

ANEXOS

**DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
BÁSICAS DE UN SISTEMA MOTRIZ PARA UN BUS
ARTICULADO DE 18 METROS ELÉCTRICO PARA LA CIUDAD
DE LIMA**

Índice de Anexos

ANEXO 1: Toma de datos de velocidad máxima, aceleración y desaceleración	1
ANEXO 2: Potencia requerida del sistema de propulsión a máxima velocidad	4
ANEXO 3: Catálogo de los motores	5
ANEXO 4: Cálculos de aceleración de las otras tres opciones de motores	10
ANEXO 5: Energía requerida durante la aceleración de vehículo	23
ANEXO 6: Energía de propulsión en cada tramo del recorrido	25
ANEXO 7: Energía requerida durante todo un recorrido	27



ANEXO 1: Toma de datos de velocidad máxima, aceleración y desaceleración, parte 1

Muestra	Máxima	Aceleración			Frenado		
		Tiempo de aceleración	Velocidad alcanzada	Aceleración	Velocidad inicial	Tiempo de frenado	Desaceleración
	km/hora	segundos	km/hora	m/s ²	km/hora	segundos	m/s ²
1	41	30	43	0.40	34	5	1.89
2	45	20	41	0.57	41	8	1.42
3	60	27	60	0.62	27	8	0.94
4	60	30	60	0.56	60	14	1.19
5	53	25	53	0.59	41	8	1.42
6	54	34	54	0.44	43	7	1.71
7	53	27	53	0.55	44	9	1.36
8	60	30	52	0.48	50	8	1.74
9	49	15	42	0.78	39	5	2.17
10	60	29	60	0.57	33	7	1.31
11	60	23	60	0.72	48	8	1.67
12	60	26	60	0.64	27	5	1.50
13	54	16	50	0.87	44	7	1.75
14	56	30	56	0.52	60	8	2.08
15	54	16	43	0.75	60	10	1.67
16	60	25	60	0.67	60	12	1.39
17	53	16	46	0.80	40	7	1.59
18	60	29	60	0.57	54	10	1.50
19	52	32	52	0.45	26	7	1.03
20	60	32	60	0.52	57	9	1.76
21	60	35	60	0.48	38	8	1.32
22	60	38	55	0.40	30	9	0.93
23	60	31	60	0.54	35	6	1.62
24	57	33	57	0.48	38	10	1.06
25	38	21	38	0.50	45	6	2.08
26	49	22	49	0.62	51	9	1.57
27	58	15	42	0.78	60	9	1.85
28	60	16	34	0.59	50	7	1.98
29	60	12	33	0.76	58	7	2.30
30	60	25	58	0.64	28	7	1.11
31	60	26	60	0.64	27	8	0.94
32	60	28	60	0.60	36	10	1.00
33	56	14	29	0.58	45	8	1.56
34	60	20	60	0.83	51	10	1.42
35	52	18	52	0.80	37	6	1.71
36	59	21	59	0.78	60	8	2.08
37	60	27	56	0.58	50	9	1.54
38	60	21	60	0.79	40	6	1.85
39	60	30	58	0.54	52	14	1.03
40	60	27	60	0.62	48	8	1.67
41	54	40	53	0.37	31	7	1.23
42	55	29	55	0.53	28	6	1.30
43	60	30	60	0.56	32	7	1.27
44	60	26	60	0.64	60	9	1.85
45	51	27	40	0.41	34	8	1.18

ANEXO 1: Toma de datos de velocidad máxima, aceleración y desaceleración, parte 2

Muestra	Máxima	Aceleración			Frenado		
		Tiempo de aceleración	Velocidad alcanzada	Aceleración	Velocidad inicial	Tiempo de frenado	Desaceleración
	km/hora	segundos	km/hora	m/s ²	km/hora	segundos	m/s ²
46	60	23	51	0.62	56	6	2.59
47	51	30	51	0.47	60	8	2.08
48	58	40	58	0.40	38	8	1.32
49	60	35	60	0.48	30	9	0.93
50	60	34	60	0.49	22	10	0.61
51	60	23	60	0.72	53	14	1.05
52	60	30	60	0.56	26	5	1.44
53	57	25	56	0.62	26	7	1.03
54	40	15	21	0.39	26	5	1.44
55	43	15	31	0.57	25	6	1.16
56	40	24	38	0.44	39	12	0.90
57	57	28	57	0.57	30	9	0.93
58	40	36	50	0.39	20	6	0.93
59	57	30	57	0.53	40	10	1.11
60	60	24	60	0.69	27	6	1.25
61	55	29	55	0.53	36	8	1.25
62	56	30	56	0.52	37	9	1.14
63	60	28	60	0.60	48	9	1.48
64	56	40	54	0.38	24	7	0.95
65	54	40	54	0.38	34	44	0.21
66	53	30	49	0.45	42	40	0.29
67	60	34	60	0.49	30	6	1.39
68	60	40	60	0.42	24	6	1.11
69	51	40	51	0.35	30	12	0.69
70	50	25	47	0.52	27	9	0.83
71	48	30	48	0.44	28	7	1.11
72	52	28	41	0.41	39	12	0.90
73	49	34	49	0.40	35	11	0.88
74	53	38	51	0.37	35	9	1.08
75	51	38	50	0.37	34	7	1.35
76	43	29	41	0.39	28	7	1.11
77	47	37	46	0.35	38	8	1.32
78	39	23	39	0.47	31	9	0.96
79	42	22	40	0.51	37	12	0.86
80	43	23	42	0.51	38	10	1.06
81	54	45	54	0.33	54	14	1.07
82	51	36	52	0.40	37	8	1.28
83	57	25	57	0.63	42	9	1.30
84	60	30	60	0.56	45	7	1.79
85	53	25	53	0.59	32	6	1.48
86	53	29	50	0.48	35	8	1.22
87	45	24	45	0.52	37	7	1.47
88	43	24	37	0.43	38	9	1.17
89	40	33	40	0.34	25	6	1.16
90	60	25	60	0.67	60	15	1.11

ANEXO 2: Potencia requerida del sistema de propulsión a máxima velocidad, parte 1

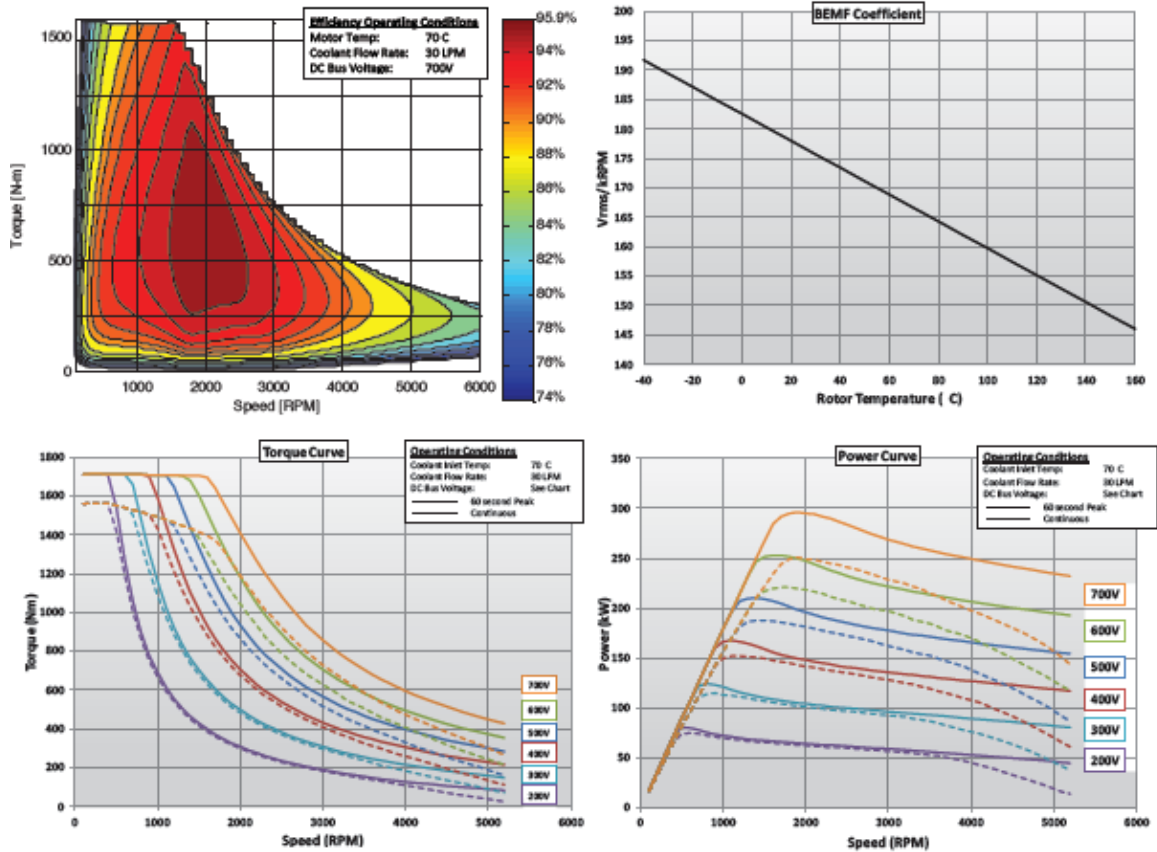
DIRECCION SUR A NORTE			Ángulo de la pendiente	Velocidad del vehículo	Fuerza de tracción	Potencia disponible	Potencia requerida
Potencia continua			%	km/hora	N	kW	kW
1	Matellini	Rosario de Villa	0.6%	60	5,330	89	94
2	Plaza Lima Sur	Terán	0.6%	60	5,300	88	93
3	Terán	Escuela Militar	0.8%	60	5,856	98	103
4	Escuela Militar	Estadio Unión	1.1%	60	6,494	108	114
5	Estadio Unión	Bulevar	0.7%	60	5,641	94	99
6	Bulevar	Balta	1.0%	60	6,369	106	112
7	Balta	Plaza de Flores	0.6%	60	5,295	88	93
8	Plaza de Flores	28 de Julio	0.4%	60	4,819	80	85
9	28 de Julio	Benavides	0.6%	60	5,347	89	94
10	Benavides	Ricardo Palma	0.8%	60	5,923	99	104
11	Ricardo Palma	Angamos	0.8%	60	5,761	96	101
12	Angamos	Domingo Orué	1.4%	60	7,230	120	127
13	Domingo Orué	Aranburú	0.8%	60	5,724	95	100
14	Aranburú	Canaval y Moreyra	1.6%	60	7,694	128	135
15	Canaval y Moreyra	Javier Prado	1.9%	60	8,465	141	149
16	Javier Prado	Canadá	-0.6%	60	2,435	41	43
17	Canadá	México	0.3%	60	4,580	76	80
18	México	Estadio Nacional	0.6%	60	5,211	87	91
19	Estadio Nacional	Estación Central	0.5%	60	5,097	85	89
20	Estación Central	Colmena	2.4%	60	9,627	160	169
21	Colmena	Jirón de la unión	0.4%	60	4,938	82	87
22	Jirón de la unión	Tacna	-2.0%	60	-946	0	0
23	Tacna	Ramón y Castilla	-2.1%	60	-1,206	0	0
24	Ramón y Castilla	Caquetá	-1.3%	60	742	12	13
25	Estación Central	España	-0.8%	60	1,900	32	33
26	España	Quilca	0.3%	60	4,690	78	82
27	Quilca	2 de Mayo	-0.3%	60	3,097	52	54
28	2 de Mayo	Caquetá	-0.9%	60	1,818	30	32
29	Caquetá	Parque del trabajo	-0.5%	60	2,745	46	48
30	Parque del trabajo	UNI	-0.9%	60	1,712	29	30
31	UNI	Honorio Delgado	-1.3%	60	812	14	14
32	Honorio Delgado	El Milagro	-1.5%	60	389	6	7
33	El Milagro	Tomás Valle	-1.8%	60	-532	0	0
34	Tomás Valle	Los Jazmines	-0.8%	60	2,060	34	36
35	Los Jazmines	Independencia	-1.8%	60	-310	0	0
36	Independencia	Pacífico	0.0%	60	3,887	65	68
37	Pacífico	Izaguirre	-1.0%	60	1,603	27	28
38	Izaguirre	Naranjal	0.1%	60	4,200	70	74

ANEXO 2: Potencia requerida del sistema de propulsión a máxima velocidad, parte 2

