

ANEXOS

Anexo I: Utilización de la aplicación Matlab Mobile

Anexo II: Datos de las rutas, consumos y emisiones

Anexo I: Utilización de la aplicación Matlab Mobile

Una vez esté instalada la aplicación, se procederá a abrirla. Lo primero que pide la aplicación es introducir el correo y la contraseña de una cuenta de Mathworks. Para comenzar la obtención de datos, se accederá al menú lateral como se indica en la Imagen 66. El segundo paso será acceder al apartado de sensores, como aparece en la Imagen 65.

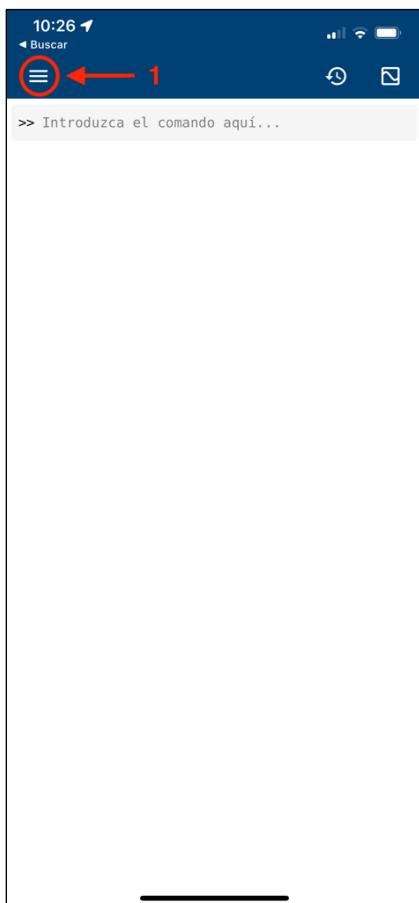


Imagen 66: Matlab Mobile - Pantalla principal

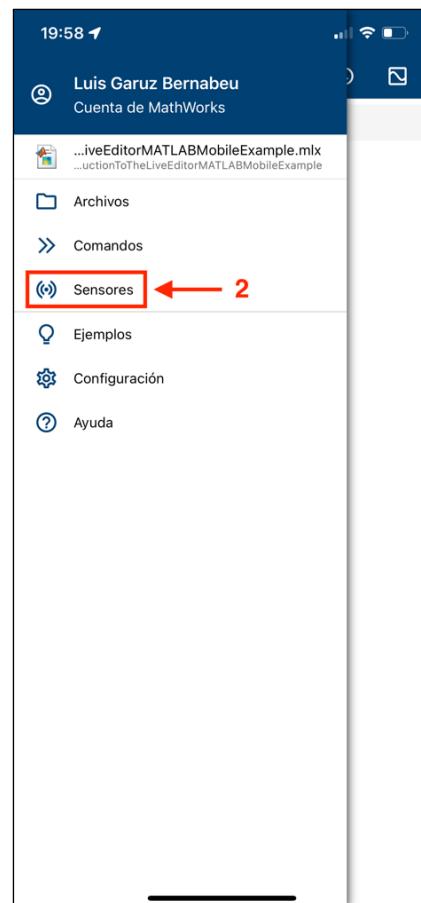


Imagen 65: Matlab Mobile - Menú lateral

El tercer paso será ajustar la tasa de muestreo en hercios. Por defecto aparece en 10 Hz, pero para nuestro uso la hemos ajustado a 1 Hz como aparece en la Imagen 67. La posibilidad de ajustar la frecuencia de muestreo es una gran ventaja que ofrece esta aplicación y que otras no permiten, ya que es posible obtener datos con una frecuencia fija y posteriormente para realizar los cálculos, poder obtener valores instantáneos fiables.

