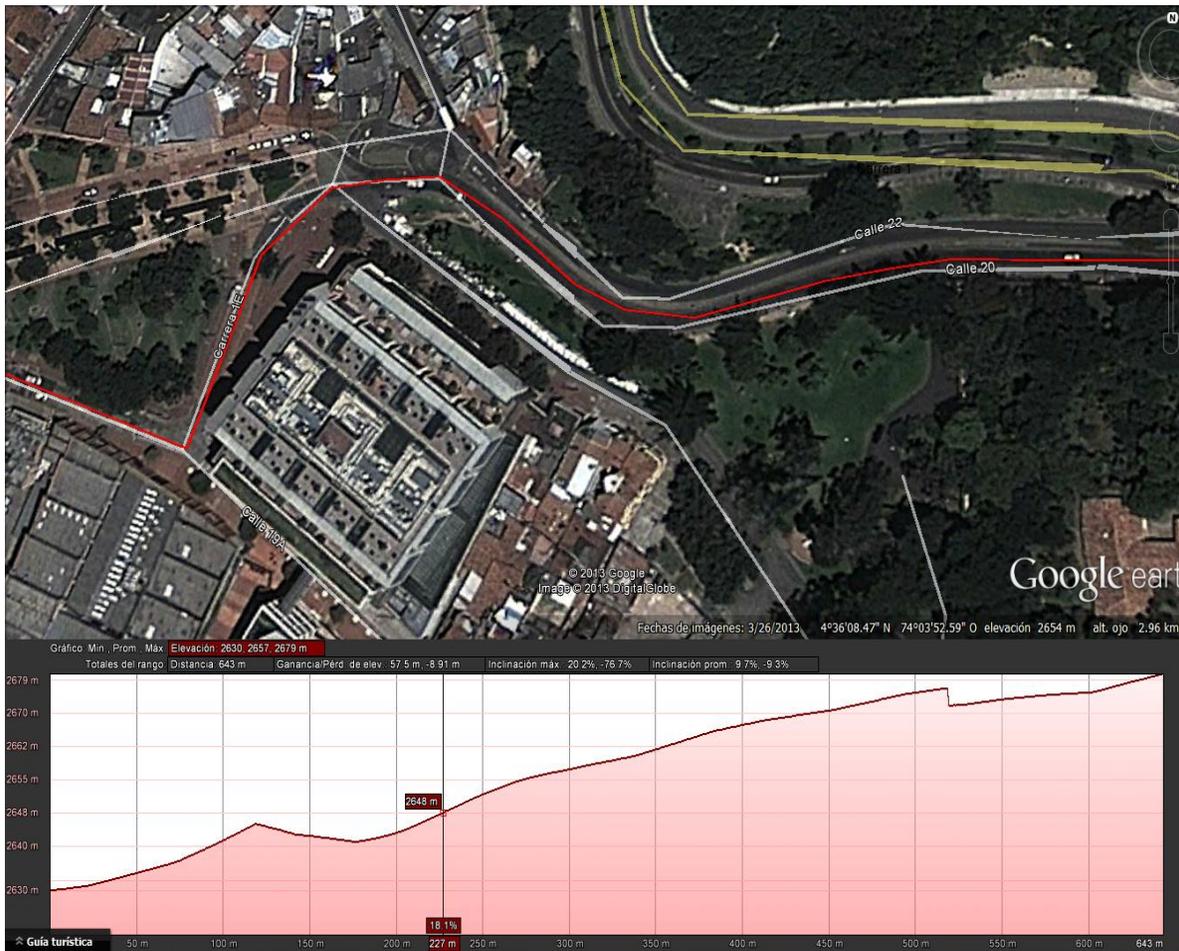
No Parada	Lugar	Tiempo	kilometraje(Km)	% de carga	Voltaje (Volt)
1	Cra 24 entre Calles 9 y 10	09:00 a.m.	14,3	84	545
15	Calle 3 Cra 56	10:18 a.m.	22,7	81	549
23	Calle 53 Icontec	10:47 a.m.	29,6	77	548



Fotografía 8. Estado de carga de baterías en tablero

En la parada de la Universidad de los Andes, hacia las 9:28 a.m., el autobús en prueba no ascendió, por la vía; debido a esto se disminuyó el peso simulado, para que el vehículo en mención pudiera seguir con la ruta establecida (Ver foto 8). A continuación se muestra el registro de la pendiente en este tramo de la ruta, que aproximadamente es del orden de 14% en promedio.

*Ilustración 2. Perfil pendiente Universidad de los Andes*



*Fuente: google earth*

Se toman fotos de las lecturas del tablero del autobús (Ver foto 8 y cuadro 2) a lo largo del ciclo de la ruta en la tarde, para verificar el estado de carga de las baterías, recorrido en kilometraje y voltaje, de la siguiente forma:

*Tabla 4. Relación estado de carga baterías*

No Parada	Lugar	Tiempo	kilometraje(Km)	% de carga	Voltaje (Volt)
1	Cra 24 entre Calles 9 y 10	2:15 p.m.	11,5	67	544
7	Circunvalar Inst. Roosevelt	2:50 p.m.	14,3	65	542
10	Calle 6 Cra 24	3:14 p.m.	16,2	62	541
23	Calle 53 Icontec	4:03 p.m.	28,9	58	542



*Fotografía 9. Estado de carga de baterías en tablero*

## 2.2. PRUEBA DE AUTONOMÍA AUTOBUS BYD

Esta prueba de autonomía se realizó entre los días 09 a 16 de julio en la misma ruta de ciclo ya establecida (Ver tabla 1) y con las mismas condiciones determinadas previamente en la prueba de eficiencia energética y material particulado (mañana y tarde); en el desarrollo de estas se observaron los siguientes datos (Ver tabla 2).

