

IES MIGUEL HERNÁNDEZ
ALHAMA DE MURCIA

IV premio escolar RENFE AVE de “investigación
medioambiental y desarrollo sostenible”

EL TREN Y EL SOL

**EL TREN: UNA ALTERNATIVA
SOSTENIBLE AL COCHE.
¿ES POSIBLE UN TREN SOLAR?**

AUTORES:

Alumnos de 3º de ESO:
María Yúfera Cánovas
Gloria Chumillas Andreo
María Elia Lopez Yúfera
Gema Gil Espadas
María Caja Díaz
Lidia Férez Díaz
Ana María López Pascual
Irene Sevilla Sánchez

Profesor:
Ángel Silvente Ortega.

Febrero 2009

ÍNDICE:

1.	Resumen	1
2.	Objetivos	1
3.	Descripción de la problemática ambiental	1
4.	Caso de estudio: definición y ámbito	2
4.1.	Descripción de los desplazamientos en coche.....	2
4.2.	Descripción de los desplazamientos en tren.....	3
5.	Comparativa coche –vs- tren de cercanías	4
5.1.	Tiempo de viaje.....	4
5.2.	Costo económico.....	4
5.3.	Emisiones de CO ₂	5
5.4.	Comparativa multiparámetro.....	6
6.	Innovación tecnológica y mejora medioambiental. Aplicación de la energía solar al transporte ferroviario	7
6.1.	Potenciación de la opción tren + bici.....	7
6.2.	Sustitución del modelo 592 diesel por el 447 eléctrico.....	8
6.3.	Aplicación de la energía solar al transporte ferroviario.....	8
6.4.	Breve comentario sobre la energía solar.....	9
7.	Conclusiones	9

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO I: PLANO DE SITUACIÓN

ANEXO II: TABLAS Y GRÁFICOS COMPARATIVOS COCHE –vs- TREN DE CERCANÍAS

ANEXO III: COMPARATIVA ENERGÉTICA Y MEDIOAMBIENTAL ENTRE L MODELO DE TREN 592 (DIESEL) Y 447 (ELÉCTRICO)

ANEXO IV: FOTO DEL GRUPO E INTEGRANTES DEL EQUIPO DE TRABAJO

ANEXO V: DATOS DEL CENTRO Y PERSONA DE CONTACTO

ANEXO VI: REFLEXIONES PERSONALES DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN A CERCA DE LOS RESULTADOS DE ESTE TRABAJO

1. RESUMEN

La actual situación de crisis energética y medioambiental debe hacernos replantearnos nuestro modelo de movilidad basado en el uso masivo e individual del coche.

La humanidad se enfrenta a dos grandes retos: el calentamiento global y la progresiva escasez de petróleo. Ante esta situación deben plantearse soluciones colectivas e integradas que nos permitan afrontar tales fenómenos sin perder la calidad de vida que la sociedad ha ido ganando a lo largo de los siglos.

Frente al uso insostenible del coche para nuestros desplazamientos habituales se plantea la comparación técnica con el tren, en términos de tiempos de desplazamiento, costo monetario y emisiones de CO₂. Más allá de esta mera comparativa se proponen soluciones innovadoras para mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad del transporte ferroviario.

La aplicación de la energía solar al tren es clave en la consecución de los anteriores propósitos y su viabilidad técnica y económica se investiga en el presente trabajo.

El estudio ha sido realizado con datos próximos del entorno del alumnado para facilitar su implicación e interés, pero los resultados son extrapolables a otras regiones con similares características ambientales, sociales y económicas.

2. OBJETIVOS

- Comparar el coche con el tren, obteniendo resultados de tiempo de viaje, costo y emisiones de CO₂ y ocupación del territorio.
- Conocer mejor dichos medios de transporte, para demostrar los beneficios del tren sobre el automóvil.
- Demostrar la eficiencia del tren tanto desde el punto de vista medioambiental como económicamente.
- Analizar todos los datos referidos al tren y al coche para mostrar resultados y conclusiones seguras y reales, así como recoger todas las referencias bibliográficas pertinentes.
- Plantear soluciones para mejorar el tren actual y compararlo con un modelo eléctrico.
- Comprobar si sería posible utilizar energía solar para alimentarlo y demostrar que así es, y plantear cuanta energía sería necesaria y cuanto constaría la instalación.

3. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

El calentamiento global es una anomalía en el funcionamiento del efecto invernadero natural que está ocasionando que las temperaturas del planeta se eleven. Esto está llevando consigo efectos conocidos como la subida del nivel del mar, la fusión de glaciales, sequías, inundaciones, ciclones, plagas y otras desastrosas consecuencias que ya son un hecho. Una de las principales causas del cambio climático, son las emisiones de CO₂, provenientes principalmente de los combustibles fósiles utilizados masivamente. La concentración atmosférica de CO₂ ha sufrido un considerable aumento desde la revolución industrial. El 21,1% de las emisiones de CO₂ en España a lo largo de 2007 corresponden al sector de transporte por carretera. El actual modelo de movilidad imperante en nuestra sociedad está basado en el uso masivo e individual del coche.

Además del calentamiento global otro gran problema derivado de este modelo de movilidad y que tampoco hay que olvidar es la progresiva escasez de petróleo. Desde el año 2001 la producción de crudo no ha aumentado significativamente, a pesar de que sí lo ha hecho la demanda. Según predicciones de la ASPO (Asociationd for Study of the Peak Oil) basadas en los estudios del geofísico norteamericano Marion King Hubert, la producción mundial de crudo pasará por un máximo y a continuación entrará en declive al mismo ritmo al que fue aumentando previamente. Es posible que este máximo se haya alcanzado ya. Algunos analistas como el saudí al Hussein así lo mantienen. Este es un gran problema, ya que la gran mayoría de las máquinas, automóviles, etc. funcionan a partir de derivados del petróleo.

Para enfrentarnos a estos dos retos: cambio climático y creciente escasez de crudo; se hace necesario tomar medidas.

4. CASO DE ESTUDIO: DEFINICIÓN Y ÁMBITO

El objeto del estudio es un hipotético trabajador que se desplaza diariamente desde su residencia al punto de trabajo. El trabajador reside en Alhama de Murcia, una mediana localidad de unos 20.000 habitantes situada geográficamente en el centro de la provincia. El lugar de trabajo se sitúa en la capital, Murcia, al Este de la región.

La distancia en línea recta entre ambas localidades es de 30 km. El domicilio de la residencia del trabajador se sitúa en la avenida Juan Carlos I (aproximadamente en el centro geométrico del casco urbano de Alhama de Murcia). El lugar de trabajo se sitúa en la Glorieta de España, (lugar que también coincide con el centro geométrico del casco urbano de la capital). Se han seleccionado estas ubicaciones por ser representativas para un estudio tan genérico como el que nos ocupa.

El trabajador hipotético tiene una jornada laboral flexible, de manera que puede adaptar su horario al del transporte público. En el descanso del medio día no regresa a casa a comer.

4.1. Descripción de los desplazamientos en coche.

La distancia real recorrida en coche entre los dos puntos definidos es de 35,2 kilómetros, por lo que el trabajador recorre diariamente 70,4 km. Existe un aparcamiento público que se supone es utilizado diariamente por el trabajador en la dirección de destino.

Alhama está bien comunicada por carretera y tren con la capital. Por carretera a través de la autovía A 7. El tramo de autovía comprendido entre los dos puntos considerados tiene una longitud de 32,4 km. Esta autovía tiene una anchura media de 38 metros.

Se han seleccionado dos modelos de coche para realizar la comparativa: gasolina y diesel. En ambos se ha medido el consumo medio de combustible para una jornada laboral, es decir, para el trayecto diario de ida y vuelta que realiza el trabajador. Las características de ambos vehículos se especifican en la tabla 1.

Tabla 1. Modelos de coche comparados y consumo al cabo de la jornada laboral (viaje de ida y vuelta).