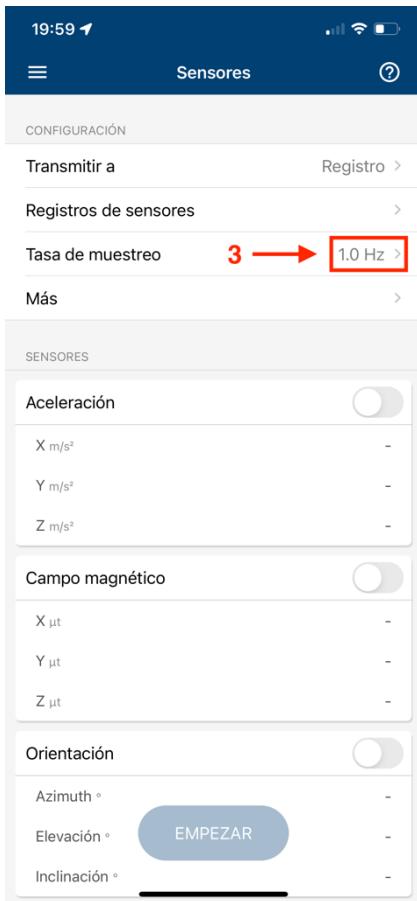


Imagen 67: Matlab Mobile - Menú sensores, configuración de la tasa de muestreo

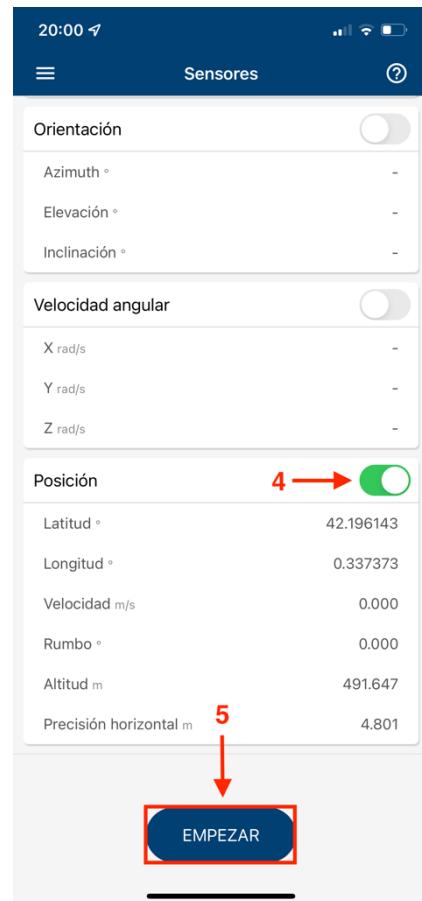


Imagen 68: Matlab Mobile - Menú sensores, configuración de sensores

El cuarto paso será activar los sensores de los que se quiere obtener datos, se seleccionarán los sensores de posición. Para obtener unos buenos valores de posición desde el principio, hay que asegurarse de que el valor de la precisión horizontal es lo suficientemente bajo. En este caso, una buena precisión para el smartphone que se está utilizando es cuando la precisión es menor a 5 metros, ya que en el mejor de los casos se ha podido conseguir una precisión de 4,6 metros. En otros smartphones, será necesario observar cuál es la mejor precisión que es posible obtener y a partir de allí determinar cuál es un buen valor de precisión para el hardware que se está utilizando. Para obtener una buena precisión desde el principio, se deberá activar el sensor de posición en torno a 30 segundos antes de montar en el autobús y si es posible, en una zona en la que no haya muchos edificios altos. Durante el recorrido la precisión irá cambiando de valor tal como se desplaza el autobús.

Para comenzar a grabar los datos se pulsará el botón “EMPEZAR”. Durante la grabación del recorrido es recomendable mantener el smartphone cerca de la ventanilla del autobús y no guardarlo en el bolsillo, ya que afectará a la precisión de los datos recogidos.