*Tabla 5. Ciclo de ruta para pruebas*

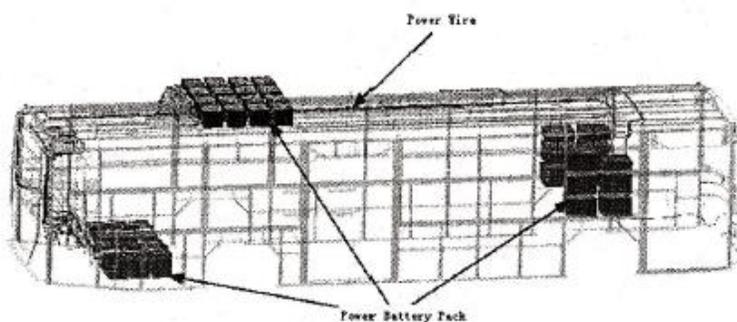
No Parada	Lugar
1	Cra 24 entre Calles 9 y 10
2	Cra 24 Calle 17
3	Calle 19 con Cra 22
4	Calle 19 Av Caracas
5	Calle 19 Cra 7
6	Universidad de los Andes
7	Circunvalar Inst. Roosevelt
8	Circunvalar Barrio Egipto
9	Calle 6 Av Caracas
10	Calle 6 Cra 24
11	Calle 6 Cra 32(después semáforo)
12	Calle 6 Cra 42
13	Transversal 42 Calle 3
14	Calle 3 Cra 56
15	Calle 3 Av 68
16	Av 68 Calle 10
17	Av 68 Calle 19
18	Av 68 Av La Esperanza
19	calle 53 Cra 54
20	Calle 53 Icontec

Tabla 6. Observación pruebas Autonomía

DIA	CARGA INICIAL	KILOMETROS RECORRIDOS	CARGA FINAL	PESO VEHICULO
09/07/2013 MAÑANA	92%	50.8 Kms	73%	5.400 Kgs
09/07/2013 TARDE	72%	50.8 Kms	49%	5.400 Kgs
10/07/2013 MAÑANA	92%	50.8 Kms	74%	5.000 Kgs
10/07/2013 TARDE	73%	50.8 Kms	54%	5.000 Kgs
11/07/2013 MAÑANA	83%	50.8 Kms	67%	4.300 Kgs
11/07/2013 TARDE	67%	50.8 Kms	50%	4.300 Kgs
12/07/2013 MAÑANA	47%	50.8 Kms	28%	4.300 Kgs
12/07/2013 TARDE	28%	95 Kms	10	4.300 Kgs
13/07/2013	REVISIÒN TÈCNICA			
15/07/13 MAÑANA	100%	70.2 Kms	78%	3.400 Kgs
15/07/13 TARDE	77%	70.2 Kms	52%	3.400 Kgs
16/07/13 MAÑANA	51%	70.2 Kms	25%	4.000 Kgs
16/07/13 TARDE	25%	70.2 Kms	5%	4.000 Kgs

En esta prueba durante el ascenso desde la Cra 5 con calle 19 hasta la parada en el Instituto Roosevelt, se observa que la carga de las baterías disminuye aproximadamente en un 2%, y cuando termina el descenso en la parada de la calle 6 con Av Caracas, la carga de las baterías aumenta en un 2%; debido a la regeneración de energía. Este sistema de tecnología de baterías de fosfato hierro del autobús BYD, se carga de forma dinámica en el trayecto por medio de un cargador a bordo y principalmente por el freno, para una vida útil de 6000 ciclos de carga.

Ilustración 3. Ubicación baterías Autobús BYD Andino K9



Fuente. Manual BYD autobús Andino K 9



Fotografía 10. Descenso en ruta

### 2.3. PRUEBA DE FRENADO

Esta prueba se realizó el día 17 de julio con carga simulada de 5400 Kg, sobre la troncal NQS desde la estación Calle 75 hasta la estación Av Eldorado, en ambos sentidos, la fundamentación de esta prueba se basa en la Norma NTC 4901-3 (Vehículos para el Transporte Urbano de Pasajeros Parte 3: autobuses convencionales (Primera Actualización)) y la Norma NTC 4901-2 (Vehículos para el Transporte Urbano Masivo de Pasajeros. Parte 2: Métodos de Ensayo (Primera Actualización)) tomando como referencia las distancias establecidas por la Federal Safety Estándar MVSS 121.

El procedimiento realizado fue el siguiente acorde a la guía metodológica para la realización de pruebas en autobuses con tecnologías limpias:

Para la verificación de las distancias de frenado del vehículo se debe realizar de acuerdo a lo establecido en el Numeral 4.1.7 de la Norma NTC 4901-2 (Primera Actualización), más las distintas condiciones de carga y de velocidad propuestas por TRANSMILENIO S.A.