Tipo	Modelo	Consumo en una jornada ¹ (l)
Gasolina	Golf GTI	5,6
Diesel	Opel Zafira CDTI 1900	4,4

El tiempo medio de desplazamiento puerta a puerta es de 41 minutos a la ida y 38 a la vuelta. Este tiempo comprende trayecto recorrido desde que el trabajador sale de su casa, coge el coche, estaciona su vehículo y llega a su lugar de trabajo. En todo momento las medidas se han tomado en condiciones de conducción en las que se han respetado las normas de circulación (límites de velocidad, stops, estacionamiento...). La ida se demora por más tiempo por los efectos de la búsqueda de aparcamiento, cuestión que está resuelta en el viaje de vuelta a casa, donde se ha supuesto que el trabajador tiene una plaza de garaje propia.

Cerca del lugar de destino existe un aparcamiento público. La tarifa de este aparcamiento es de 0,022 €/hora. Por otro lado la tarifa de aparcamiento en la vía pública es de 2,25 € para toda la jornada laboral.

4.2. Descripción de los desplazamientos en tren.

Entre Alhama y Murcia podemos encontrar la línea férrea Murcia-Águilas, en la que opera un servicio de cercanías, en concreto la línea C-2. El tramo de vía comprendido entre los dos puntos de estudio es de 29,78 km. Incluyendo los terraplenes y otras infraestructuras anexas, el ferrocarril ocupa un ancho de 8,4 metros. En Alhama la estación de trenes está situada en la calle de la Estación nº 1, y la distancia desde el hogar del trabajador hasta dicho punto es de 1,08 km. En Murcia la estación de tren, concretamente la estación del Carmen, está situada en la calle Industria nº 1. Entre esta estación y la Glorieta de España la distancia existente es de 1,18 km.

El modelo de tren que opera actualmente la línea es el 592; tiene una capacidad máxima de 228 personas. Este modelo está en servicio desde el año 1982 y consta de cuatro motores diesel de tracción y un quinto de servicios (aire acondicionado, calefacción, electricidad...). En hora valle la ocupación de dicho tren es de 53 personas, en hora punta de 163 personas y la ocupación media es de 103 personas.

El tiempo que emplea el trabajador en llegar a su trabajo puede ser de 41 minutos si utiliza la bicicleta para ir de su casa a la estación y de la estación al trabajo; o de 71 minutos si en vez de utilizar la bicicleta va caminando.

Los tiempos de desplazamiento en bicicleta se desglosan de la siguiente manera:

- 5 minutos desde casa hasta la estación origen.
- 5 minutos de espera en la estación.
- 26 minutos de trayecto en tren.
- 5 minutos desde la estación destino al trabajo.

Para el trayecto de vuelta se han obtenido unos valores idénticos. Los tiempos de desplazamiento caminando se detallan según sigue:

¹ Este dato ha sido medido con el ordenador de abordo del Opel Zafira y estimado a partir del consumo semanal de desplazamientos rutinarios para el GOLF GTI.

- 20 minutos desde casa hasta la estación origen
- 5 minutos de espera en la estación
- 26 minutos de trayecto en tren.
- 20 minutos desde la estación destino al trabajo

El precio del billete sencillo de ida y vuelta tiene un coste de 3.1 euros y el precio del abono mensual es de 53 euros. Entenderemos que, al tratarse de un desplazamiento habitual, el trabajador optará por la compra del abono mensual, económicamente más rentable.

5. COMPARATIVA COCHE –vs- TREN DE CERCANÍAS

Para verificar la comparativa de ambos medios de transporte se van a tener en cuenta los siguientes parámetros:

- tiempo de viaje
- costo económico
- emisiones de CO₂

5.1. Tiempo de viaje.

Este tiempo de viaje se ha llevado a cabo de puerta a puerta, lo que significa, que la persona que está realizando este viaje cuenta este tiempo, desde que sale de su casa, en este caso, el coche, hasta que llega a la puerta de su trabajo.

Como se observa en la **tabla 1 del Anexo II**, el medio de transporte más rápido es el coche, por una mínima diferencia, pues en total se obtiene un tiempo total de desplazamiento para el viaje de ida y el de vuelta en coche de **79 minutos**, mientras que para la opción tren + bici el tiempo total de desplazamiento es de **82 minutos**.

La opción de desplazamiento a pie hacia y desde la estación resulta la menos conveniente, pues el tiempo total de viaje asciende a los **142 minutos**, casi el doble que en el caso del coche. Un tiempo de viaje tan prolongado haría desistir a muchos de los posibles usuarios del tren. Sin embargo, la opción que utiliza la bici hace que el desplazamiento en tren presente unos tiempos de viaje competitivos con el coche.