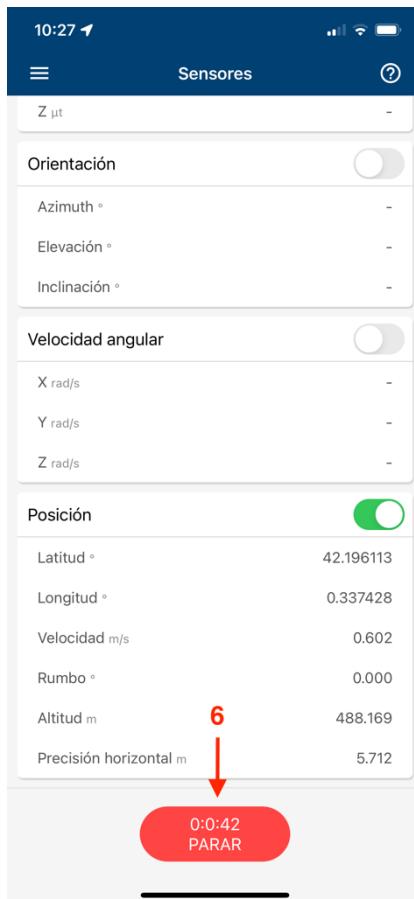


Imagen 70: Matlab Mobile - Pantalla durante la obtención de datos

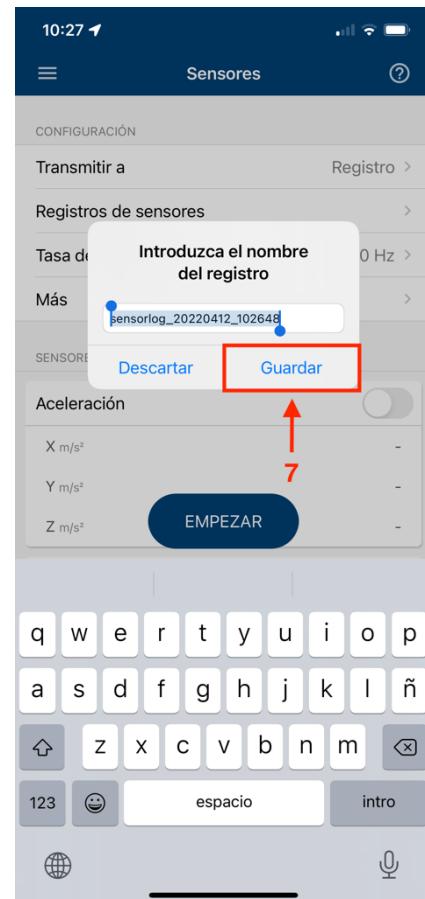


Imagen 69: Matlab Mobile - Nombrado del archivo

Una vez se haya terminado el recorrido se pulsará el botón “PARAR” como aparece en la Imagen 70, posteriormente se renombrará el archivo, por ejemplo, con el nombre de la ruta del autobús y la hora y se pulsará el botón “Guardar” como aparece en la Imagen 69. Se creará un archivo con la extensión “.mat” que se guardará en Matlab Drive. Desde el ordenador que utilicemos Matlab se accederá a <https://drive.matlab.com/> y se descargará el archivo. Al abrir el archivo con Matlab, se verá que las variables se muestran por columnas y cada instante de tiempo por filas. La primera variable “Timestamp” muestra la fecha y la hora, la segunda y tercera variable, “latitude” y “longitude”, muestran la latitud y la longitud de la posición en grados decimales. La cuarta variable “speed” es la velocidad en metros por segundo, la quinta variable

“course” es la orientación en grados y la sexta variable “hacc” es la precisión de la altura. En la imagen siguiente se muestran todas las variables mencionadas. En este caso se trata del primer instante de tiempo en la ruta del autobús 24.

| | Timestamp | 1 latitude | 2 longitude | 3 altitude | 4 speed | 5 course | 6 hacc |
|---|--------------------------|---------------|----------------|---------------|------------|-------------|-----------|
| 1 | 18-Mar-2022 09:47:44.999 | 41.6512 | -0.8604 | 196.9800 | 0 | 32.6280 | 5.3450 |