1. Condiciones normales de operación del vehículo especificadas por el fabricante.
2. Chequeos de fugas en el sistema.
3. Verificar que la presión de las llantas sea la máxima presión especificada por el fabricante.
4. Cargar el vehículo a las condiciones de prueba sea vacío, media y a plena carga.
5. Realizar las distintas medidas de distancias tomando como referencia la velocidad del vehículo entre 30 y 60 Km/h en escalas de cada 5 Km/h (Es decir 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60Km/h)

Nota 1: Se recomienda realizar 3 medidas y promediarlas.

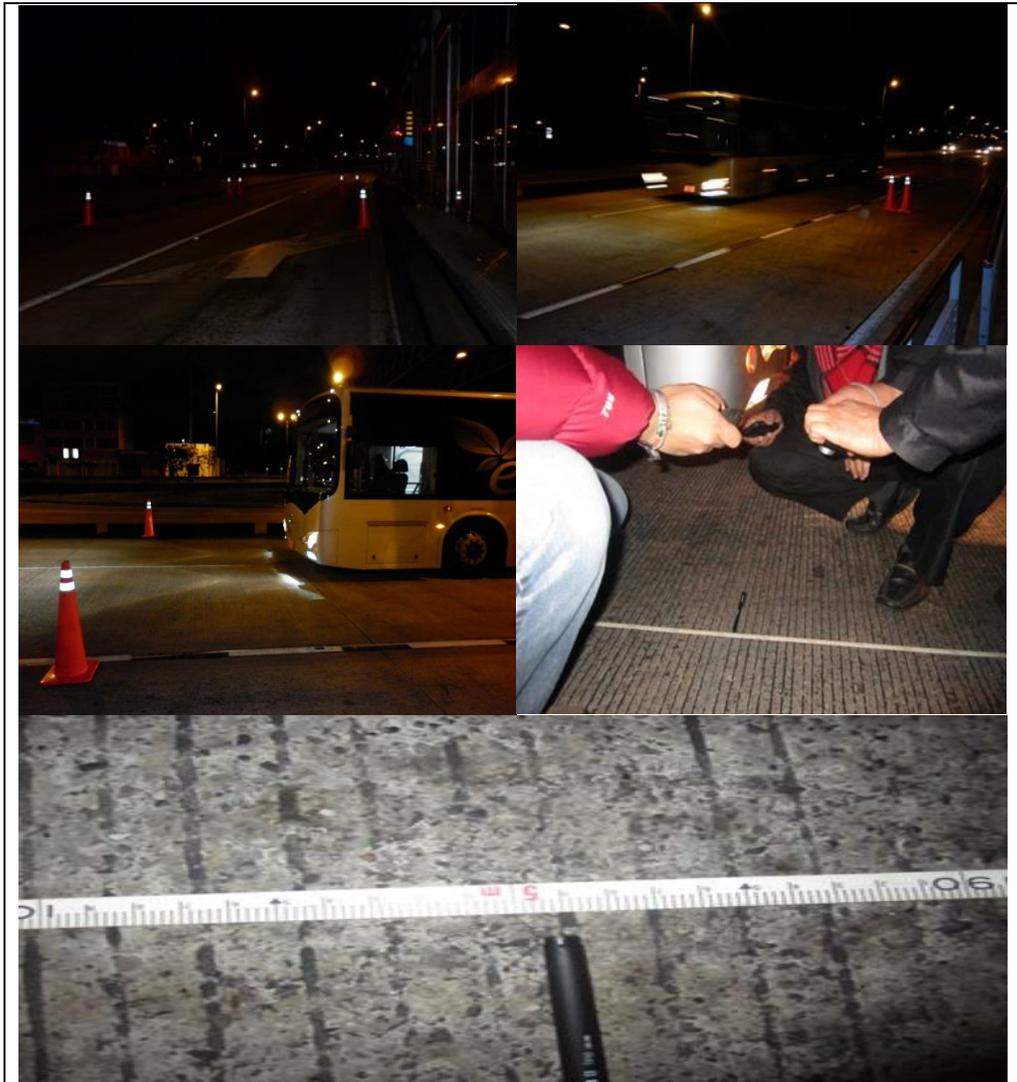
Nota 2: Se debe realizar la prueba en una vía seca, recta, pavimentada, plana y segura.

Se observaron los siguientes resultados:

*Tabla 7. Prueba de frenado*

PRUEBA	VELOCIDAD	DISTANCIA FRENADO	LUGAR
1	31 Km/h	9.4 mts	ESTACION S. BOLIVAR N-S
2	35 Km/h	5.5 mts	ESTACION U. NACIONAL N-S
3	33 Km/h	7.0 mts	ESTACION S. BOLIVAR S-N
4	36.5 Km/h	4.6 mts	ESTACION CLL 75 S-N
5	37.2 Km/h	8.1 mts	ESTACION S. BOLIVAR S-N

Se puede analizar que el autobús se detiene a una distancia de 6,2 mts con una velocidad promedio de 35 Km/h., estando dentro de los estándares normales de distancia de frenado y cumpliendo con los requisitos establecidos en las Normas NTC; pero se debe tener en cuenta que la prueba no se realizó con las especificaciones de equipo de ensayo recomendado por el ente gestor (equipo de quinta rueda) de acuerdo a la guía metodológica para pruebas.