DIRECCION NORTE A SUR			Ángulo de la pendiente	Velocidad del vehículo	Fuerza de tracción	Potencia disponible	Potencia requerida
Potencia continua			%	km/hora	N	kW	kW
1	Matellini	Rosario de Villa	-0.6%	60	2,445	41	43
2	Plaza Lima Sur	Terán	-0.6%	60	2,474	41	43
3	Terán	Escuela Militar	-0.8%	60	1,919	32	34
4	Escuela Militar	Estadio Unión	-1.1%	60	1,280	21	22
5	Estadio Unión	Bulevar	-0.7%	60	2,133	36	37
6	Bulevar	Balta	-1.0%	60	1,405	23	25
7	Balta	Plaza de Flores	-0.6%	60	2,480	41	44
8	Plaza de Flores	28 de Julio	-0.4%	60	2,955	49	52
9	28 de Julio	Benavides	-0.6%	60	2,428	40	43
10	Benavides	Ricardo Palma	-0.8%	60	1,852	31	32
11	Ricardo Palma	Angamos	-0.8%	60	2,013	34	35
12	Angamos	Domingo Orué	-1.4%	60	545	9	10
13	Domingo Orué	Aranburú	-0.8%	60	2,051	34	36
14	Aranburú	Canaval y Moreyra	-1.6%	60	80	1	1
15	Canaval y Moreyra	Javier Prado	-1.9%	60	-691	0	0
16	Javier Prado	Canadá	0.6%	60	5,339	89	94
17	Canadá	México	-0.3%	60	3,195	53	56
18	México	Estadio Nacional	-0.6%	60	2,564	43	45
19	Estadio Nacional	Estación Central	-0.5%	60	2,678	45	47
20	Estación Central	Colmena	-2.4%	60	-1,854	0	0
21	Colmena	Jirón de la unión	-0.4%	60	2,837	47	50
22	Jirón de la unión	Tacna	2.0%	60	8,719	145	153
23	Tacna	Ramón y Castilla	2.1%	60	8,979	150	158
24	Ramón y Castilla	Caquetá	1.3%	60	7,032	117	123
25	Estación Central	España	0.8%	60	5,875	98	103
26	España	Quilca	-0.3%	60	3,085	51	54
27	Quilca	2 de Mayo	0.3%	60	4,678	78	82
28	2 de Mayo	Caquetá	0.9%	60	5,957	99	105
29	Caquetá	Parque del trabajo	0.5%	60	5,029	84	88
30	Parque del trabajo	UNI	0.9%	60	6,062	101	106
31	UNI	Honorio Delgado	1.3%	60	6,962	116	122
32	Honorio Delgado	El Milagro	1.5%	60	7,385	123	130
33	El Milagro	Tomás Valle	1.8%	60	8,306	138	146
34	Tomás Valle	Los Jazmines	0.8%	60	5,715	95	100
35	Los Jazmines	Independencia	1.8%	60	8,084	135	142
36	Independencia	Pacífico	0.0%	60	3,887	65	68
37	Pacífico	Izaguirre	1.0%	60	6,171	103	108
38	Izaguirre	Naranjal	-0.1%	60	3,575	60	63

ANEXO 3: Catálogo de los motores, motor Remy HVH410-150-DOM

REMY HVH410-150-DOM ELECTRIC MOTOR



Note: Graphs above are based on actual Remy test data. The torque and power ratings are based on typical operating conditions as noted on the performance graphs. There are several variables that may change the motor performance, including coolant flow rate, operating temperature, inverter settings and parameters, etc. For actual performance, the motor must be evaluated in its final system and application. All specifications are subject to change.

OPERATING CONDITIONS	
Coolant Inlet Temp	up to 90 C
Coolant Flow Rate	15 to 45 LPM
DC Bus Voltage	up to 700 V
Peak Current	480 Arms
Rated Peak Operating Time	60 sec
Cooling Media	Dexron VI
MOTOR MASS DATA	
Motor Assembly	148.0 kg
Motor Rotational Inertia	1.09 kg-m ²

SUPERIOR POWER DENSITY

Remy motors provide superior power density. Their low-weight and volume offer greater placement flexibility within a vehicle and permit offsets in battery size while maintaining overall weight, all with no sacrifice in power.

UNPARALLELED EFFICIENCY

Remy's motors are designed with patented high-voltage hairpin (HVH) wiring for exceptional cooling in high-heat and rigorous vibration vehicle environments. Remy motors' HVH continuous torque and power density are significantly higher than that of competing technology motors; in fact, HVH continuous ratings often exceed peak ratings for other technologies. Further, the efficiency of Remy motors cuts the cost of secondary cooling loops and provides increased vehicle range for improved overall vehicle performance.

EXCELLENT DURABILITY

Remy's HVH motors have been tested successfully to 3x projected motor life. Remy has over 100,000 electric motors on the road today and almost 10 years of electric motor production for multiple applications. OEMs, system integrators and end users can have confidence in Remy's proven reliability, reduced warranty issues/costs and robust durability.

Remy Remy International, Inc.
 World Headquarters & U.S. Technical Center
 600 Corporation Drive, Fardlaton, IN 46064
 For more information, contact 1.800.372.3555
 ElectricMotorInquiries@remyinc.com
 www.remyinc.com



ANEXO 3: Catálogo de los motores, motor Parker GVM210-400-DPW

Global Vehicle Motor - GVM
Overview

Typical Efficiency Maps

GVM Motors: an efficient range.

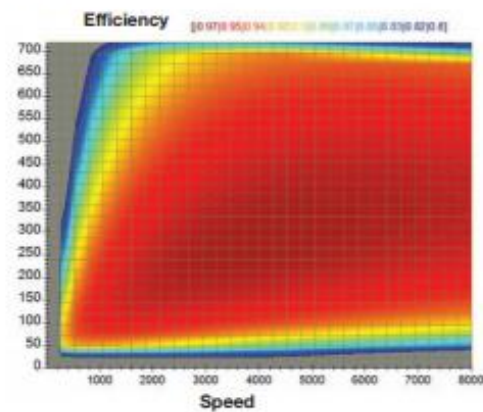
The PMAC efficiency is far higher than induction motor one of the same power range.

Only when using the best component technology and optimal design characteristics do traction motors/ generators and controllers minimize losses both during

motoring and power generation - increasing vehicle range. Variable speed system allows higher efficiency even at low speed.

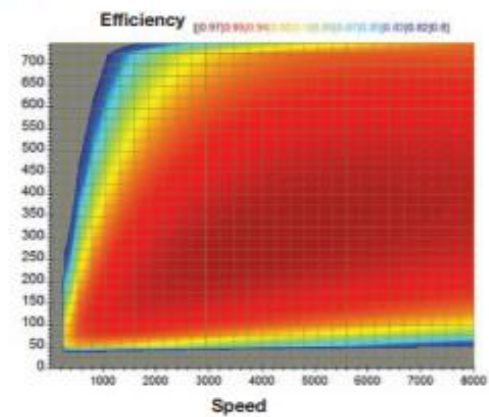
GVM210-400 in Motor operation mode

Torque



GVM210-400 in Generator operation mode

Torque



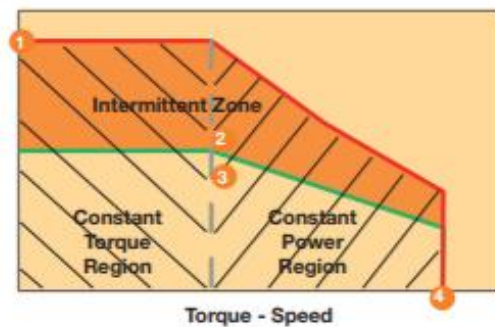
Motor Performance definitions

GVM Series motors are designed to meet the power requirements in a wide variety of vehicle applications. The GVM has the ability to operate at different battery voltages without loss of power.

- From 24 to 800 VDC
- Numerous rotor lengths
- Multiple winding configurations per length

By selecting the appropriate voltage, rotor length and winding variation, the following parameters can be refined to match the vehicle's specific performance requirements:

- Peak torque
- Peak power
- Rated torque
- Rated speed
- Rated power
- Maximum speed



Parameters	Battery DC Voltage [V]	Rated Torque Mn [Nm]	Rated Power Pn [kW]	Rated Current In [Arms]	Rated Speed Nn [min ⁻¹]	Peak Torque Mp [Nm]	Peak Power Pp [kW]	Peak Current Ip [Arms]	Maximum Speed Nmax [min ⁻¹]
		2			3	1			4

Global Vehicle Motor - GVM
 Technical Characteristics

GVM142 High Voltage windings - Liquid Cooling

Motor	Battery DC Voltage [V]	Rated Torque Mn [Nm]	Rated Power Pn [kW]	Rated Current In [Arms]	Rated Speed Nn [min ⁻¹]	Peak Torque Mp [Nm]	Peak Power Pp [kW]	Peak Current Ip [Arms]	Maximum Speed Nmax [min ⁻¹]
GVM142-050-XQW	320	17.6	12.3	39	6700	40	17.3	110.4	9500
GVM142-050-DRW	400	17.6	12.2	30.7	6600	40	17.1	87.0	9500
GVM142-050-RRW	640	17.7	11.5	18.1	6220	40	16.1	51.1	8890
GVM142-075-NQW	320	27.6	18.5	58.8	6400	62	25.9	167.8	9500
GVM142-075-SQW	400	27.5	19.3	48.9	6700	62	27.2	140.1	9500
GVM142-075-XQW	480	27.5	19	39.9	6600	62	26.6	114.2	9500
GVM142-075-ERW	640	27.6	18.7	29.5	6500	62	26.3	84.4	9500
GVM142-100-EQW	320	37	26.3	83.1	6800	85	37.2	247.7	9500
GVM142-100-NQW	400	37.6	23.6	59.4	6000	85	32.8	174.3	9000
GVM142-100-SQW	480	37.6	23.6	49.6	6000	85	32.9	145.6	9000
GVM142-100-ZQW	640	37.5	23.8	37.2	6050	85	33.1	109.5	8570

GVM210 High Voltage windings - Liquid Cooling

Motor	Battery DC Voltage [V]	Rated Torque Mn [Nm]	Rated Power Pn [kW]	Rated Current In [Arms]	Rated Speed Nn [min ⁻¹]	Peak Torque Mp [Nm]	Peak Power Pp [kW]	Peak Current Ip [Arms]	Maximum Speed Nmax [min ⁻¹]
GVM210-050-QQW	320	36.9	21.2	66.4	5490	82	32.9	165.3	8000
GVM210-050-VQW	400	36.8	22.1	55	5740	82	34.4	137.6	8000
GVM210-050-VQW	480	36	26.2	54.1	6940	82	41.4	137.5	8000
GVM210-050-FRW	640	36	26	40	6890	82	40.9	101.7	8000
GVM210-100-SPW	320	78.6	53.5	166	6500	173	82.3	418.1	8000
GVM210-100-XPW	400	78.6	53.5	133	6500	173	83.2	336.1	8000
GVM210-100-DQW	480	79.1	52.2	108	6300	173	81.0	272.1	8000
GVM210-100-MQW	640	78.3	54.1	83.6	6600	173	84.3	211.6	8000
GVM210-150-DPW	320	115	84.1	262	7000	262	136.5	687.9	8000
GVM210-150-JPW	400	114	84.9	210	7100	262	138.1	554.7	8000
GVM210-150-SPW	480	118	80	163	6500	262	125.6	419.5	8000
GVM210-150-ZPW	640	118	80	122	6500	262	125.1	312.7	8000
GVM210-200-DPW	320	164	89.4	278	5200	352	137.1	692.1	7800
GVM210-200-DPW	400	152	105	259	6610	352	172.2	692.0	8000
GVM210-200-JPW	480	154	103	211	6410	352	167.0	558.1	8000
GVM210-200-SPW	640	153	104	159	6510	352	168.8	421.9	8000
GVM210-300-DPW	320	262	93.2	293	3400	530	136.9	692.2	5100
GVM210-300-DPW	400	251	113	281	4300	530	172.1	692.1	6450
GVM210-300-DPW	480	238	132	267	5300	530	207.6	692.0	7950
GVM210-300-DPW	640	205	155	232	7220	530	277.8	691.9	8000
GVM210-400-DPW	320	358	93.6	299	2500	710	136.0	695.3	3750
GVM210-400-DPW	400	348	116	290	3190	710	172.0	695.2	4800
GVM210-400-DPW	480	336	137	281	3900	710	207.6	695.1	5850
GVM210-400-DPW	640	306	170	257	5310	710	278.6	695.0	7950

GVM Input cooling liquid at 65 °C (Characteristics are given for an optimal inverter / motor association without any limitation coming from the drive)
 (for alternative cooling temperatures please contact us)

ANEXO 3: Catálogo de los motores, motor Powerphase HD 950T

POWERPHASE HD® 950T

POWERPHASE® HD 220

POWERPHASE® HD 250

MOTOR PERFORMANCE

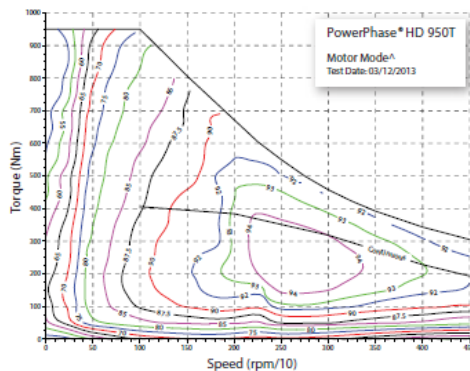
SPECIFICATIONS

Peak Power	188 hp	140 kW
Continuous power	134 hp	100 kW
Peak torque	700 lbf ft	950 Nm
Continuous torque	295 lbf ft	400 Nm
Maximum efficiency	94%	
Power density	1.57 hp/lb	2.7 kW/kg

DIMENSIONS

Length	8.9 in	226 mm
Diameter	15.4 in	390 mm
Weight	187 lb	85 kg

PERFORMANCE CURVE



To view additional efficiency maps, please contact us.