Imagen 71: Matlab Mobile - Datos obtenidos con la aplicación

Anexo II: Datos de las rutas, consumos y emisiones

| Demanda | RUTAS | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|---------------|------------|------------|------------|---------------|------------|------------|------------|
| | Ci1 (>10 km) | | | | 24 (~10 km) | | | | 43 (<7 km) | | | |
| | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO |
| Hora del día [h] | Fin de semana | 10 a 11 | 15 a 16 | - | Fin de semana | 10 a 11 | 15 a 16 | - | Fin de semana | 10 a 11 | 15 a 16 | - |
| Distancia [km] | 14,14 | 14,18 | 14,21 | 14,17666667 | 9,456 | 10,46 | 9,45 | 9,79020233 | 6,838 | 6,806764 | 6,805 | 6,816588 |
| Tiempo [s] | 3904 | 3771 | 3986 | 3887 | 2539 | 3015 | 2539 | 2697,66667 | 1615 | 1471 | 1621 | 1569 |
| Velocidad media [km/h] | 13,03893443 | 13,53699284 | 12,83391872 | 13,13661533 | 13,40748326 | 12,4895522 | 13,4055082 | 13,1008479 | 15,24260062 | 16,6582939 | 15,1128933 | 15,6712626 |
| Desnivel acumulado [m] | 207,188 | 180,892 | 163,303 | 183,7943333 | 181,529 | 212,089 | 180,393 | 191,337 | 88,3887 | 113,008 | 120,931 | 107,442567 |
| Número de paradas | 68 | 66 | 66 | 66,66666667 | 50 | 56 | 51 | 52,3333333 | 24 | 20 | 22 | 22 |

| Demanda | Consumo [l/h] | | | | | | | | | | | |
|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| | Ci1 (>10 km) | | | | 24 (~10 km) | | | | 43 (<7 km) | | | |
| | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO |
| Diésel [l/h] | 7,990122951 | 8,119618138 | 7,936818866 | 8,015519985 | 8,085945648 | 7,84728358 | 8,08543212 | 8,00622045 | 8,563076161 | 8,93115643 | 8,52935225 | 8,67452828 |
| Híbrido [l/h] | 5,647008197 | 5,736658711 | 5,610105369 | 5,664590759 | 5,713346987 | 5,5481194 | 5,71299147 | 5,65815262 | 6,043668111 | 6,29849291 | 6,02032079 | 6,12082727 |

| Diésel [l] | Consumo [l] | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------|---------|-------------|-------------|-------------|---------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| | Ci1 (>10 km) | | | | 24 (~10 km) | | | | 43 (<7 km) | | | |
| | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO |
| Diésel [l] | 8,664844444 | 8,5053 | 8,78782222 | 8,652655556 | 5,702837778 | 6,5721 | 5,7024756 | 5,99247113 | 3,841491111 | 3,64936975 | 3,84057778 | 3,77714621 |
| Híbrido [l] | 6,123866667 | 6,00915 | 6,211633333 | 6,114883333 | 4,029496667 | 4,64655 | 4,02924593 | 4,23509753 | 2,711256667 | 2,57363419 | 2,71081667 | 2,66523584 |