Fotografía 11. Prueba de frenado

## 2.4. PRUEBA DE ASCENSO

Esta prueba se realizó el día 18 de julio en la carrera 1E en frente de la Universidad de los Andes, con una carga simulada de 5400 Kg en un recorrido aproximado de 500 mts hasta llegar al semáforo de la Av Circunvarial sobre una pendiente aproximada mínima de 7% y máxima de 15 % a una velocidad promedio de 25 Km/h. la fundamentación de esta prueba se basa en la Norma NTC 4901-3 (Vehículos para el Transporte Urbano de Pasajeros Parte 3: autobuses Convencionales (Primera Actualización)) y a la Norma NTC 4901-2 (Vehículos para el Transporte Urbano Masivo de Pasajeros. Parte 2: Métodos de Ensayo (Primera Actualización)).

El procedimiento realizado fue el siguiente acorde a la guía metodológica para la realización de pruebas en autobuses con tecnologías limpias:

Para la verificación de la capacidad de ascenso del vehículo se toma como referencia las distintas rutas con pendientes más pronunciadas dentro de las cuales operaría el vehículo y debe realizarse de acuerdo a lo establecido en el Numeral 4.1.6 de la Norma NTC 4901-2 (Primera Actualización), más las distintas condiciones de carga y de velocidad propuestas por TRANSMILENIO S.A.

1. Condiciones normales de operación del vehículo especificadas por el fabricante.
2. Verificar que la presión de las llantas sea la máxima presión especificada por el fabricante
3. Cargar el vehículo a las condiciones de prueba a plena carga.

Nota 1: Se recomienda realizar 3 arrancadas y promediar las condiciones de velocidad y aceleración.

Nota 2: Se debe realizar la prueba en una vía seca, pavimentada y segura

Se puede analizar que el autobús no presenta ningún inconveniente durante el ascenso a lo largo de la prueba y durante las repeticiones practicadas, cumpliendo lo establecido en las norma NTC, pero se debe tener en cuenta que el autobús tiene mayor peso que uno a diesel, debido al pack de baterías dispuestos en este.

*Tabla 8. Especificaciones de las baterías*

Manufactura	BYD
Tipo	Baterías Fosfato Hierro
<b>Número y Peso</b>	<b>3 paquetes(504 celdas)-7936 lbs</b>
Potencia de peso en proporción	120 W-h/Kg
Densidad de energía	188 W-h/L

*Fuente. Manual BYD autobús Andino K 9*

## 2.5. PRUEBA RADIO DE GIRO

Esta prueba se realizó el día 19 de julio en el patio calle 80, con una carga simulada de 5400 Kg, esta se fundamenta según la norma NTC 4901-3 (Vehículos para el Transporte Urbano de Pasajeros Parte 3: autobuses Convencionales (Primera Actualización)) y a la Norma NTC 4901-2

(Vehículos para el Transporte Urbano Masivo de Pasajeros. Parte 2: Métodos de Ensayo (Primera Actualización)).

El procedimiento realizado fue el siguiente acorde a la guía metodológica para la realización de pruebas en autobuses con tecnologías limpias:

Para la verificación de radio de giro a 90 y 180 grados se debe realizar de acuerdo a lo establecido en el Numeral 4.1.8.3. En sus apartes a y b de la Norma NTC 4901-2 (Primera Actualización).

1. Se alinea el vehículo paralelo a una línea de referencia.
2. Se gira la dirección completamente.
3. Se avanza el vehículo cada metro y se marca sobre el piso la trayectoria de cada una de las ruedas exteriores mientras el vehículo gira.
4. Se registra cada una de las posiciones.
5. Se gráfica y se determina el radio de giro.

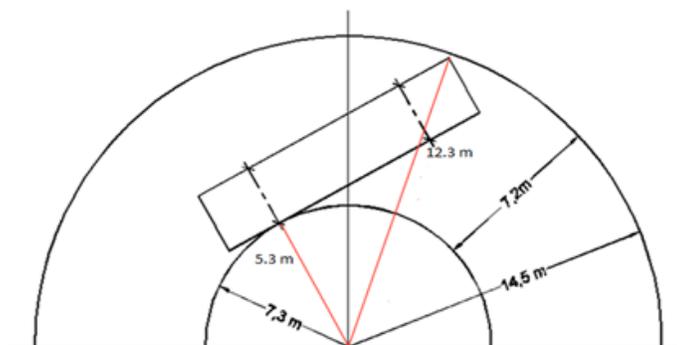
Nota: Se recomienda realizar 3 medidas y sobre una superficie plana, regular y seca, al igual que realizar 2 giros completos antes de la medición.

De acuerdo a esto se obtuvieron los resultados siguientes:

*Tabla 9. Dimensiones radio de giro autobús BYD*

RADIO DE LAS CORONAS CIRCULARES	
RADIO INTERIOR	RADIOR EXTERIOR
5,3 mts	12,3 mts

*Ilustración 4. Radio de giro*



Se analiza que el autobús cumple con los radios de giro interno como externo de giro del vehículo teniendo en cuenta las condiciones y las especificaciones y/o requerimientos establecidos en el Manual de Operaciones y la guía metodológica para pruebas del ente gestor.

## 2.6. PRUEBA DE ACELERACIÓN

Esta prueba se realizó el día 17 de julio sobre la troncal NQS desde la estación Calle 75 hasta la estación Av El Dorado, en ambos sentidos; con una carga simulada de 5400 Kg y se fundamentó según lo establecido en el Manual de Operaciones y la guía metodológica para pruebas establecidos por el ente gestor. Se evidenció que el autobús se tarda 15 segundos en alcanzar una velocidad promedio de 40 Km/h, estando dentro de los requerimientos establecidos ya que el tiempo es inferior a los 22 segundos definidos en el Manual de operaciones.