CONTROLLER PERFORMANCE

OPERATING VOLTAGE

Operating voltage input range	250-440 VDC
Minimum voltage	250 VDC
Nominal input voltage	360 VDC
Maximum voltage	440 VDC
DC current limitation, motoring	500 A

DIGITAL SIGNAL PROCESSOR

Nominal input voltage	12 VDC or 24 VDC
Input supply voltage range	9 to 35 VDC
Input supply current range	1 to 5 A

LIQUID COOLING SYSTEM

Minimum coolant flow	10 l/min 50/50 water/glycol
Maximum inlet temperature	140° F 60° C

INVERTER TYPE

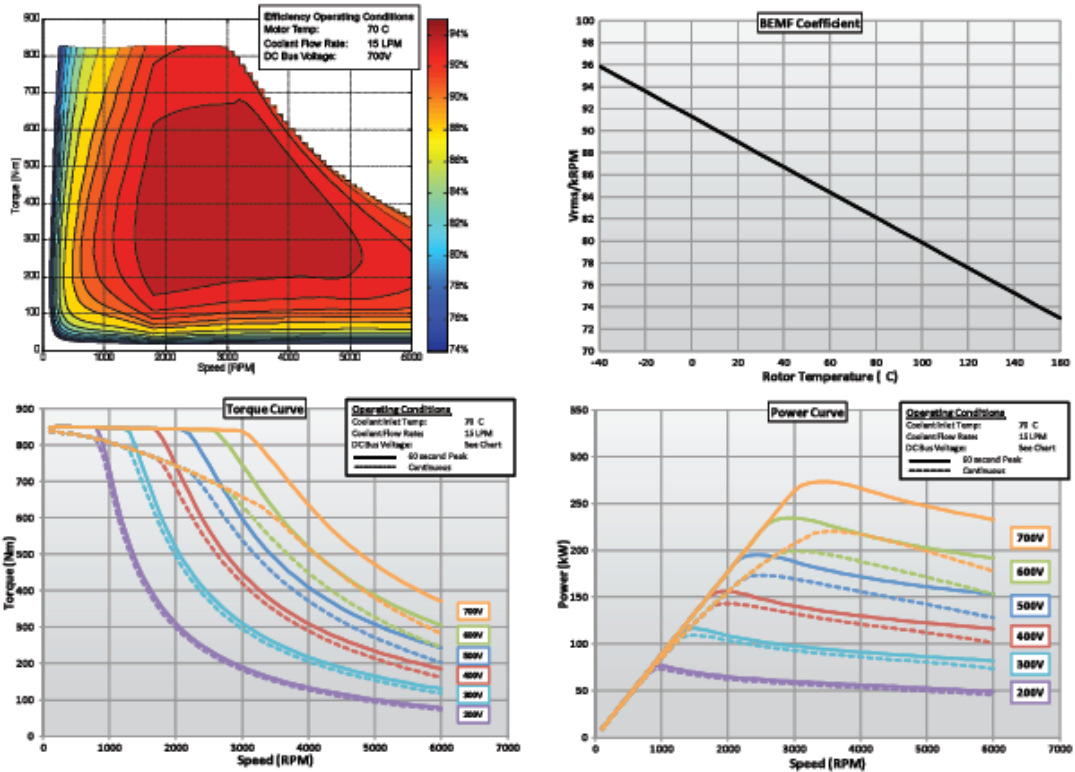
Control type	PWM & phase advance
Power device	IGBT
Switching frequency	12.5 kHz
Standby power	14 W

DIMENSIONS

Length	20.9 in	531 mm
Width	16.6 in	422 mm
Height	6.9 in	175 mm
Weight	88.0 lb	40kg

ANEXO 3: Catálogo de los motores, motor Remy HVH410-075-DOM

REMY HVH410-075-DOM ELECTRIC MOTOR



Note: The torque and power ratings are based on typical operating conditions as noted on the performance graphs. There are several variables that may change the motor performance, including coolant flow rate, operating temperature, inverter settings and parameters, etc. For actual performance, the motor must be evaluated in its final system and application. All specifications are subject to change.

OPERATING CONDITIONS	
Coolant Inlet Temp	up to 90 C
Coolant Flow Rate	15 to 45 LPM
DC Bus Voltage	up to 700 V
Peak Current	480 Arms
Rated Peak Operating Time	60 sec
Cooling Media	Dexron VI
MOTOR MASS DATA	
Cartridge	59 kg
Motor Assembly	98 kg
Motor Rotational Inertia	0.62 kg-m ²

SUPERIOR POWER DENSITY

Remy motors provide superior power density. Their low-weight and volume offer greater placement flexibility within a vehicle and permit offsets in battery size while maintaining overall weight, all with no sacrifice in power.

UNPARALLELED EFFICIENCY

Remy's motors are designed with patented high-voltage hairpin (HVH) wiring for exceptional cooling in high-heat and rigorous vibration vehicle environments. Remy motors' HVH continuous torque and power density are significantly higher than that of competing technology motors; in fact, HVH continuous ratings often exceed peak ratings for other technologies. Further, the efficiency of Remy motors cuts the cost of secondary cooling loops and provides increased vehicle range for improved overall vehicle performance.

EXCELLENT DURABILITY

Remy's HVH motors have been tested successfully to 3x projected motor life. Remy has over 90,000 electric motors on the road today and almost 10 years of electric motor production for multiple applications. OEMs, system integrators and end users can have confidence in Remy's proven reliability, reduced warranty issues/costs and robust durability.

READY TO POWER YOUR FUTURE™

REMY ELECTRIC MOTORS™



Remy International, Inc.
World Headquarters & U.S. Technical Center
800 Corporation Drive, Pendleton, IN 46064
For more information, contact 1.800.372.3555
ElectricMotorInquiries@remyinc.com
www.remyinc.com

© 2011, Remy International, Inc. All rights reserved. F20-11-0011 03-410-075-P08-01

ANEXO 4: Cálculos de aceleración de las otras tres opciones de motores

4.1 Opción 1: Un motor Remy HVM-410-150-DOM

- Se determina la relación de transmisión utilizando la ecuación 3.14:

$$i_a = \frac{W_{\max ef} * r_{\text{dyn}}}{V_{\max}} \quad (3.7)$$

$$i_a = \frac{2000 \text{ rpm} * 0.465 \text{ m}}{60 \text{ km/hora}} = 5.8$$

- Con el valor de la relación de transmisión y utilizando las ecuaciones 3.9, 3.10 y 3.11 se halla la masa equivalente del vehículo:

$$\varphi_{\text{rueda}} = 0.5 * m_{\text{rueda}} * r_{\text{dyn}}^2 \quad (3.10)$$

$$\varphi_{\text{rueda}} = 0.5 * 43 \text{ kg} * (0.465 \text{ m})^2 = 4.65 \text{ kg} - \text{m}^2$$

$$\varphi_{\text{red}} = 10 * \varphi_{\text{rueda}} + \varphi_{\text{ejes}} + i_a^2 * (N * \varphi_{\text{mot}} + \varphi_t) \quad (3.11)$$

$$\varphi_{\text{red}} = 10 * 4.65 \text{ kg} - \text{m}^2 + 63.6 \text{ kg} - \text{m}^2 + 5.8^2 * (1 * 1.09 \text{ kg} - \text{m}^2) = 146.77 \text{ kg} - \text{m}^2$$

$$m_{\text{eq}} = m_v + \frac{\varphi_{\text{red}}}{r_{\text{dyn}}^2} \quad (3.9)$$

$$m_{\text{eq}} = 24450 \text{ kg} + \frac{146.77 \text{ kg} - \text{m}^2}{(0.465 \text{ m})^2} = 25129 \text{ kg}$$

- Despejando la aceleración en la ecuación 3.2 y reemplazando el valor de la fuerza de tracción efectiva por la ecuación 3.8 se obtiene:

$$F_t = [f_r * m_v * g * \cos(\theta)] + \left[c_w * A * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \right] + [m_v * g * \sin(\theta)] + [m_{\text{eq}} * a] \quad (3.2)$$

$$F_t = \frac{T_m * i_a * n_t}{r_{\text{dyn}}} \quad (3.8)$$

$$a = \frac{\left[\frac{T_m * i_a * n_t}{r_{\text{dyn}}} \right] - \left[[f_r * m_v * g * \cos(\theta)] + \left[c_w * A * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \right] + [m_v * g * \sin(\theta)] \right]}{m_{\text{eq}}}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \left[\frac{T_m * i_a * n_t}{r_{\text{dyn}} * m_{\text{eq}}} - \frac{m_v * g * (f_r + \sin(\theta))}{m_{\text{eq}}} \right] - \left[\frac{c_w * A * \frac{1}{2} * \rho}{m_{\text{eq}}} \right] * v^2$$

- De la tabla 3.7 se obtiene el torque máximo del motor en función de su velocidad de rotación, la velocidad de rotación del motor se relaciona con la velocidad del vehículo utilizando la ecuación 3.6:

$$v = \frac{W * r_{dyn}}{i_a} \quad (3.6)$$

$$w_c = 1750 \text{ rpm (183.26 rad/s)}$$

Para $w_c > w$,

$$T_m = 1700 \text{ [N.m]}$$

Para $w_c < w < 3000 \text{ rpm (3000 rpm = 314.16 rad/s)}$

$$T_m = 1700 - 6.875 * (w - 183.26) \text{ [N.m]}$$

$$T_m = 1700 - 6.875 * \left(\frac{v * i_a}{r_{dyn}} - 183.26 \right)$$

- Reemplazando estos valores en la ecuación de la aceleración previamente hallada y para una pendiente plana, se obtiene :

Para $183.26 \text{ rad/s} > w$; $14.7 \text{ m/s} > v$

$$a = \frac{dv}{dt} = \left[\frac{1700 * 5.8 * 0.95}{0.465 * 25129} - \frac{24450 * 9.81 * (0.011 + 0)}{25129} \right] - \left[\frac{0.75 * 10 * \frac{1}{2} * 1.199}{25129} \right] * v^2$$

$$\frac{dv}{dt} = 0.697 - 0.000179 * v^2$$

$$\frac{v_{n+1} - v_n}{dt} = 0.697 - 0.000179 * v^2$$

$$v_{n+1} = v_n + dt * (0.697 - 0.000179 * v^2)$$

Para $183.26 \text{ rad/s} < w < 314.16 \text{ rad/s}$, $14.7 \text{ m/s} < v < 25.2 \text{ m/s}$

$$a = \frac{dv}{dt} = \left[\frac{(1700 + 6.875 * 183.26) * 5.8 * 0.95}{0.465 * 25129} - \frac{24450 * 9.81 * (0.011 + 0)}{25129} \right] - \left[\frac{6.875 * 5.8^2 * 0.95}{0.465^2 * 25129} \right] * v - \left[\frac{0.75 * 10 * \frac{1}{2} * 1.199}{25129} \right] * v^2$$

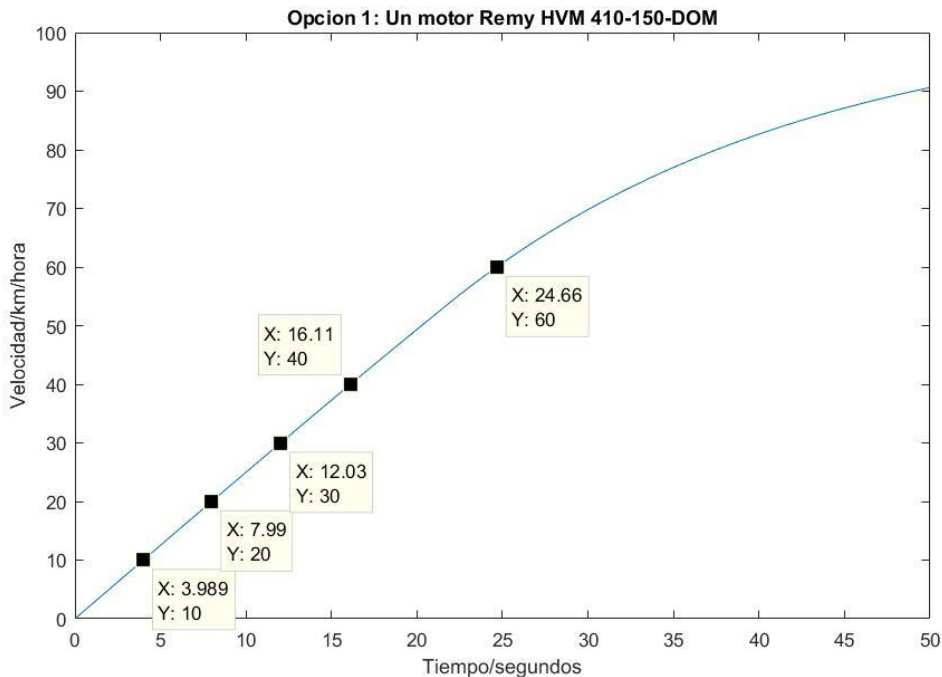
$$v_{n+1} = v_n + dt * (1.291 - 0.040 * v - 0.000179 * v^2)$$

- Se utiliza MATLAB para desarrollar las ecuaciones de aceleración y se grafica la velocidad del vehículo respecto al tiempo [X,]:

```

% Aceleración del bus eléctrico en superficie plana
t=linspace(0,50,501); % de 0 a 50 s, en 0.1 s pasos
vel=zeros(1,501); % 501 lecturas de velocidad
dT=0.1; % 0.1 segundos, paso
for n= 1:500
% De acuerdo a las ecuaciones de aceleración
if vel(n)<14.7 % Torque constante hasta este punto
vel(n+1) = vel(n) + dT*(0.697 - (0.000179*(vel(n)^2)));
elseif vel(n)<25.2
vel(n+1)=vel(n)+dT*(1.291-(0.040*vel(n))-(0.000179*(vel(n)^2)));
elseif vel(n)>=25.2 %Limite de la velocidad para las ecuaciones mostradas
vel(n+1)=vel(n);
end;end;
vel=vel.*3.6; % Se multiplica la velocidad por 3.6 para convertir de m/s a kph
plot(t,vel);
xlabel('Tiempo/segundos');
ylabel('Velocidad/km/hora')
title('Opcion 1: Un motor Remy HVM 410-150-DOM');