| Consumo [kWh] | Consumo [kWh] | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| | Ci1 (>10 km) | | | | 24 (~10 km) | | | | 43 (<7 km) | | | | |
| | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | |
| Tanque | Energía Diésel [kWh] | 86,47514756 | 84,882894 | 87,70246578 | 86,35350244 | 56,91432102 | 65,589558 | 56,9107065 | 59,8048618 | 38,33808129 | 36,4207101 | 38,3289662 | 37,6959192 |
| Tanque | Energía Híbrido [kWh] | 61,11618933 | 59,971317 | 61,99210067 | 61,03952153 | 40,21437673 | 46,372569 | 40,2118743 | 42,3146725 | 27,05834153 | 25,6848692 | 27,0539503 | 26,6232523 |
| Pozo | Energía Diésel [kWh] | 102,9466042 | 101,0510643 | 104,4076974 | 102,8017886 | 67,75514407 | 78,0828071 | 67,750841 | 71,1962641 | 45,64057296 | 43,3579882 | 45,6297217 | 44,8760943 |
| Pozo | Energía Híbrido [kWh] | 72,75736825 | 71,394425 | 73,80011984 | 72,66609706 | 47,87425802 | 55,2054393 | 47,871279 | 50,3746101 | 32,21231135 | 30,5772252 | 32,2070837 | 31,694348 |
| Rueda | Energía Eléctrico [kWh] | 24,03 | 22,45 | 21,91 | 22,79666667 | 17,25 | 18,27 | 17,37 | 17,63 | 10,93 | 10,89 | 10,16 | 10,66 |
| Tanque | Energía Eléctrico [kWh] | 30,0375 | 28,0625 | 27,3875 | 28,49583333 | 21,5625 | 22,8375 | 21,7125 | 22,0375 | 13,6625 | 13,6125 | 12,7 | 13,325 |
| Pozo | Energía Eléctrico [kWh] | 47,171391 | 44,06981806 | 43,0097868 | 44,75033195 | 33,86210964 | 35,8643909 | 34,0976721 | 34,6080576 | 21,45581788 | 21,377297 | 19,9442918 | 20,9258022 |
| Rueda | Energía Hidrógeno [kWh] | 24,03 | 22,45 | 21,91 | 22,79666667 | 17,25 | 18,27 | 17,37 | 17,63 | 10,93 | 10,89 | 10,16 | 10,66 |
| Tanque | Energía Hidrógeno [kWh] | 45,70178775 | 42,69684291 | 41,66983644 | 43,3561557 | 32,80715101 | 34,7470521 | 33,0353747 | 33,5298593 | 20,78737162 | 20,7112971 | 19,3229365 | 20,2738684 |
| Pozo | Energía Hidrógeno [kWh] | 117,1021496 | 109,4025493 | 106,7710403 | 111,0919131 | 84,06209242 | 89,0327205 | 84,6468722 | 85,913895 | 53,26369102 | 53,0687644 | 49,5113541 | 51,9479365 |

| Consumo [kWh/km] | Consumo [kWh/km] | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| | Ci1 (>10 km) | | | | 24 (~10 km) | | | | 43 (<7 km) | | | | |
| | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | |
| Tanque | Energía Diésel [kWh/km] | 6,115639855 | 5,986099718 | 6,171883587 | 6,091241649 | 6,018857976 | 6,27051224 | 6,01936246 | 6,10864411 | 5,606622008 | 5,35066444 | 5,63247116 | 5,53002752 |
| Tanque | Energía Híbrido [kWh/km] | 4,322219896 | 4,229288928 | 4,362568661 | 4,305632838 | 4,252789418 | 4,433324 | 4,25315133 | 4,32214484 | 3,957054919 | 3,77343319 | 3,97559887 | 3,90565666 |
| Pozo | Energía Diésel [kWh/km] | 7,280523637 | 7,126309188 | 7,347480461 | 7,251478154 | 7,165307114 | 7,46489552 | 7,16590769 | 7,27219537 | 6,674550009 | 6,36983862 | 6,70532281 | 6,58336609 |
| Pozo | Energía Híbrido [kWh/km] | 5,145499877 | 5,034867772 | 5,19353412 | 5,125753378 | 5,062844545 | 5,27776666 | 5,06327539 | 5,14541052 | 4,710779665 | 4,49218237 | 4,7328558 | 4,64959126 |
| Rueda | Energía Eléctrico [kWh/km] | 1,699434229 | 1,583215797 | 1,541871921 | 1,608041383 | 1,824238579 | 1,74665392 | 1,83719958 | 1,80077994 | 1,598420591 | 1,59987918 | 1,49301984 | 1,56383223 |
| Tanque | Energía Eléctrico [kWh/km] | 2,124292786 | 1,979019746 | 1,927339901 | 2,010051728 | 2,280298223 | 2,1833174 | 2,29649947 | 2,25097493 | 1,998025739 | 1,99984897 | 1,8662748 | 1,95479029 |
| Pozo | Energía Eléctrico [kWh/km] | 3,336024823 | 3,107885617 | 3,026726727 | 3,15661876 | 3,581018363 | 3,42871806 | 3,60646108 | 3,53496857 | 3,137732945 | 3,14059618 | 2,93082907 | 3,06983527 |
| Rueda | Energía Hidrógeno [kWh/km] | 1,699434229 | 1,583215797 | 1,541871921 | 1,608041383 | 1,824238579 | 1,74665392 | 1,83719958 | 1,80077994 | 1,598420591 | 1,59987918 | 1,49301984 | 1,56383223 |
| Tanque | Energía Hidrógeno [kWh/km] | 3,232092486 | 3,011060854 | 2,932430432 | 3,058275737 | 3,469453364 | 3,32189791 | 3,49410342 | 3,42483823 | 3,039978301 | 3,04275234 | 2,83952042 | 2,97419595 |
| Pozo | Energía Hidrógeno [kWh/km] | 8,281623028 | 7,715271458 | 7,513795939 | 7,836250627 | 8,889815188 | 8,51173236 | 8,95297628 | 8,77549739 | 7,789366924 | 7,79647486 | 7,27573169 | 7,62081213 |