*Tabla 10. Resultado de aceleración Autobús BYD*

REQUERIDO MANUAL DE OPERACIONES	OBSERVADO PRUEBA
40 Km/h-22 segundos	<b>40 Km/h-15 segundos</b>

## 2.7. PRUEBA DE TIPOLOGÍA

Esta prueba se realizó el día 19 de julio en el patio calle 80, con una carga simulada de 5400 Kg, esta se fundamenta según lo establecido en la Norma NTC 4901-3 (Vehículos para el Transporte Urbano de Pasajeros Parte 3: autobuses Convencionales (Primera Actualización)) y a la Norma NTC 4901-2 (Vehículos para el Transporte Urbano Masivo de Pasajeros. Parte 2: Métodos de Ensayo (Primera Actualización)). Se realiza la verificación de los siguientes ítems relacionados en el cuadro adjunto (Ver tabla 6) de acuerdo al Manual de Operaciones y la guía metodológica para la realización de pruebas en autobuses con tecnologías limpias:

Tabla 11. Tipología para buses con capacidad de 80 pasajeros

TIPOLOGIA BUS ALIMENTADOR 80 PASAJEROS.		BYD ANDINO K9
BUS ALIMENTADOR	Bus de un solo cuerpo	SI
MOTOR	El motor y los sistemas de control de los vehículos deberán certificar, tener y mantener un desempeño ambiental que cumpla con la normatividad ambiental vigente, deberán tener un convertidor catalítico o sistemas de control de emisiones con la capacidad y características acordes con el motor	N/A
CAJA DE VELOCIDADES		N/A
POTENCIA/TORQUE/RELACIÓN DE TRANSMISIÓN	40 Km/h a menos de 22 segundos plena carga, en condiciones de terreno plano en la ciudad de Bogotá	SI CUMPLE
CAPACIDAD DE ASCENSO	Debe ser como mínimo un 20% más alta que la requerida para subir la pendiente más pronunciada de la zona en la cual va a operar	En la prueba se tomaron pendientes aproximadas de hasta un 12%. Las cuales fueron superadas por el vehículo
SUSPENSIÓN	Neumático y regulable en altura	SI CUMPLE
VELOCIDAD	Sistema de regulación según CNT 60Km/h máximo ciudad	NO CUMPLE. El bus durante la prueba alcanzo velocidades de 70 Km/h Aproximadamente (No descenso).El fabricante informa que este especificación puede ser graduada. Queda pendiente verificarlo
AUTONOMÍA	Debe contar con tanques de almacenamiento de combustible que le permita tener autonomía mínima de 260 Km, y llenado rápido.	SI CUMPLE Con la carga completa de batería y bajo condiciones controladas alcanzó una autonomía de 272 Km/h (Quedando un remanente del 5% del total de carga).

TIPOLOGIA BUS ALIMENTADOR 80 PASAJEROS.		BYD ANDINO K9
BUS ALIMENTADOR	Bus de un solo cuerpo	SI
SILLAS PARA LOS PASAJEROS	Deberá contar con 6 sillas para uso preferencial en el costado izquierdo, frente de las puertas del vehículo sólo se podrá ubicar una hilera de sillas. Diseño ergonómico con soporte lumbar, cerrado espaldar, con asideros, sin acolchonado y tapicería, textura antideslizante, pruebas técnicas, sin aristas o elementos corto punzantes.	NO CUMPLE. Sin embargo el fabricante menciona que este ítem será cambiado con proveedores nacionales certificados.
SILLA DEL CONDUCTOR	Acolchado, amortiguación hidráulica o neumática, regulable, apoya-cabezas, los materiales deben cumplir con las disposiciones de seguridad especificadas por la autoridad competente.	SI CUMPLE
ACABADOS INTERIORES	Material lavable, resistente al desgaste, retardante al fuego, auto extingible y no toxico, Especificaciones de seguridad NTC 3586 - FMVSS 302 o equivalente a nivel internacional,	SI CUMPLE
PASAMANOS Y ASIDEROS	Deben tener la resistencia suficiente para que los pasajeros puedan mantenerse en pie durante la marcha del vehículo, incluso en el caso de frenado de emergencia, la superficie de los pasamanos debe estar libre de aristas y filos corto punzantes y sus extremos deben terminar en curva, deben ser elementos continuos, sin uniones en puntos diferentes a las intersecciones, deben ofrecer un agarre sin obstáculos y antideslizante, deben ser de sección oval, en tubos de acero inoxidable, en aluminio pulido o en acero recubierto en material	NO CUMPLE. Sin embargo el fabricante menciona que este ítem será cambiado con proveedores nacionales certificados.