```



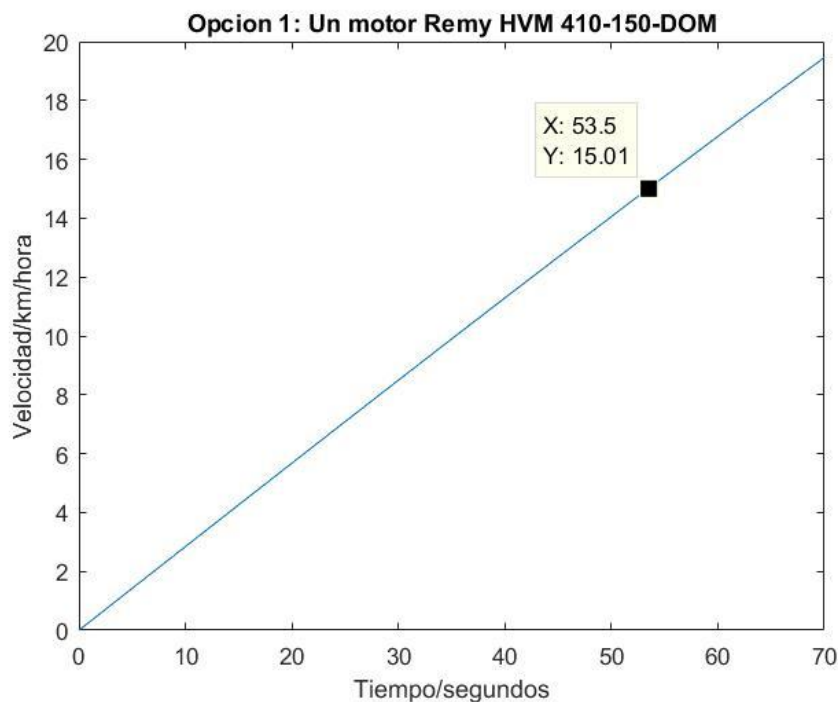
**Aceleración del bus en superficie plana, opción 1
[Elaboración propia utilizando MATLAB]**

- De la misma manera, para una pendiente de 6.5% (3.71°) se tendrá lo siguiente:

$$a = \frac{dv}{dt} = \left[\frac{1700 * 5.8 * 0.95}{0.465 * 25129} - \frac{24450 * 9.81 * (0.011 + \sin(3.71^\circ))}{25129} \right] - \left[\frac{0.75 * 10 * \frac{1}{2} * 1.199}{25129} \right] * v^2$$

$$\frac{dv}{dt} = 0.079 - 0.000179 * v^2$$

```
% Aceleración del bus eléctrico en pendiente 6.5%
t=linspace(0,70,701); % de 0 a 70 s, en 0.1 s pasos
vel=zeros(1,701); % 701 lecturas de velocidad
dT=0.1; % 0.1 segundos, paso
for n= 1:700
% De acuerdo a las ecuaciones de aceleración
if vel(n)<14.7 % Torque constante hasta este punto
vel(n+1) = vel(n) + dT*(0.079- (0.000179*(vel(n)^2)));
end;end;
vel=vel.*3.6; % Se multiplica la velocidad por 3.6 para convertir de m/s a kph
plot(t,vel);
xlabel('Tiempo/segundos');
ylabel('Velocidad/km/hora')
title('Opcion 1: Un motor Remy HVM 410-150-DOM');
```



Aceleración del vehículo en pendiente 6.5%, opción 1
[Elaboración propia utilizando MATLAB]

- Finalmente, para ascender una pendiente de 16%, el valor de la aceleración debe ser positivo y por lo tanto, se determina este valor utilizando nuevamente las ecuaciones 3.2 y 3.8:

$$F_t = [f_r * m_v * g * \cos(\theta)] + \left[c_w * A * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \right] + [m_v * g * \sin(\theta)] + [m_{eq} * a] \quad (3.2)$$

$$F_t = \frac{T_m * i_a * n_t}{r_{dyn}} \quad (3.8)$$

$$a = \frac{\left[\frac{T_m * i_a * n_t}{r_{dyn}} \right] - \left[[f_r * m_v * g * \cos(\theta)] + \left[c_w * A * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \right] + [m_v * g * \sin(\theta)] \right]}{m_{eq}}$$

$$a = \frac{\left[\frac{1700 * 5.8 * 0.95}{0.465} \right] - \left[[0.011 * 24450 * 9.81] + [24450 * 9.81 * \sin(9^\circ)] \right]}{25129}$$

$$a = -0.80 \frac{m}{s^2}$$

4.2 Opción 2: Un motor Parker GVM210-400-DPW

- Se determina la relación de transmisión utilizando la ecuación 3.14:

$$i_a = \frac{W_{maxef} * r_{dyn}}{v_{max}} \quad (3.7)$$

$$i_a = \frac{4500 \text{ rpm} * 0.465 \text{ m}}{60 \text{ km/hora}} = 13.1$$

- Con el valor de la relación de transmisión y utilizando las ecuaciones 3.9, 3.10 y 3.11 se halla la masa equivalente del vehículo:

$$\varphi_{rueda} = 0.5 * m_{rueda} * r_{dyn}^2 \quad (3.10)$$

$$\varphi_{rueda} = 0.5 * 43 \text{ kg} * (0.465 \text{ m})^2 = 4.65 \text{ kg} - m^2$$

$$\varphi_{red} = 10 * \varphi_{rueda} + \varphi_{ejes} + i_a^2 * (N * \varphi_{mot} + \varphi_t) \quad (3.11)$$

$$\varphi_{red} = 10 * 4.65 \text{ kg} - m^2 + 63.6 \text{ kg} - m^2 + 13.1^2 * (1 * 0.07 \text{ kg} - m^2) = 122.11 \text{ kg} - m^2$$

$$m_{eq} = m_v + \frac{\varphi_{red}}{r_{dyn}^2} \quad (3.9)$$

$$m_{eq} = 24450 \text{ kg} + \frac{122.11 \text{ kg} - m^2}{(0.465 \text{ m})^2} = 25015 \text{ kg}$$

- Despejando la aceleración en la ecuación 3.2 y reemplazando el valor de la fuerza de tracción efectiva por la ecuación 3.8 se obtiene:

$$F_t = [f_r * m_v * g * \cos(\theta)] + \left[c_w * A * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \right] + [m_v * g * \sin(\theta)] + [m_{eq} * a] \quad (3.2)$$

$$F_t = \frac{T_m * i_a * n_t}{r_{dyn}} \quad (3.8)$$

$$a = \frac{\left[\frac{T_m * i_a * n_t}{r_{dyn}} \right] - \left[[f_r * m_v * g * \cos(\theta)] + \left[c_w * A * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \right] + [m_v * g * \sin(\theta)] \right]}{m_{eq}}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \left[\frac{T_m * i_a * n_t}{r_{dyn} * m_{eq}} - \frac{m_v * g * (f_r + \sin(\theta))}{m_{eq}} \right] - \left[\frac{c_w * A * \frac{1}{2} * \rho}{m_{eq}} \right] * v^2$$

- De la tabla 3.7 se obtiene el torque máximo del motor en función de su velocidad de rotación, la velocidad de rotación del motor se relaciona con la velocidad del vehículo utilizando la ecuación 3.6:

$$v = \frac{w * r_{dyn}}{i_a} \quad (3.6)$$

$$w_c = 5310 \text{ rpm (556.06 rad/s)}$$

Para $w_c > w$,

$$T_m = 710 \text{ [N.m]}$$

- Reemplazando estos valores en la ecuación de la aceleración previamente hallada y para una pendiente plana, se obtiene :

Para $556.06 \text{ rad/s} > w$; $19.7 \text{ m/s} > v$

$$a = \frac{dv}{dt} = \left[\frac{710 * 13.1 * 0.95}{0.465 * 25015} - \frac{24450 * 9.81 * (0.011 + 0)}{25015} \right] - \left[\frac{0.75 * 10 * \frac{1}{2} * 1.199}{25015} \right] * v^2$$

$$\frac{dv}{dt} = 0.654 - 0.000180 * v^2$$

$$\frac{v_{n+1} - v_n}{dt} = 0.654 - 0.000180 * v^2$$

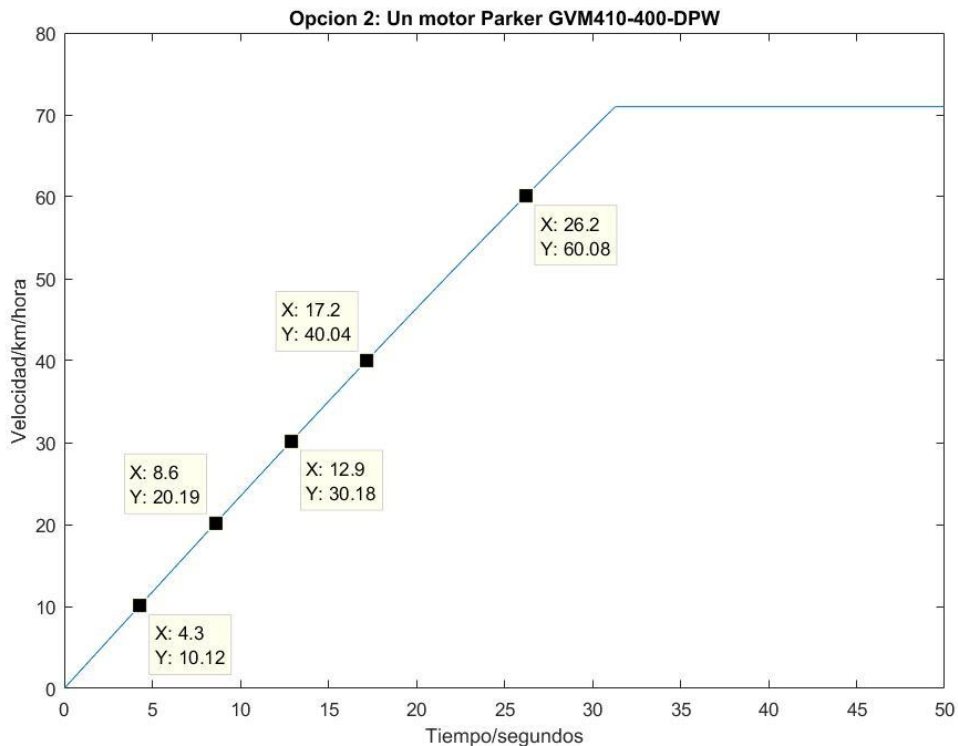
$$v_{n+1} = v_n + dt * (0.654 - 0.000180 * v^2)$$

- Se utiliza MATLAB para desarrollar las ecuaciones de aceleración y se grafica la velocidad del vehículo respecto al tiempo [X,]:

```

% Aceleración del bus eléctrico en superficie plana
t=linspace(0,50,501); % de 0 a 50 s, en 0.1 s pasos
vel=zeros(1,501); % 501 lecturas de velocidad
dT=0.1; % 0.1 segundos, paso
for n= 1:500
% De acuerdo a las ecuaciones de aceleración
if vel(n)<19.7 % Torque constante hasta este punto
vel(n+1) = vel(n) + dT*(0.654 - (0.000180*(vel(n)^2)));
elseif vel(n)>=19.7 %Limite de la velocidad para las ecuaciones mostradas
vel(n+1)=vel(n);
end;end;
vel=vel.*3.6; % Se multiplica la velocidad por 3.6 para convertir de m/s a kph
plot(t,vel);
xlabel('Tiempo/segundos');
ylabel('Velocidad/km/hora')
title('Opcion 2: Un motor Parker GVM410-400-DPW');

```



**Aceleración del bus en superficie plana, opción 2
[Elaboración propia utilizando MATLAB]**

- De la misma manera, para una pendiente de 6.5% (3.71°) se tendrá lo siguiente:

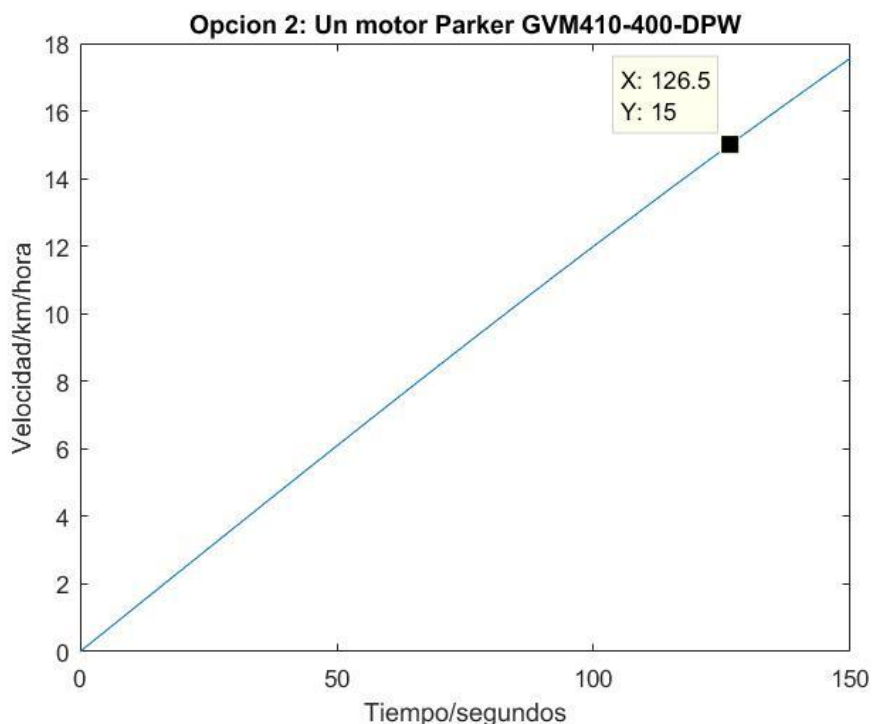
$$a = \frac{dv}{dt} = \left[\frac{710 * 13.1 * 0.95}{0.465 * 25015} - \frac{24450 * 9.81 * (0.011 + \sin(3.71^\circ))}{25015} \right] - \left[\frac{0.75 * 10 * \frac{1}{2} * 1.199}{25015} \right] * v^2$$

$$\frac{dv}{dt} = 0.034 - 0.000180 * v^2$$

```

% Aceleración del bus eléctrico en pendiente 6.5%
t=linspace(0,150,1501); % de 0 a 150 s, en 0.1 s pasos
vel=zeros(1,1501); % 1501 lecturas de velocidad
dT=0.1; % 0.1 segundos, paso
for n= 1:1500
% De acuerdo a las ecuaciones de aceleración
if vel(n)<14.7 % Torque constante hasta este punto
vel(n+1) = vel(n) + dT*(0.034- (0.000180*(vel(n)^2)));
end;end;
vel=vel.*3.6; % Se multiplica la velocidad por 3.6 para convertir de m/s a kph
plot(t,vel);
xlabel('Tiempo/segundos');
ylabel('Velocidad/km/hora');
title('Opcion 2: Un motor Parker GVM410-400-DPW');

```



**Aceleración del vehículo en pendiente 6.5%, opción 2
[Elaboración propia utilizando MATLAB]**

- Finalmente, para ascender una pendiente de 16%, el valor de la aceleración debe ser positivo y por lo tanto, se determina este valor utilizando nuevamente las ecuaciones 3.2 y 3.8:

$$F_t = [f_r * m_v * g * \cos(\theta)] + \left[c_w * A * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \right] + [m_v * g * \sin(\theta)] + [m_{eq} * a] \quad (3.2)$$

$$F_t = \frac{T_m * i_a * n_t}{r_{dyn}} \quad (3.8)$$

$$a = \frac{\left[\frac{T_m * i_a * n_t}{r_{dyn}} \right] - \left[[f_r * m_v * g * \cos(\theta)] + \left[c_w * A * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \right] + [m_v * g * \sin(\theta)] \right]}{m_{eq}}$$

$$a = \frac{\left[\frac{710 * 13.1 * 0.95}{0.465} \right] - \left[[0.011 * 24450 * 9.81] + [24450 * 9.81 * \sin(9^\circ)] \right]}{25015}$$

$$a = -0.85 \frac{m}{s^2}$$

4.3 Opción 3: Dos motores Powerphase HD 950T

- Se determina la relación de transmisión utilizando la ecuación 3.14:

$$i_a = \frac{W_{maxef} * r_{dyn}}{V_{max}} \quad (3.7)$$

$$i_a = \frac{2750 \text{ rpm} * 0.465 \text{ m}}{60 \text{ km/hora}} = 8$$

- Con el valor de la relación de transmisión y utilizando las ecuaciones 3.9, 3.10 y 3.11 se halla la masa equivalente del vehículo:

$$\varphi_{rueda} = 0.5 * m_{rueda} * r_{dyn}^2 \quad (3.10)$$

$$\varphi_{rueda} = 0.5 * 43 \text{ kg} * (0.465 \text{ m})^2 = 4.65 \text{ kg} - m^2$$

$$\varphi_{red} = 10 * \varphi_{rueda} + \varphi_{ejes} + i_a^2 * (N * \varphi_{mot} + \varphi_t) \quad (3.11)$$

$$\varphi_{red} = 10 * 4.65 \text{ kg} - m^2 + 63.6 \text{ kg} - m^2 + 8^2 * (2 * 0.62 \text{ kg} - m^2) = 189.46 \text{ kg} - m^2$$

$$m_{eq} = m_v + \frac{\varphi_{red}}{r_{dyn}^2} \quad (3.9)$$

$$m_{eq} = 24450 \text{ kg} + \frac{189.46 \text{ kg} - m^2}{(0.465 \text{ m})^2} = 25326 \text{ kg}$$

- Despejando la aceleración en la ecuación 3.2 y reemplazando el valor de la fuerza de tracción efectiva por la ecuación 3.8 se obtiene:

$$F_t = [f_r * m_v * g * \cos(\theta)] + \left[c_w * A * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \right] + [m_v * g * \sin(\theta)] + [m_{eq} * a] \quad (3.2)$$

$$F_t = \frac{T_m * i_a * n_t}{r_{dyn}} \quad (3.8)$$

$$a = \frac{\left[\frac{T_m * i_a * n_t}{r_{dyn}} \right] - \left[[f_r * m_v * g * \cos(\theta)] + \left[c_w * A * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \right] + [m_v * g * \sin(\theta)] \right]}{m_{eq}}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \left[\frac{T_m * i_a * n_t}{r_{dyn} * m_{eq}} - \frac{m_v * g * (f_r + \sin(\theta))}{m_{eq}} \right] - \left[\frac{c_w * A * \frac{1}{2} * \rho}{m_{eq}} \right] * v^2$$

- De la tabla 3.7 se obtiene el torque máximo del motor en función de su velocidad de rotación, la velocidad de rotación del motor se relaciona con la velocidad del vehículo utilizando la ecuación 3.6:

$$v = \frac{w * r_{dyn}}{i_a} \quad (3.6)$$

$$w_c = 1000 \text{ rpm (104.72 rad/s)}$$

Para $w_c > w$,

$$T_m = 2 * 950 = 1900 \text{ [N.m]}$$

Para $w_c < w < 3000 \text{ rpm (3000 rpm = 314.16 rad/s)}$

$$T_m = 2 * (950 - 2.387 * (w - 104.72)) \text{ [N.m]}$$

$$T_m = 1900 - 4.774 * \left(\frac{v * i_a}{r_{dyn}} - 104.72 \right)$$

- Reemplazando estos valores en la ecuación de la aceleración previamente hallada y para una pendiente plana, se obtiene :

Para $104.72 \text{ rad/s} > w$; $6.1 \text{ m/s} > v$

$$a = \frac{dv}{dt} = \left[\frac{1900 * 8 * 0.95}{0.465 * 25326} - \frac{24450 * 9.81 * (0.011 + 0)}{25326} \right] - \left[\frac{0.75 * 10 * \frac{1}{2} * 1.199}{25326} \right] * v^2$$

$$\frac{dv}{dt} = 1.122 - 0.000178 * v^2$$

$$\frac{v_{n+1} - v_n}{dt} = 1.122 - 0.000178 * v^2$$

$$v_{n+1} = v_n + dt * (1.122 - 0.000178 * v^2)$$

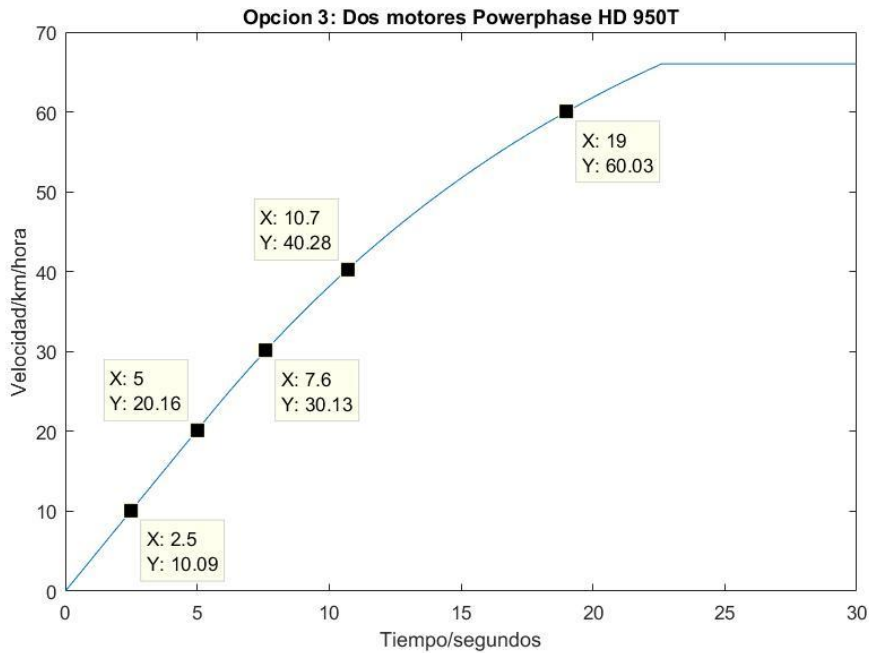
Para $104.72 \text{ rad/s} < \omega < 314.16 \text{ rad/s}$, $6.1 \text{ m/s} < v < 18.3 \text{ m/s}$

$$a = \frac{dv}{dt} = \left[\frac{(1900 + 4.774 * 104.72) * 8 * 0.95}{0.465 * 25326} - \frac{24450 * 9.81 * (0.011 + 0)}{25326} \right] - \left[\frac{4.774 * 8^2 * 0.95}{0.465^2 * 25326} \right] * v - \left[\frac{0.75 * 10 * \frac{1}{2} * 1.199}{25326} \right] * v^2$$

$$v_{n+1} = v_n + dt * (1.445 - 0.053 * v - 0.000178 * v^2)$$

- Se utiliza MATLAB para desarrollar las ecuaciones de aceleración y se grafica la velocidad del vehículo respecto al tiempo [X,]:

```
% Aceleración del bus eléctrico en superficie plana
t=linspace(0,30,301); % de 0 a 30 s, en 0.1 s pasos
vel=zeros(1,301); % 301 lecturas de velocidad
dT=0.1; % 0.1 segundos, paso
for n= 1:300
% De acuerdo a las ecuaciones de aceleración
if vel(n)<6.1 % Torque constante hasta este punto
vel(n+1) = vel(n) + dT*(1.122 - (0.000178*(vel(n)^2)));
elseif vel(n)<18.3
vel(n+1)=vel(n)+dT*(1.445-(0.053*vel(n))-(0.000178*(vel(n)^2)));
elseif vel(n)>=18.3 %Limite de la velocidad para las ecuaciones mostradas
vel(n+1)=vel(n);
end;end;
vel=vel.*3.6; % Se multiplica la velocidad por 3.6 para convertir de m/s a kph
plot(t,vel);
xlabel('Tiempo/segundos');
ylabel('Velocidad/km/hora')
title('Opcion 3: Dos motores Powerphase HD 950T');
```



**Aceleración del bus en superficie plana, opción 1
[Elaboración propia utilizando MATLAB]**

- De la misma manera, para una pendiente de 6.5% (3.71°) se tendrá lo siguiente:

$$a = \frac{dv}{dt} = \left[\frac{1900 * 8 * 0.95}{0.465 * 25326} - \frac{24450 * 9.81 * (0.011 + \sin(3.71^\circ))}{25326} \right] - \left[\frac{0.75 * 10 * \frac{1}{2} * 1.199}{25326} \right] * v^2$$

$$\frac{dv}{dt} = 0.509 - 0.000178 * v^2$$

% Aceleración del bus eléctrico en pendiente 6.5%

t=linspace(0,10,101); % de 0 a 10 s, en 0.1 s pasos

vel=zeros(1,101); % 101 lecturas de velocidad

dT=0.1; % 0.1 segundos, paso

for n= 1:100

% De acuerdo a las ecuaciones de aceleración

if vel(n)<6.1 % Torque constante hasta este punto

vel(n+1) = vel(n) + dT*(0.509- (0.000178*(vel(n)^2)));

end;end;

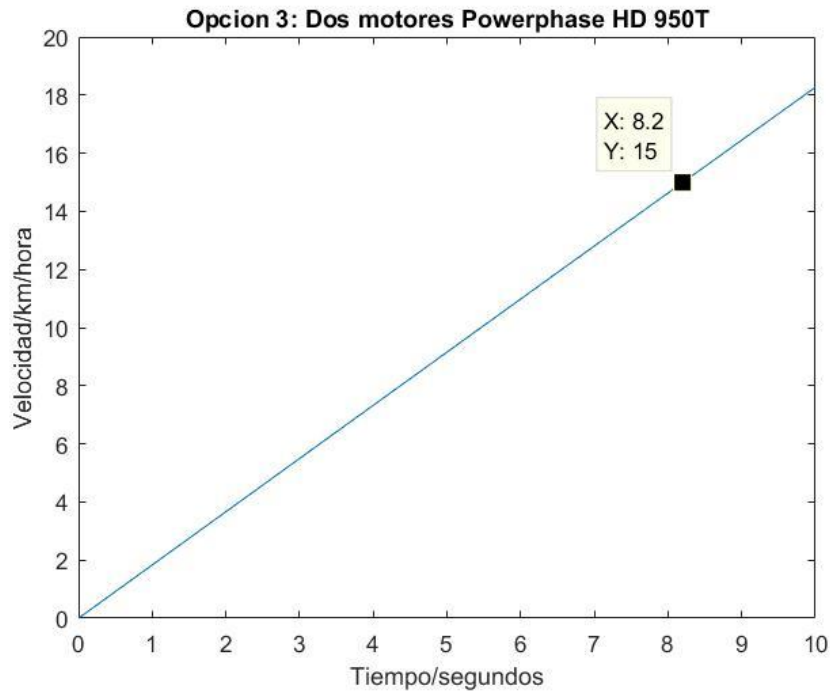
vel=vel.*3.6; % Se multiplica la velocidad por 3.6 para convertir de m/s a kph

plot(t,vel);

xlabel('Tiempo/segundos');

ylabel('Velocidad/km/hora')

title('Opcion 3: Dos motores Powerphase HD 950T');