| | Energía [Wh] | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| | Ci1 (>10 km) | | | | 24 (~10 km) | | | | 43 (<7 km) | | | |
| | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO |
| Fuerza de rodadura [kWh] | 10,09760 | 10,22307 | 10,18466 | 10,16844 | 6,61573 | 7,15581 | 6,60467 | 6,79207 | 4,93583 | 4,83508 | 4,67816 | 4,81636 |
| Fuerza aerodinámica [kWh] | 0,98927 | 1,06253 | 1,01221 | 1,02134 | 0,54922 | 0,48856 | 0,54124 | 0,52634 | 0,51502 | 0,44473 | 0,33293 | 0,43089 |
| Fuerza de ascensión [kWh] | 3,75257 | 2,07403 | 2,24073 | 2,68911 | 4,07820 | 4,40979 | 4,26465 | 4,25088 | 1,34192 | 1,81380 | 2,04153 | 1,73241 |
| Fuerza aceleración lineal [kWh] | 8,75094 | 8,65632 | 8,06845 | 8,49190 | 5,72148 | 5,91936 | 6,67437 | 6,10507 | 3,94292 | 3,61462 | 2,95927 | 3,50560 |
| Fuerza aceleración rotativa [kWh] | 0,43755 | 0,43282 | 0,40342 | 0,42459 | 0,28607 | 0,29597 | 0,28372 | 0,28859 | 0,19715 | 0,18073 | 0,14796 | 0,17528 |
| | Distribución [%] | | | | | | | | | | | |
| | Ci1 (>10 km) | | | | 24 (~10 km) | | | | 43 (<7 km) | | | |
| | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO |
| Fuerza de rodadura [kJ] | 42,02% | 45,54% | 46,49% | 44,61% | 38,35% | 39,17% | 35,96% | 37,81% | 45,15% | 44,40% | 46,05% | 45,18% |
| Fuerza aerodinámica [kJ] | 4,12% | 4,73% | 4,62% | 4,48% | 3,18% | 2,67% | 2,95% | 2,93% | 4,71% | 4,08% | 3,28% | 4,04% |
| Fuerza de ascensión [kJ] | 15,62% | 9,24% | 10,23% | 11,80% | 23,64% | 24,14% | 23,22% | 23,66% | 12,27% | 16,66% | 20,09% | 16,25% |
| Fuerza aceleración lineal [kJ] | 36,42% | 38,56% | 36,83% | 37,25% | 33,17% | 32,40% | 36,34% | 33,99% | 36,06% | 33,20% | 29,13% | 32,88% |
| Fuerza aceleración rotativa [kJ] | 1,82% | 1,93% | 1,84% | 1,86% | 1,66% | 1,62% | 1,54% | 1,61% | 1,80% | 1,66% | 1,46% | 1,64% |
| | Emisiones contaminantes (desde el tanque) | | | | | | | | | | | |
| | Ci1 (>10 km) | | | | 24 (~10 km) | | | | 43 (<7 km) | | | |
| | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO |
| Diésel [kg CO2] | 23,13513467 | 22,709151 | 23,46348533 | 23,10259033 | 15,22657687 | 17,547507 | 15,2256098 | 15,9998979 | 10,25678127 | 9,74381724 | 10,2543427 | 10,0849804 |
| Híbrido [kg CO2] | 16,350724 | 16,0444305 | 16,585061 | 16,3267385 | 10,7587561 | 12,4062885 | 10,7580866 | 11,3077104 | 7,2390553 | 6,87160328 | 7,2378805 | 7,11617969 |
| Hidrógeno [kg CO2] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Electrico [kg CO2] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Emisiones contaminantes (desde el pozo) | | | | | | | | | | | |