TIPOLOGIA BUS ALIMENTADOR 80 PASAJEROS.		BYD ANDINO K9
BUS ALIMENTADOR	Bus de un solo cuerpo	SI
	plástico PVC encapsulado.	
PISO, PLATAFORMA Y PELDAÑOS	Deben ser recubiertos en material sintético antideslizante de acuerdo a las normas de seguridad, no se permitirá el uso de láminas metálicas, debe tener una duración mínima para 12 años de uso en las condiciones de operación del Sistema TRANSMILENIO S.A. y debe evitar filtraciones de líquidos.	El proveedor debe anexar certificación
VENTANAS	Condiciones de seguridad y materiales según norma NTC 1467, divididas horizontalmente en dos módulos independientes, modulo inferior fijo, sujeta directamente a la estructura de la carrocería, modulo superior entre 40 % y 50 % del alto de la ventana, se permitirá la utilización del sistema de marco empaque para la sujeción de los vidrios a la carrocería, en todos los casos el marco de fijación deberá ser en aluminio anodizado color negro	SI CUMPLE
PUERTAS DE SERVICIO	3 puertas dobles de servicio, ancho 1.10 mts libres, costado derecho, sistema bloqueo de puertas en movimiento, tiempo de apertura máximo de 3 segundos. En casos excepcionales se aceptaran 2 puertas previa aprobación de	NO CUMPLE. Ancho medido de 106 cms. Solo 2 puertas

TIPOLOGIA BUS ALIMENTADOR 80 PASAJEROS.		BYD ANDINO K9
BUS ALIMENTADOR	Bus de un solo cuerpo	SI
	TRANSMILENIO S.A.	
PUERTAS DE EMERGENCIA	En caso de utilizar puertas de emergencia deberán tener un mecanismo de accionamiento que le garantice la adecuada evacuación y en un tiempo máximo de apertura de 5 segundos	SI CUMPLE (Se recomienda ajustar el ancho libre de la puerta).
SISTEMA DE ILUMINACIÓN	Iluminación exterior, luces de frenado, emergencia y direccionales de acuerdo a la norma ISO -303/63 E, luces de frenado circulo de 140 mm de diámetro, tercer stop, visibilidad 100 mts de distancia cualquier condición climática, además cumplir norma Europea N° 6,7, 23 nivel de luminosidad, faros delanteros deben cumplir reglamento N° 87 de las Naciones Unidas, iluminación de las puertas de servicio automático.	NO CUMPLE 3° STOP, El proveedor debe anexar certificación ISO 303 o su equivalente
MEDIDAS INTERNAS	<p>Altura interna mínima 2100 milímetros</p> <p>Altura de visibilidad superior 1750 milímetros</p> <p>Altura de visibilidad inferior mínima 600 milímetros 1000 máxima</p> <p>Ancho de pasillo 600 milímetros</p> <p>Separación de asientos 700 milímetros</p> <p>Espacio entre asientos enfrentados 1300 milímetros</p> <p>Profundidad asiento 350 milímetros mínimo 430 milímetros máximo</p> <p>Ancho asiento 400 milímetros</p> <p>Altura asiento mínimo 350 milímetros máximo 450 milímetros</p>	NO CUMPLE con el ancho mínimo libre de las puertas. Las demás dimensiones cumplen.

TIPOLOGIA BUS ALIMENTADOR 80 PASAJEROS.		BYD ANDINO K9
BUS ALIMENTADOR	Bus de un solo cuerpo	SI
	<p>Altura espaldar 500 milímetros  mínimo 600 milímetros máximo  Altura libre de las puertas de  servicio 1900 milímetros  Ancho libre de las puertas de  servicio 1100 milímetros</p>	
CARROCERÍA	<p>Vehículo carrozado o Vehículos con carrocería integral o auto portante (Debe cumplir con lo establecido en el numeral 5 del documento "<i>Regulación N° 66 Uniform Provisions concerning the approval of Large Passenger Vehicles with regard to the Strength of their Superstructure</i>" de las Naciones Unidas), La estructura de la carrocería deberá estar diseñada para soportare una carga estática sobre el techo, equivalente al 50% del peso mínimo admisible del vehículo, distribuida a lo largo del mismo, por un lapso de 5 minutos, sin experimentar deformaciones que superen los 70 milímetros en ningún punto.</p>	PENDIENTE CERTIFICACION por parte del Fabricante
AISLAMIENTO TÉRMICO	28° C en un radio de 100 mm cercana a fuentes de alto calor	PENDIENTE CERTIFICACION por parte del Fabricante
AISLAMIENTO ACÚSTICO	90 dB máximo en cualquier punto por un período máximo de exposición de 30 minutos.	SI CUMPLE. Verificado mediante equipos de medición por parte de Soluciones sustentables. Se recomienda entrega de certificación por parte del

TIPOLOGIA BUS ALIMENTADOR 80 PASAJEROS.		BYD ANDINO K9
BUS ALIMENTADOR	Bus de un solo cuerpo	SI
		fabricante.
SISTEMA DE VENTILACIÓN	El habitáculo para pasajeros y su sistema de ventilación no deberá permitir el paso de agua, polvo, humo o cualquier otro agente nocivo que cause molestia a los pasajeros, deben tener un sistema de ventilación mecánica forzada que asegure la renovación del aire al menos 30 veces por hora, capacidad mínima por ventilador o extractor de 330 m <sup>3</sup> /hora, el puesto de conducción deberá tener un sistema de ventilación mecánica de tres velocidades con rejillas orientadas a cara, cuerpo y pies.	NO CUMPLE. No posee la ventilación aplicada al conductor y el número de ventiladores al interior del vehículo no asegura la renovación de aire requerida.
TABLERO DE INSTRUMENTOS	Cuentan con tablero de instrumentos como indicador de velocidad, indicador de revoluciones de motor, nivel de combustible, presión de aceite, temperatura de motor, voltaje, luces encendidas, manómetro presión de aire del sistema de frenos con testigo color rojo, alarma sonora de baja presión del sistema neumático de frenos.	SI CUMPLE
REGISTRO Y ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACION (Velocidad)		No posee
INDICADORES ELECTRÓNICOS	Rutero frontal parte superior del parabrisas dimensión 1750 milímetros de longitud x 250 milímetros de altura, lectura mínima 100 metros, desempañador, Indicador de destino lateral, adyacente a la primera puerta de servicio	NO CUMPLE. Las dimensiones no corresponden a los especificados.