**Aceleración del vehículo en pendiente 6.5%, opción 3
[Elaboración propia utilizando MATLAB]**

- Finalmente, para ascender una pendiente de 16%, el valor de la aceleración debe ser positivo y por lo tanto, se determina este valor utilizando nuevamente las ecuaciones 3.2 y 3.8:

$$F_t = [f_r * m_v * g * \cos(\theta)] + \left[c_w * A * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \right] + [m_v * g * \sin(\theta)] + [m_{eq} * a] \quad (3.2)$$

$$F_t = \frac{T_m * i_a * n_t}{r_{dyn}} \quad (3.8)$$

$$a = \frac{\left[\frac{T_m * i_a * n_t}{r_{dyn}} \right] - \left[[f_r * m_v * g * \cos(\theta)] + \left[c_w * A * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \right] + [m_v * g * \sin(\theta)] \right]}{m_{eq}}$$

$$a = \frac{\left[\frac{1900 * 8 * 0.95}{0.465} \right] - \left[[0.011 * 24450 * 9.81] + [24450 * 9.81 * \sin(9^\circ)] \right]}{25326}$$

$$a = -0.36 \frac{m}{s^2}$$

ANEXO 5: Energía requerida durante la aceleración de vehículo, dirección de sur a norte

Energía para la propulsión del vehículo - dirección de sur a norte						
Ruta	Paradero de inicio	Paradero de llegada	Distancia (m)	Pendiente	Energía durante la aceleración en kW-h	Distancia recorrida durante la aceleración en m
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Sur						
1	Matellini	Rosario de Villa	665	0.6%	1.24	138
2	Plaza Lima Sur	Terán	679	0.6%	1.24	138
3	Terán	Escuela Militar	853	0.8%	1.26	141
4	Escuela Militar	Estadio Unión	920	1.1%	1.30	145
5	Estadio Unión	Bulevar	547	0.7%	1.26	140
6	Bulevar	Balta	773	1.0%	1.29	144
7	Balta	Plaza de Flores	852	0.6%	1.24	138
8	Plaza de Flores	28 de Julio	772	0.4%	1.22	136
9	28 de Julio	Benavides	493	0.6%	1.24	138
10	Benavides	Ricardo Palma	707	0.8%	1.26	141
11	Ricardo Palma	Angamos	640	0.8%	1.26	141
12	Angamos	Domingo Orué	574	1.4%	1.34	150
13	Domingo Orué	Aranburú	653	0.8%	1.26	141
14	Aranburú	Canaval y Moreyra	693	1.6%	1.37	153
15	Canaval y Moreyra	Javier Prado	681	1.9%	1.42	159
16	Javier Prado	Canadá	826	-0.6%	1.11	124
17	Canadá	México	693	0.3%	1.20	134
18	México	Estadio Nacional	906	0.6%	1.24	138
19	Estadio Nacional	Estación Central	1190	0.5%	1.23	137
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta A						
20	Estación Central	Colmena	543	2.4%	1.50	168
21	Colmena	Jirón de la unión	685	0.4%	1.22	136
22	Jirón de la unión	Tacna	397	-2.0%	1.00	112
23	Tacna	Ramón y Castilla	518	-2.1%	0.99	111
24	Ramón y Castilla	Caquetá	915	-1.3%	1.05	117
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta B						
25	Estación Central	España	724	-0.8%	1.10	122
26	España	Quilca	598	0.3%	1.20	134
27	Quilca	2 de Mayo	607	-0.3%	1.14	127
28	2 de Mayo	Caquetá	1043	-0.9%	1.09	121
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Norte						
29	Caquetá	Parque del trabajo	840	-0.5%	1.12	125
30	Parque del trabajo	UNI	772	-0.9%	1.09	121
31	UNI	Honorio Delgado	858	-1.3%	1.05	117
32	Honorio Delgado	El Milagro	617	-1.5%	1.03	115
33	El Milagro	Tomás Valle	597	-1.8%	1.01	112
34	Tomás Valle	Los Jazmines	525	-0.8%	1.10	123
35	Los Jazmines	Independencia	400	-1.8%	1.01	112
36	Independencia	Pacífico	498	0.0%	1.18	132
37	Pacífico	Izaguirre	525	-1.0%	1.08	120
38	Izaguirre	Naranjal	768	0.1%	1.18	132

ANEXO 5: Energía requerida durante la aceleración de vehículo, dirección de norte a sur

Energía para la propulsión del vehículo - dirección de norte a sur						
Ruta	Paradero de inicio	Paradero de llegada	Distancia (m)	Pendiente	Energía durante la aceleración en kW-h	Distancia recorrida durante la aceleración en m
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Sur						
1	Matellini	Rosario de Villa	665	-0.6%	1.11	124
2	Plaza Lima Sur	Terán	679	-0.6%	1.11	124
3	Terán	Escuela Militar	853	-0.8%	1.10	122
4	Escuela Militar	Estadio Unión	920	-1.1%	1.07	119
5	Estadio Unión	Bulevar	547	-0.7%	1.11	123
6	Bulevar	Balta	773	-1.0%	1.08	120
7	Balta	Plaza de Flores	852	-0.6%	1.11	124
8	Plaza de Flores	28 de Julio	772	-0.4%	1.13	126
9	28 de Julio	Benavides	493	-0.6%	1.11	124
10	Benavides	Ricardo Palma	707	-0.8%	1.10	122
11	Ricardo Palma	Angamos	640	-0.8%	1.10	122
12	Angamos	Domingo Orué	574	-1.4%	1.05	116
13	Domingo Orué	Aranburú	653	-0.8%	1.10	122
14	Aranburú	Canaval y Moreyra	693	-1.6%	1.03	114
15	Canaval y Moreyra	Javier Prado	681	-1.9%	1.00	111
16	Javier Prado	Canadá	826	0.6%	1.24	138
17	Canadá	México	693	-0.3%	1.14	127
18	México	Estadio Nacional	906	-0.6%	1.11	124
19	Estadio Nacional	Estación Central	1190	-0.5%	1.12	125
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta A						
20	Estación Central	Colmena	543	-2.4%	0.97	107
21	Colmena	Jirón de la unión	685	-0.4%	1.13	126
22	Jirón de la unión	Tacna	397	2.0%	1.42	159
23	Tacna	Ramón y Castilla	518	2.1%	1.44	161
24	Ramón y Castilla	Caquetá	915	1.3%	1.32	148
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta B						
25	Estación Central	España	724	0.8%	1.26	141
26	España	Quilca	598	-0.3%	1.14	127
27	Quilca	2 de Mayo	607	0.3%	1.20	134
28	2 de Mayo	Caquetá	1043	0.9%	1.27	142
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Norte						
29	Caquetá	Parque del trabajo	840	0.5%	1.23	137
30	Parque del trabajo	UNI	772	0.9%	1.27	142
31	UNI	Honorio Delgado	858	1.3%	1.32	148
32	Honorio Delgado	El Milagro	617	1.5%	1.35	151
33	El Milagro	Tomás Valle	597	1.8%	1.40	156
34	Tomás Valle	Los Jazmines	525	0.8%	1.26	141
35	Los Jazmines	Independencia	400	1.8%	1.40	156
36	Independencia	Pacífico	498	0.0%	1.18	131
37	Pacífico	Izaguirre	525	1.0%	1.29	144
38	Izaguirre	Naranjal	768	-0.1%	1.17	130

ANEXO 6: Energía de propulsión en cada tramo del recorrido, dirección sur a norte

Energía para la propulsión del vehículo - dirección de sur a norte												
Ruta	Paradero de inicio	Paradero de llegada	Distancia (m)	Pendiente	Energía durante la aceleración en kW-h	Distancia recorrida durante la aceleración en m	Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h	Distancia recorrida durante el frenado en m	Potencia requerida a velocidad máxima (a=0) en kW	Energía requerida a velocidad máxima (a=0) en kW-h	Distancia requerida a velocidad máxima en m	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Sur												
1	Matellini	Rosario de Villa	665	0.6%	1.24	138	0.32	100	94	0.67	427	1.91
2	Plaza Lima Sur	Terán	679	0.6%	1.24	138	0.32	100	93	0.68	441	1.92
3	Terán	Escuela Militar	853	0.8%	1.26	141	0.32	100	103	1.05	612	2.31
4	Escuela Militar	Estadio Unión	920	1.1%	1.30	145	0.32	100	114	1.28	675	2.58
5	Estadio Unión	Bulevar	547	0.7%	1.26	140	0.32	100	99	0.51	307	1.77
6	Bulevar	Balta	773	1.0%	1.29	144	0.32	100	112	0.99	529	2.28
7	Balta	Plaza de Flores	852	0.6%	1.24	138	0.32	100	93	0.95	614	2.19
8	Plaza de Flores	28 de Julio	772	0.4%	1.22	136	0.32	100	85	0.76	536	1.98
9	28 de Julio	Benavides	493	0.6%	1.24	138	0.32	100	94	0.40	255	1.64
10	Benavides	Ricardo Palma	707	0.8%	1.26	141	0.32	100	104	0.81	466	2.07
11	Ricardo Palma	Angamos	640	0.8%	1.26	141	0.32	100	101	0.67	399	1.93
12	Angamos	Domingo Orué	574	1.4%	1.34	150	0.32	100	127	0.68	324	2.02
13	Domingo Orué	Aranburú	653	0.8%	1.26	141	0.32	100	100	0.69	412	1.95
14	Aranburú	Canaval y Moreyra	693	1.6%	1.37	153	0.32	100	135	0.99	440	2.36
15	Canaval y Moreyra	Javier Prado	681	1.9%	1.42	159	0.32	100	149	1.04	422	2.46
16	Javier Prado	Canadá	826	-0.6%	1.11	124	0.32	100	43	0.43	602	1.54
17	Canadá	México	693	0.3%	1.20	134	0.32	100	80	0.61	459	1.81
18	México	Estadio Nacional	906	0.6%	1.24	138	0.32	100	91	1.02	668	2.26
19	Estadio Nacional	Estación Central	1190	0.5%	1.23	137	0.32	100	89	1.42	953	2.65
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta A												
20	Estación Central	Colmena	543	2.4%	1.50	168	0.32	100	169	0.77	275	2.27
21	Colmena	Jirón de la unión	685	0.4%	1.22	136	0.32	100	87	0.65	449	1.87
22	Jirón de la unión	Tacna	397	-2.0%	1.00	112	0.32	100	0	0.00	185	1.00
23	Tacna	Ramón y Castilla	518	-2.1%	0.99	111	0.32	100	0	0.00	307	0.99
24	Ramón y Castilla	Caquetá	915	-1.3%	1.05	117	0.32	100	13	0.15	698	1.20
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta B												
25	Estación Central	España	724	-0.8%	1.10	122	0.32	100	33	0.28	502	1.38
26	España	Quilca	598	0.3%	1.20	134	0.32	100	82	0.50	364	1.70
27	Quilca	2 de Mayo	607	-0.3%	1.14	127	0.32	100	54	0.34	380	1.48
28	2 de Mayo	Caquetá	1043	-0.9%	1.09	121	0.32	100	32	0.44	822	1.53
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Norte												
29	Caquetá	Parque del trabajo	840	-0.5%	1.12	125	0.32	100	48	0.49	615	1.61
30	Parque del trabajo	UNI	772	-0.9%	1.09	121	0.32	100	30	0.28	551	1.37
31	UNI	Honorio Delgado	858	-1.3%	1.05	117	0.32	100	14	0.15	641	1.20
32	Honorio Delgado	El Milagro	617	-1.5%	1.03	115	0.32	100	7	0.05	402	1.08
33	El Milagro	Tomás Valle	597	-1.8%	1.01	112	0.32	100	0	0.00	385	1.01
34	Tomás Valle	Los Jazmines	525	-0.8%	1.10	123	0.32	100	36	0.18	302	1.28
35	Los Jazmines	Independencia	400	-1.8%	1.01	112	0.32	100	0	0.00	188	1.01
36	Independencia	Pacífico	498	0.0%	1.18	132	0.32	100	68	0.30	266	1.48
37	Pacífico	Izaguirre	525	-1.0%	1.08	120	0.32	100	28	0.14	305	1.22
38	Izaguirre	Naranjal	768	0.1%	1.18	132	0.32	100	74	0.66	536	1.84

ANEXO 6: Energía de propulsión en cada tramo del recorrido, dirección norte a sur