| | Ci1 (>10 km) | | | | 24 (~10 km) | | | | 43 (<7 km) | | | |
| | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO |
| Diésel [kg CO2] | 28,68063511 | 28,152543 | 29,08769156 | 28,64028989 | 18,87639304 | 21,753651 | 18,8751942 | 19,8350794 | 12,71533558 | 12,0794139 | 12,7123124 | 12,502354 |
| Híbrido [kg CO2] | 20,26999867 | 19,8902865 | 20,56050633 | 20,24026383 | 13,33763397 | 15,3800805 | 13,336804 | 14,0181728 | 8,974259567 | 8,51872916 | 8,97280317 | 8,82193063 |
| Hidrógeno [kg CO2] | 17,33290275 | 16,19324456 | 15,80374112 | 16,44329614 | 12,44247076 | 13,1781995 | 12,5290271 | 12,7165658 | 7,883837996 | 7,85498589 | 7,32843495 | 7,68908628 |
| Electrico [kg CO2] | 5,566224138 | 5,200238531 | 5,075154842 | 5,28053917 | 3,995728938 | 4,23199813 | 4,02352531 | 4,08375079 | 2,53178651 | 2,52252105 | 2,35342644 | 2,46924467 |
| | Emisiones contaminantes (desde el tanque) | | | | | | | | | | | |
| | Ci1 (>10 km) | | | | 24 (~10 km) | | | | 43 (<7 km) | | | |
| | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO |
| Diésel [kg CO2/km] | 1,636148138 | 1,601491608 | 1,651195308 | 1,629620762 | 1,610255591 | 1,67758193 | 1,61039056 | 1,63427653 | 1,499968012 | 1,43149039 | 1,50688357 | 1,4794763 |
| Híbrido [kg CO2/km] | 1,156345403 | 1,13148311 | 1,167140113 | 1,15166272 | 1,137770315 | 1,18606965 | 1,13786714 | 1,15500273 | 1,058650965 | 1,00952571 | 1,06361212 | 1,04395039 |
| Hidrógeno [kg CO2/km] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Electrico [kg CO2/km] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Emisiones contaminantes (desde el pozo) | | | | | | | | | | | |
| | Ci1 (>10 km) | | | | 24 (~10 km) | | | | 43 (<7 km) | | | |
| | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO | Baja | Media | Alta | PROMEDIO |
| Diésel [kg CO2/km] | 2,028333459 | 1,985369746 | 2,046987442 | 2,020241469 | 1,996234459 | 2,07969895 | 1,99640178 | 2,02601323 | 1,859510906 | 1,77461917 | 1,86808412 | 1,83410732 |
| Híbrido [kg CO2/km] | 1,433521829 | 1,402700035 | 1,446904035 | 1,427716706 | 1,410494286 | 1,47037098 | 1,41061432 | 1,43185732 | 1,312409998 | 1,2515094 | 1,31856035 | 1,29418569 |
| Hidrógeno [kg CO2/km] | 1,225806418 | 1,141977754 | 1,112156307 | 1,159884515 | 1,315828126 | 1,25986611 | 1,32517693 | 1,29890735 | 1,152945013 | 1,1539971 | 1,07691917 | 1,12799633 |
| Electrico [kg CO2/km] | 0,393650929 | 0,366730503 | 0,357153754 | 0,372481014 | 0,422560167 | 0,40458873 | 0,42556241 | 0,41712629 | 0,370252488 | 0,37059035 | 0,34583783 | 0,36224056 |