TIPOLOGIA BUS ALIMENTADOR 80 PASAJEROS.		BYD ANDINO K9
BUS ALIMENTADOR	Bus de un solo cuerpo	SI
	dimensión 450 mm de longitud x 150 mm de altura, indicador de destino trasero dimensión de 450 mm de longitud x 250 mm de altura.	
PESO DEL VEHÍCULO	Peso bruto vehicular inferior a 20 toneladas.	SI CUMPLE (Según Manual de Operaciones del SITP).
DIMENSIONES EXTERNAS	Ancho del vehículo Máximo 2600 milímetros (NO incluye espejos) Altura del vehículo Máximo 4100 milímetros Longitud del vehículo 10.750 A 13.500 milímetros Altura del suelo al punto más bajo de la carrocería 280 milímetros Voladizo anterior No debe ser superior a 3000 mm Voladizo superior No debe ser superior a 3500 mm	NO CUMPLE POR ALTURA CARROCERIA
RADIO DE GIRO	El vehículo deberá cumplir con los radios de giro: Radio exterior 12.5 metros y Radio interior: 5.3 metros.	SI CUMPLE
CLARABOYAS	1 Claraboya por cada 30 pasajeros de capacidad, área libre mínima de 3000 cm <sup>2</sup> rectángulo de 500mm x 600mm.	SI CUMPLE (Al ser de 80 pasajeros se recomienda una tercera claraboya, por seguridad)
VENTANAS DE EMERGENCIA	Deben tener mecanismos para su fragmentación siguiendo la norma NTC 1467, deben de ser de rápido y fácil accionamiento desde el interior del vehículo, área libre mínima de 4000 milímetros cuadrados en forma de un rectángulo de 500 milímetros por 700 milímetros, deben tener vidrios de seguridad color verde según NTC 1467, Ventana lateral y posterior vidrio templado, Vidrio frontal	SI CUMPLE

TIPOLOGIA BUS ALIMENTADOR 80 PASAJEROS.		BYD ANDINO K9
BUS ALIMENTADOR	Bus de un solo cuerpo	SI
	laminado.	
SISTEMA DE FRENADO ABS	Anti bloqueante neumático de doble circuito independiente	SI CUMPLE
SISTEMA DESEMPAÑANTE	Parabrisas frontal, capacidad mínima 1200 m <sup>3</sup> /h por cada desempañador	SI CUMPLE
PANELES DIVISORIOS	Altura entre 700 mm y 800mm frente a los asientos ubicados en la puertas de emergencia, Parte posterior del puesto del conductor altura mínima de 1800 mm panel transparente.	N/A (Posee los armarios de alojamiento de las baterías).
BATERIA DEL VEHÍCULO	Ubicada fuera del habitáculo de los pasajeros, dispositivo de corte de energía ubicado al alcance del conductor.	SI CUMPLE
CINTURONES DE SEGURIDAD	Retráctiles de tres puntos norma NTC 1570-NTC 2037, alarma visual y sonora	NO CUMPLE. El del conductor se fija a la silla no a la estructura.
ZONA DE DISCAPACITADOS	Ubicado cerca de la puerta de la mitad del vehículo, debidamente señalizado, espacio mínimo de 900 mm x 1400 mm dotado de mecanismo de aseguramiento.	SI CUMPLE
DEPOSITO DE COMBUSTIBLE	Deben estar encerrados dentro de una estructura metálica que lo proteja en una colisión o volcamiento o estar ubicados dentro de los dos bastidores del chasis, los conductos no deben pasar por el habitáculo de pasajeros, debe existir una válvula de corte de combustible accionable en el tablero de mandos del puesto de conducción.	N/A

TIPOLOGIA BUS ALIMENTADOR 80 PASAJEROS.		BYD ANDINO K9
BUS ALIMENTADOR	Bus de un solo cuerpo	SI
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	Selladas y protegidas de la humedad, fuera de la cabina de los pasajeros	SI CUMPLE
EXTINTORES	Debe estar provisto de 2 extintores tipo ABC Capacidad 10 libras	SI CUMPLE
ACCESIBILIDAD DE PASAJEROS	Acceso costado derecho	SI CUMPLE

### 3. OBSERVACIONES

- Capacidad de ascenso de hasta un máximo de 12% de pendiente.
- Velocidad no cumple, durante las pruebas alcanzo velocidades de hasta 70 km/h aproximadamente en terreno plano.
- Sillas para pasajeros no cumple, tiene 2 sillas preferenciales y el Manual de Operaciones exige 6 sillas preferenciales.
- Pasamanos y asideros no cumple, no terminan en curva.
- El ancho libre de las puertas de servicio es de 1060 mm y el Manual de Operaciones exige 1100 mm.
- En el sistema de iluminación falta 3º Stop y certificación ISO 303 o equivalente.
- Carrocería presentar certificación.
- Aislamiento térmico presentar certificación.
- Registro y almacenamiento de la información no posee.
- Indicadores electrónicos no cumple con las medidas mínimas exigidas en el Manual de Operaciones.
- Medidas externas no cumple, la altura más baja de la carrocería es de 23 cms y el Manual de Operaciones exige 28 cms.
- El punto de apoyo del cinturón de seguridad operador no está fijado a un punto de la carrocería.