Energía para la propulsión del vehículo - dirección de norte a sur												
Ruta	Paradero de inicio	Paradero de llegada	Distancia (m)	Pendiente	Energía durante la aceleración en kW-h	Distancia recorrida durante la aceleración en m	Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h	Distancia recorrida durante el frenado en m	Potencia requerida a velocidad máxima (a=0) en kW	Energía requerida a velocidad máxima (a=0) en kW-h	Distancia requerida a velocidad máxima en m	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Sur												
1	Matellini	Rosario de Villa	665	-0.6%	1.11	124	0.32	100	43	0.32	441	1.43
2	Plaza Lima Sur	Terán	679	-0.6%	1.11	124	0.32	100	43	0.33	455	1.44
3	Terán	Escuela Militar	853	-0.8%	1.10	122	0.32	100	34	0.35	631	1.45
4	Escuela Militar	Estadio Unión	920	-1.1%	1.07	119	0.32	100	22	0.26	701	1.33
5	Estadio Unión	Bulevar	547	-0.7%	1.11	123	0.32	100	37	0.20	324	1.31
6	Bulevar	Balta	773	-1.0%	1.08	120	0.32	100	25	0.23	553	1.31
7	Balta	Plaza de Flores	852	-0.6%	1.11	124	0.32	100	44	0.46	628	1.57
8	Plaza de Flores	28 de Julio	772	-0.4%	1.13	126	0.32	100	52	0.47	546	1.60
9	28 de Julio	Benavides	493	-0.6%	1.11	124	0.32	100	43	0.19	269	1.30
10	Benavides	Ricardo Palma	707	-0.8%	1.10	122	0.32	100	32	0.26	485	1.36
11	Ricardo Palma	Angamos	640	-0.8%	1.10	122	0.32	100	35	0.25	418	1.35
12	Angamos	Domingo Orué	574	-1.4%	1.05	116	0.32	100	10	0.06	358	1.11
13	Domingo Orué	Aranburú	653	-0.8%	1.10	122	0.32	100	36	0.26	431	1.36
14	Aranburú	Canaval y Moreyra	693	-1.6%	1.03	114	0.32	100	1	0.01	479	1.04
15	Canaval y Moreyra	Javier Prado	681	-1.9%	1.00	111	0.32	100	0	0.00	470	1.00
16	Javier Prado	Canadá	826	0.6%	1.24	138	0.32	100	94	0.92	588	2.16
17	Canadá	México	693	-0.3%	1.14	127	0.32	100	56	0.44	466	1.58
18	México	Estadio Nacional	906	-0.6%	1.11	124	0.32	100	45	0.51	682	1.62
19	Estadio Nacional	Estación Central	1190	-0.5%	1.12	125	0.32	100	47	0.76	965	1.88
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta A												
20	Estación Central	Colmena	543	-2.4%	0.97	107	0.32	100	0	0.00	336	0.97
21	Colmena	Jirón de la unión	685	-0.4%	1.13	126	0.32	100	50	0.38	459	1.51
22	Jirón de la unión	Tacna	397	2.0%	1.42	159	0.32	100	153	0.35	138	1.77
23	Tacna	Ramón y Castilla	518	2.1%	1.44	161	0.32	100	158	0.67	257	2.11
24	Ramón y Castilla	Caquetá	915	1.3%	1.32	148	0.32	100	123	1.37	667	2.69
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta B												
25	Estación Central	España	724	0.8%	1.26	141	0.32	100	103	0.83	483	2.09
26	España	Quilca	598	-0.3%	1.14	127	0.32	100	54	0.33	371	1.47
27	Quilca	2 de Mayo	607	0.3%	1.20	134	0.32	100	82	0.51	373	1.71
28	2 de Mayo	Caquetá	1043	0.9%	1.27	142	0.32	100	105	1.40	801	2.67
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Norte												
29	Caquetá	Parque del trabajo	840	0.5%	1.23	137	0.32	100	88	0.89	603	2.12
30	Parque del trabajo	UNI	772	0.9%	1.27	142	0.32	100	106	0.94	530	2.21
31	UNI	Honorio Delgado	858	1.3%	1.32	148	0.32	100	122	1.24	610	2.56
32	Honorio Delgado	El Milagro	617	1.5%	1.35	151	0.32	100	130	0.79	366	2.14
33	El Milagro	Tomás Valle	597	1.8%	1.40	156	0.32	100	146	0.83	341	2.23
34	Tomás Valle	Los Jazmines	525	0.8%	1.26	141	0.32	100	100	0.47	284	1.73
35	Los Jazmines	Independencia	400	1.8%	1.40	156	0.32	100	142	0.34	144	1.74
36	Independencia	Pacífico	498	0.0%	1.18	131	0.32	100	68	0.30	267	1.48
37	Pacífico	Izaguirre	525	1.0%	1.29	144	0.32	100	108	0.51	281	1.80
38	Izaguirre	Naranjal	768	-0.1%	1.17	130	0.32	100	63	0.56	538	1.73

ANEXO 7: Energía requerida durante todo un recorrido, servicio regular A

Energía para la propulsión del vehículo						
Ruta	Paradero de inicio	Paradero de llegada	DIRECCION: SUR - NORTE		DIRECCION : NORTE-SUR	
			Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h	Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Sur						
1	Matellini	Rosario de Villa	-	-	-	-
2	Plaza Lima Sur	Terán	-	-	-	-
3	Terán	Escuela Militar	-	-	-	-
4	Escuela Militar	Estadio Unión	-	-	-	-
5	Estadio Unión	Bulevar	-	-	-	-
6	Bulevar	Balta	-	-	-	-
7	Balta	Plaza de Flores	-	-	-	-
8	Plaza de Flores	28 de Julio	-	-	-	-
9	28 de Julio	Benavides	-	-	-	-
10	Benavides	Ricardo Palma	-	-	-	-
11	Ricardo Palma	Angamos	-	-	-	-
12	Angamos	Domingo Orué	-	-	-	-
13	Domingo Orué	Aranburú	-	-	-	-
14	Aranburú	Canaval y Moreyra	-	-	-	-
15	Canaval y Moreyra	Javier Prado	-	-	-	-
16	Javier Prado	Canadá	-	-	-	-
17	Canadá	México	-	-	-	-
18	México	Estadio Nacional	-	-	-	-
19	Estadio Nacional	Estación Central	-	-	-	-
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta A						
20	Estación Central	Colmena	0.32	2.27	0.32	0.97
21	Colmena	Jirón de la unión	0.32	1.87	0.32	1.51
22	Jirón de la unión	Tacna	0.32	1.00	0.32	1.77
23	Tacna	Ramón y Castilla	0.32	0.99	0.32	2.11
24	Ramón y Castilla	Caquetá	0.32	1.20	0.32	2.69
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta B						
25	Estación Central	España	-	-	-	-
26	España	Quilca	-	-	-	-
27	Quilca	2 de Mayo	-	-	-	-
28	2 de Mayo	Caquetá	-	-	-	-
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Norte						
29	Caquetá	Parque del trabajo	0.32	1.61	0.32	2.12
30	Parque del trabajo	UNI	0.32	1.37	0.32	2.21
31	UNI	Honorio Delgado	0.32	1.20	0.32	2.56
32	Honorio Delgado	El Milagro	0.32	1.08	0.32	2.14
33	El Milagro	Tomás Valle	0.32	1.01	0.32	2.23
34	Tomás Valle	Los Jazmines	0.32	1.28	0.32	1.73
35	Los Jazmines	Independencia	0.32	1.01	0.32	1.74
36	Independencia	Pacífico	0.32	1.48	0.32	1.48
37	Pacífico	Izaguirre	0.32	1.22	0.32	1.80
38	Izaguirre	Naranjal	0.32	1.84	0.32	1.73
Sumatorias			4.80	20.44	4.80	28.80

ANEXO 7: Energía requerida durante todo un recorrido, servicio regular B

Energía para la propulsión del vehículo						
Ruta	Paradero de inicio	Paradero de llegada	DIRECCION: SUR - NORTE		DIRECCION : NORTE-SUR	
			Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h	Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Sur						
1	Matellini	Rosario de Villa	0.32	1.91	0.32	1.43
2	Plaza Lima Sur	Terán	0.32	1.92	0.32	1.44
3	Terán	Escuela Militar	0.32	2.31	0.32	1.45
4	Escuela Militar	Estadio Unión	0.32	2.58	0.32	1.33
5	Estadio Unión	Bulevar	0.32	1.77	0.32	1.31
6	Bulevar	Balta	0.32	2.28	0.32	1.31
7	Balta	Plaza de Flores	0.32	2.19	0.32	1.57
8	Plaza de Flores	28 de Julio	0.32	1.98	0.32	1.60
9	28 de Julio	Benavides	0.32	1.64	0.32	1.30
10	Benavides	Ricardo Palma	0.32	2.07	0.32	1.36
11	Ricardo Palma	Angamos	0.32	1.93	0.32	1.35
12	Angamos	Domingo Orué	0.32	2.02	0.32	1.11
13	Domingo Orué	Aranburú	0.32	1.95	0.32	1.36
14	Aranburú	Canaval y Moreyra	0.32	2.36	0.32	1.04
15	Canaval y Moreyra	Javier Prado	0.32	2.46	0.32	1.00
16	Javier Prado	Canadá	0.32	1.54	0.32	2.16
17	Canadá	México	0.32	1.81	0.32	1.58
18	México	Estadio Nacional	0.32	2.26	0.32	1.62
19	Estadio Nacional	Estación Central	0.32	2.65	0.32	1.88
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta A						
20	Estación Central	Colmena	-	-	-	-
21	Colmena	Jirón de la unión	-	-	-	-
22	Jirón de la unión	Tacna	-	-	-	-
23	Tacna	Ramón y Castilla	-	-	-	-
24	Ramón y Castilla	Caquetá	-	-	-	-
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta B						
25	Estación Central	España	0.32	1.38	0.32	2.09
26	España	Quilca	0.32	1.70	0.32	1.47
27	Quilca	2 de Mayo	0.32	1.48	0.32	1.71
28	2 de Mayo	Caquetá	0.32	1.53	0.32	2.67
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Norte						
29	Caquetá	Parque del trabajo	0.32	1.61	0.32	2.12
30	Parque del trabajo	UNI	0.32	1.37	0.32	2.21
31	UNI	Honorio Delgado	0.32	1.20	0.32	2.56
32	Honorio Delgado	El Milagro	0.32	1.08	0.32	2.14
33	El Milagro	Tomás Valle	0.32	1.01	0.32	2.23
34	Tomás Valle	Los Jazmines	0.32	1.28	0.32	1.73
35	Los Jazmines	Independencia	0.32	1.01	0.32	1.74
36	Independencia	Pacífico	0.32	1.48	0.32	1.48
37	Pacífico	Izaguirre	0.32	1.22	0.32	1.80
38	Izaguirre	Naranjal	0.32	1.84	0.32	1.73
Sumatorias			10.56	58.82	10.56	54.87

ANEXO 7: Energía requerida durante todo un recorrido, servicio regular C

Energía para la propulsión del vehículo						
Ruta	Paradero de inicio	Paradero de llegada	DIRECCION: SUR - NORTE		DIRECCION : NORTE-SUR	
			Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h	Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Sur						
1	Matellini	Rosario de Villa	0.32	1.91	0.32	1.43
2	Plaza Lima Sur	Terán	0.32	1.92	0.32	1.44
3	Terán	Escuela Militar	0.32	2.31	0.32	1.45
4	Escuela Militar	Estadio Unión	0.32	2.58	0.32	1.33
5	Estadio Unión	Bulevar	0.32	1.77	0.32	1.31
6	Bulevar	Balta	0.32	2.28	0.32	1.31
7	Balta	Plaza de Flores	0.32	2.19	0.32	1.57
8	Plaza de Flores	28 de Julio	0.32	1.98	0.32	1.60
9	28 de Julio	Benavides	0.32	1.64	0.32	1.30
10	Benavides	Ricardo Palma	0.32	2.07	0.32	1.36
11	Ricardo Palma	Angamos	0.32	1.93	0.32	1.35
12	Angamos	Domingo Orué	0.32	2.02	0.32	1.11
13	Domingo Orué	Aranburú	0.32	1.95	0.32	1.36
14	Aranburú	Canaval y Moreyra	0.32	2.36	0.32	1.04
15	Canaval y Moreyra	Javier Prado	0.32	2.46	0.32	1.00
16	Javier Prado	Canadá	0.32	1.54	0.32	2.16
17	Canadá	México	0.32	1.81	0.32	1.58
18	México	Estadio Nacional	0.32	2.26	0.32	1.62
19	Estadio Nacional	Estación Central	0.32	2.65	0.32	1.88
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta A						
20	Estación Central	Colmena	0.32	2.27	0.32	0.97
21	Colmena	Jirón de la unión	0.32	1.87	0.32	1.51
22	Jirón de la unión	Tacna	0.32	1.00	0.32	1.77
23	Tacna	Ramón y Castilla	0.32	0.99	0.32	2.11
24	Ramón y Castilla	Caquetá	-	-	-	-
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta B						
25	Estación Central	España	-	-	-	-
26	España	Quilca	-	-	-	-
27	Quilca	2 de Mayo	-	-	-	-
28	2 de Mayo	Caquetá	-	-	-	-
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Norte						
29	Caquetá	Parque del trabajo	-	-	-	-
30	Parque del trabajo	UNI	-	-	-	-
31	UNI	Honorio Delgado	-	-	-	-
32	Honorio Delgado	El Milagro	-	-	-	-
33	El Milagro	Tomás Valle	-	-	-	-
34	Tomás Valle	Los Jazmines	-	-	-	-
35	Los Jazmines	Independencia	-	-	-	-
36	Independencia	Pacífico	-	-	-	-
37	Pacífico	Izaguirre	-	-	-	-
38	Izaguirre	Naranjal	-	-	-	-
Sumatorias			7.36	45.76	7.36	33.55

ANEXO 7: Energía requerida durante todo un recorrido, servicio expreso 1

Energía para la propulsión del vehículo											
Ruta	Paradero de inicio	Paradero de llegada	Distancia (m)	DIRECCION: SUR - NORTE				DIRECCION : NORTE-SUR			
				Energía durante la aceleración en kW-h	Energía requerida a velocidad máxima (a=0) en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h	Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h	Energía durante la aceleración en kW-h	Energía requerida a velocidad máxima (a=0) en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h	Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Sur											
1	Matellini	Rosario de Villa	665	1.24	0.67	1.91	0.32	1.11	0.32	1.43	0.32
2	Plaza Lima Sur	Terán	679	1.24	0.68	1.92	0.32	1.11	0.33	1.44	0.32
3	Terán	Escuela Militar	853	1.26	1.05	2.31	0.32	1.10	0.35	1.45	0.32
4	Escuela Militar	Estadio Unión	920	1.30	1.28	2.58	0.32	1.07	0.26	1.33	0.32
5	Estadio Unión	Bulevar	547	1.26	0.51	1.77	0.32	1.11	0.20	1.31	0.32
6	Bulevar	Balta	773	1.29	0.99	2.28	0.32	1.08	0.23	1.31	0.32
7	Balta	Plaza de Flores	852	1.24	1.11	2.35	-	-	0.55	0.55	0.32
8	Plaza de Flores	28 de Julio	772	-	0.95	0.95	0.32	1.13	0.56	1.69	-
9	28 de Julio	Benavides	493	1.24	0.56	1.80	-	-	0.28	0.28	0.32
10	Benavides	Ricardo Palma	707	-	1.22	1.22	-	-	0.38	0.38	-
11	Ricardo Palma	Angamos	640	-	0.91	0.91	0.32	1.10	0.30	1.40	-
12	Angamos	Domingo Orué	574	1.34	0.90	2.24	-	-	0.08	0.08	0.32
13	Domingo Orué	Aranburú	653	-	1.09	1.09	-	-	0.39	0.39	-
14	Aranburú	Canaval y Moreyra	693	-	1.33	1.33	0.32	1.03	0.01	1.04	-
15	Canaval y Moreyra	Javier Prado	681	1.42	1.04	2.46	0.32	1.00	0.00	1.00	0.32
16	Javier Prado	Canadá	826	1.11	0.50	1.61	-	-	1.13	1.13	0.32
17	Canadá	México	693	-	0.93	0.93	-	-	0.65	0.65	-
18	México	Estadio Nacional	906	-	1.23	1.23	0.32	1.11	0.59	1.70	-
19	Estadio Nacional	Estación Central	1190	1.23	1.42	2.65	0.32	1.12	0.76	1.88	0.32
Sumatorias				15.17	18.36	33.53	3.84	13.07	7.36	20.43	3.84

ANEXO 7: Energía requerida durante todo un recorrido, servicio expreso 2

Energía para la propulsión del vehículo												
Ruta	Paradero de inicio	Paradero de llegada	Distancia (m)	DIRECCION: SUR - NORTE				DIRECCION : NORTE-SUR				
				Energía durante la aceleración en kW-h	Energía requerida a velocidad máxima (a=0) en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h	Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h	Pendiente	Energía durante la aceleración en kW-h	Energía requerida a velocidad máxima (a=0) en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h	Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Sur												
8	Plaza de Flores	28 de Julio	772	1.22	0.90	2.12	-	-	-	-	-	-
9	28 de Julio	Benavides	493	-	0.61	0.61	0.32	-0.6%	-	0.28	0.28	0.32
10	Benavides	Ricardo Palma	707	1.26	0.98	2.24	-	-0.8%	1.10	0.32	1.42	-
11	Ricardo Palma	Angamos	640	-	0.91	0.91	0.32	-0.8%	-	0.32	0.32	0.32
12	Angamos	Domingo Orué	574	1.34	0.90	2.24	-	-1.4%	-	0.09	0.09	-
13	Domingo Orué	Aranburú	653	-	1.09	1.09	-	-0.8%	-	0.39	0.39	-
14	Aranburú	Canaval y Moreyra	693	-	1.33	1.33	0.32	-1.6%	-	0.02	0.02	-
15	Canaval y Moreyra	Javier Prado	681	1.42	1.04	2.46	0.32	-1.9%	1.00	0.00	1.00	-
16	Javier Prado	Canadá	826	1.11	0.50	1.61	-	0.6%	1.24	0.92	2.16	0.32
17	Canadá	México	693	-	0.93	0.93	-	-0.3%	-	0.55	0.55	0.32
18	México	Estadio Nacional	906	-	1.38	1.38	-	-0.6%	-	0.68	0.68	-
19	Estadio Nacional	Estación Central	1190	-	1.62	1.62	0.32	-0.5%	-	0.93	0.93	-
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta A												
20	Estación Central	Colmena	543	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Colmena	Jirón de la unión	685	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Jirón de la unión	Tacna	397	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Tacna	Ramón y Castilla	518	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Ramón y Castilla	Caquetá	915	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta B												
25	Estación Central	España	724	1.10	0.28	1.38	0.32	0.8%	-	1.24	1.24	-
26	España	Quilca	598	1.20	0.64	1.84	-	-0.3%	-	0.54	0.54	-
27	Quilca	2 de Mayo	607	-	0.55	0.55	-	0.3%	-	0.83	0.83	-
28	2 de Mayo	Caquetá	1043	-	0.50	0.50	0.32	0.9%	-	1.82	1.82	-
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Norte												
29	Caquetá	Parque del trabajo	840	1.12	0.57	1.69	-	0.5%	-	1.24	1.24	-
30	Parque del trabajo	UNI	772	-	0.34	0.34	0.32	0.9%	-	1.37	1.37	-
31	UNI	Honorio Delgado	858	1.05	0.18	1.23	-	1.3%	-	1.75	1.75	-
32	Honorio Delgado	El Milagro	617	-	0.07	0.07	-	1.5%	-	1.33	1.33	-
33	El Milagro	Tomás Valle	597	-	0.00	0.00	0.32	1.8%	-	1.45	1.45	-
34	Tomás Valle	Los Jazmines	525	1.10	0.24	1.34	-	0.8%	-	0.88	0.88	-
35	Los Jazmines	Independencia	400	-	0.00	0.00	-	1.8%	-	0.95	0.95	-
36	Independencia	Pacífico	498	-	0.57	0.57	-	0.0%	-	0.57	0.57	-
37	Pacífico	Izaguirre	525	-	0.20	0.20	0.32	1.0%	-	0.95	0.95	-
38	Izaguirre	Naranjal	768	1.18	0.66	1.84	0.32	-0.1%	1.17	0.56	1.73	0.32
Sumatorias				13.10	16.99	30.09	3.52		4.51	19.96	24.47	1.60

ANEXO 7: Energía requerida durante todo un recorrido, servicio expreso 3

Energía para la propulsión del vehículo											
Ruta	Paradero de inicio	Paradero de llegada	Distancia (m)	DIRECCION: SUR - NORTE				DIRECCION : NORTE-SUR			
				Energía durante la aceleración en kW-h	Energía requerida a velocidad máxima (a=0) en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h	Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h	Energía durante la aceleración en kW-h	Energía requerida a velocidad máxima (a=0) en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h	Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Sur											
10	Benavides	Ricardo Palma	707	1.26	0.98	2.24	-	-	0.33	0.33	0.32
11	Ricardo Palma	Angamos	640	-	0.91	0.91	0.32	1.10	0.30	1.40	-
12	Angamos	Domingo Orué	574	1.34	0.90	2.24	-	-	0.08	0.08	0.32
13	Domingo Orué	Aranburú	653	-	1.09	1.09	-	-	0.39	0.39	-
14	Aranburú	Canaval y Moreyra	693	-	1.56	1.56	-	-	0.02	0.02	-
15	Canaval y Moreyra	Javier Prado	681	-	1.69	1.69	-	-	0.00	0.00	-
16	Javier Prado	Canadá	826	-	0.59	0.59	-	-	1.29	1.29	-
17	Canadá	México	693	-	0.93	0.93	-	-	0.65	0.65	-
18	México	Estadio Nacional	906	-	1.38	1.38	-	-	0.68	0.68	-
19	Estadio Nacional	Estación Central	1190	-	1.77	1.77	-	-	0.93	0.93	-
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta B											
25	Estación Central	España	724	-	0.40	0.40	-	-	1.24	1.24	-
26	España	Quilca	598	-	0.82	0.82	-	-	0.54	0.54	-
27	Quilca	2 de Mayo	607	-	0.55	0.55	-	-	0.83	0.83	-
28	2 de Mayo	Caquetá	1043	-	0.55	0.55	-	-	1.82	1.82	-
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Norte											
29	Caquetá	Parque del trabajo	840	-	0.67	0.67	-	-	1.24	1.24	-
30	Parque del trabajo	UNI	772	-	0.39	0.39	-	-	1.37	1.37	-
31	UNI	Honorio Delgado	858	-	0.20	0.20	-	-	1.75	1.75	-
32	Honorio Delgado	El Milagro	617	-	0.07	0.07	-	-	1.33	1.33	-
33	El Milagro	Tomás Valle	597	-	0.00	0.00	-	-	1.45	1.45	-
34	Tomás Valle	Los Jazmines	525	-	0.32	0.32	-	-	0.88	0.88	-
35	Los Jazmines	Independencia	400	-	0.00	0.00	-	-	0.95	0.95	-
36	Independencia	Pacífico	498	-	0.57	0.57	-	-	0.57	0.57	-
37	Pacífico	Izaguirre	525	-	0.25	0.25	-	-	0.95	0.95	-
38	Izaguirre	Naranjal	768	-	0.82	0.82	0.32	1.17	0.67	1.84	-
Sumatorias				2.60	17.40	20.00	0.64	3.37	20.42	23.79	0.96

ANEXO 7: Energía requerida durante todo un recorrido, servicio expreso 4, 5 y SE

Energía para la propulsión del vehículo											
Ruta	Paradero de inicio	Paradero de llegada	Distancia (m)	DIRECCION: SUR - NORTE				DIRECCION : NORTE-SUR			
				Energía durante la aceleración en kW-h	Energía requerida a velocidad máxima (a=0) en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h	Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h	Energía durante la aceleración en kW-h	Energía requerida a velocidad máxima (a=0) en kW-h	Energía para la propulsión del vehículo en kW-h	Energía obtenida del frenado regenerativo en kW-h
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Sur											
8	Plaza de Flores	28 de Julio	772	1.22	0.90	2.12	-	-	0.58	0.58	0.32
9	28 de Julio	Benavides	493	-	0.77	0.77	-	-	0.35	0.35	-
10	Benavides	Ricardo Palma	707	-	1.22	1.22	-	-	0.38	0.38	-
11	Ricardo Palma	Angamos	640	-	0.91	0.91	0.32	1.10	0.30	1.40	-
12	Angamos	Domingo Orué	574	1.34	0.90	2.24	-	-	0.08	0.08	0.32
13	Domingo Orué	Aranburú	653	-	1.09	1.09	-	-	0.39	0.39	-
14	Aranburú	Canaval y Moreyra	693	-	1.33	1.33	0.32	1.03	0.01	1.04	-
15	Canaval y Moreyra	Javier Prado	681	1.42	1.04	2.46	0.32	1.00	0.00	1.00	0.32
16	Javier Prado	Canadá	826	1.11	0.50	1.61	-	-	1.13	1.13	0.32
17	Canadá	México	693	-	0.93	0.93	-	-	0.65	0.65	-
18	México	Estadio Nacional	906	-	1.38	1.38	-	-	0.68	0.68	-
19	Estadio Nacional	Estación Central	1190	-	1.62	1.62	0.32	1.12	0.83	1.95	-
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Centro Ruta B											
25	Estación Central	España	724	1.10	0.28	1.38	0.32	1.26	0.83	2.09	0.32
26	España	Quilca	598	1.20	0.64	1.84	-	-	0.45	0.45	0.32
27	Quilca	2 de Mayo	607	-	0.46	0.46	0.32	1.20	0.65	1.85	-
28	2 de Mayo	Caquetá	1043	1.09	0.44	1.53	0.32	1.27	1.40	2.67	0.32
Ruta troncal del Metropolitano - Tramo Norte											
29	Caquetá	Parque del trabajo	840	1.12	0.57	1.69	-	-	1.09	1.09	0.32
30	Parque del trabajo	UNI	772	-	0.34	0.34	0.32	1.27	1.12	2.39	-
31	UNI	Honorio Delgado	858	1.05	0.18	1.23	-	-	1.54	1.54	0.32
32	Honorio Delgado	El Milagro	617	-	0.07	0.07	-	-	1.33	1.33	-
33	El Milagro	Tomás Valle	597	-	0.00	0.00	0.32	1.40	1.07	2.47	-
34	Tomás Valle	Los Jazmines	525	1.10	0.24	1.34	-	-	0.71	0.71	0.32
35	Los Jazmines	Independencia	400	-	0.00	0.00	-	-	0.95	0.95	-
36	Independencia	Pacífico	498	-	0.57	0.57	-	-	0.57	0.57	-
37	Pacífico	Izaguirre	525	-	0.20	0.20	0.32	1.29	0.69	1.98	-
38	Izaguirre	Naranjal	768	1.18	0.66	1.84	0.32	1.17	0.56	1.73	0.32
Sumatorias				12.93	17.23	30.16	3.52	13.11	18.34	31.45	3.52