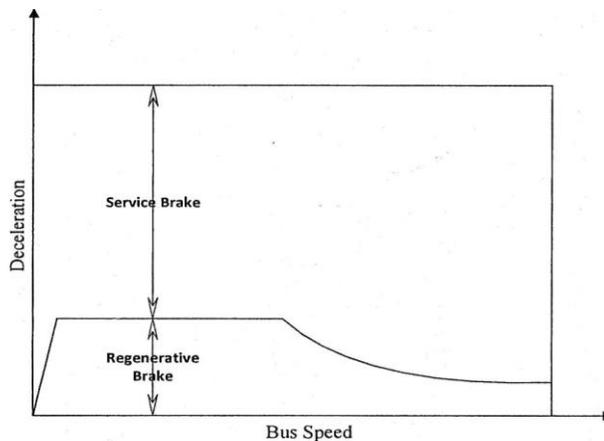
### 4. CONCLUSIONES

- Finalizado el proceso de pruebas de eficiencia y autonomía del autobús BYD K9 Andino se concluye que es satisfactoria la autonomía del vehículo puesto que recorre

aproximadamente 272 km con una carga del pack de baterías del 100%, sin que se descarguen las baterías totalmente quedando en un 5% de carga.

- En la prueba de frenado se evidencio que el autobús con máxima carga (5400 Kg), posee una capacidad de frenado satisfactoria, sin calentamiento considerable a una temperatura baja, generando un resultado en distancia de frenado 6,2 mts con velocidad promedio 35 Km/h; se debe considerar que esta prueba no fue realizada con el rigor que recomendó el ente gestor en cuanto a la utilización de equipo (Quinta Rueda), por lo cual esta prueba puede ser susceptible a repetición y que las condiciones satisfacias cambien dentro del rigor técnico requerido.
- El sistema de regeneración de energía le permite al autobús poseer un rango de suficiencia igual en perdida de energía y ganancia de la misma, puesto que en la prueba de autonomía el vehículo pierde el 2% de carga pero la recupera en el mismo porcentaje debido al frenado regenerativo que convierte la energía cinética en eléctrica y la almacena en las baterías, además de que el freno de servicio trabaja a la par con el de regeneración cumpliendo lo especificado en el manual del proveedor BYD, según la siguiente gráfica.

*Ilustración 5. Regeneración en rango de velocidad*



*Fuente. Manual BYD autobús Andino K 9*

- En el ascenso el autobús presento un comportamiento aceptable sobre una pendiente aproximada mínima de 7% y máxima de 15 % a una velocidad promedio de 25 Km/h, además de que en la prueba de eficiencia energética no pudo tener la potencia necesaria para ascender sobre una pendiente del orden de mínimo de 14% y máximo de 18%, según el grafico (Foto 8. Perfil pendiente ruta Universidad de los Andes), pero teniendo en cuenta que el autobús posee un peso aproximado en baterías de 7934 lbs y una carga

simulada de 5400 Kg en promedio; se recomienda tener en cuenta que el fabricante estableció que el vehículo posee una capacidad de ascenso a plena carga de 12%. En términos generales no cumpliría con la especificación del Manual de Operaciones del ente gestor “la capacidad de ascenso del bus debe tener como mínimo un 20% más alta que la requerida para subir la pendiente más pronunciada de la zona en la cual va a operar”.

- Para los radios de giro se analiza que el autobús cumple con las condiciones y las especificaciones y/o requerimientos establecidos en el Manual de Operaciones y la guía metodológica para la realización de pruebas en autobuses con tecnologías limpias.
- En la revisión de la tipología se observaron novedades que no cumplen con el Manual de Operaciones y la norma NTC 4901-3, pero que según argumentos del fabricante pueden ser corregidos de acuerdo los requerimientos del ente gestor.
- La capacidad de aceleración en plano y a una carga aproximada de 5400 kg para alcanzar una velocidad promedio de 40Km/h es de un tiempo de 15 segundos, lo cual es satisfactorio puesto que está en lo requerido por el ente gestor en el Manual de Operaciones y la guía metodológica para la realización de pruebas en autobuses con tecnologías limpias.
- De las pruebas se concluye que de acuerdo al manual (Ver tabla 8), suministrado por el fabricante se cumple con las especificaciones de tracción y de motor, en cuanto a carga y voltaje en ruta (según foto 7 y 8)

*Tabla 12. Unidad de tracción principal y motor de tracción*

NÚMERO DE MODELO	BYD TYC 90A
TIPO	MOTOR SINCRONO IMANES PERMANENTES
MÁXIMA POTENCIA	90 KW *2
TORQUE MÁXIMO	258 lb-ft *2
POTENCIA NOMINAL	75 KW *2
VELOCIDAD NOMINAL	2500 RPM
TORQUE NOMINAL	208 lb-ft *2
RELACION DE TRANSMISIÓN FINAL	17,7:1
VELOCIDAD MÁXIMA MOTOR	7500 REV/MIN
<b>VOLTAJE NOMINAL</b>	<b>540 V</b>
<b>EFICIENCIA CARGA</b>	<b>≥ 94</b>

*Fuente. Manual BYD autobús Andino K 9*