5.2. Costo económico.

Vamos a comentar las diferencias de costo entre el coche de gasolina, coche de gasoil y tren de cercanías. En estas diferencias, tendremos en cuenta, lo que gastamos en una jornada, mes y año.

Vamos a empezar informándolos sobre el costo del coche de gasolina en las diferentes etapas (jornada, mes y año). Comenzamos con la jornada, ésta trata del trayecto que realizamos en el viaje de ida y vuelta. En la **tabla 2 del Anexo II** se reflejan los resultados comparativos de las distintas opciones de transporte existentes.

Para el costo del viaje en coche (gasolina y diesel) se ha tenido en cuenta el precio medio de los carburantes en 2007 y el costo del aparcamiento durante la jornada laboral. El precio medio de la gasolina en 2007 en el territorio español fue 1,033 €/litro, mientras que el del gasoil fue 0,97 €/litro.

Por otro lado, el costo del aparcamiento para una jornada laboral que estimamos en 9 horas y media (8 horas en el trabajo, una hora para comer y media hora para los desplazamientos desde y hacia el puesto de trabajo y lugar de comida). Para este tiempo diario y según las tarifas del Ayuntamiento de Murcia, resultarían los siguientes costos de aparcamiento:

Aparcamiento en la vía pública (ORA)	2.9 €
Aparcamiento en Parking subterráneo	12,54 €

Teniendo en cuenta todo lo anterior y el consumo diario de combustible detallado en la tabla 1 del punto 4 se obtiene un gasto diario en carburante de **5,78 €** para el coche de gasolina y **4,27 €** para el coche diesel.

Si se tienen en cuenta los gastos diarios de aparcamiento ambas cifras se elevan a **8,68 €** (ORA) y **18,32 €** (parking) para el coche de gasolina y **7,17 €** (ORA) y **16,81 €** para el coche diesel.

Los anteriores resultados contrastan con el bajo costo que supone el uso del tren como medio de transporte, pues si se usa el abono mensual, el costo diario del desplazamiento ida y vuelta resulta de **2,5 €**, muy por debajo de cualquier opción que suponga el uso particular del coche.

Para los cálculos mensuales se ha estimado un mes laboral de 21'2 días (obtenido de dividir los días laborales del año entre 12 meses). Para los cálculos anuales se ha tenido en cuenta un mes de vacaciones y once de trabajo.

Si se compara la peor opción de uso del coche (coche gasolina + parking) con el tren los resultados son realmente llamativos, pues el gasto anual para el primer caso es de **4.272 €** mientras que para el segundo es de **583 €**. Es decir, el coche sería más de siete veces más caro que el tren.

En los anteriores cálculos no se han tenido en cuenta gastos adicionales del coche, como puede ser cambios de aceite y neumáticos, revisiones y otros. Si se tuvieran en cuenta estos gastos los resultados se decantarían aún más a favor del uso del tren.

Los resultados de los cálculos parecen indicar que la mejor opción de transporte es el tren de cercanías, ya que es la más adecuada tanto en época de crisis, como en una época de auge.

5.3. Emisiones de CO₂

La comparativa entre medios de transporte quedaría incompleta sin incluir parámetros medioambientales. De hecho, y tal como se ha expuesto al principio, este es el punto más importante del trabajo de investigación.

Para conocer la cantidad de CO₂ emitida por cada medio de transporte es necesario evaluar los consumos de carburante de cada vehículo y conocer también los gramos de este gas invernadero que se emiten a la atmósfera al quemar un litro de combustible. Un litro de gasolina emite 2,3 kg de CO₂ a la atmósfera cuando es quemado, mientras que un litro de gasoil emite 2,6 kg. Con estos datos en mano y sabiendo el consumo de carburante por kilómetro y el grado de ocupación media de los vehículos podemos obtener los gramos de CO₂ por persona y kilómetro de cada medio de transporte. Este dato nos dará una idea de lo

respetuoso con el medio ambiente que puede ser uno u otro medio de transporte.

El consumo medio de carburante para los coches se ha descrito en el apartado 4 para el trayecto especificado. Teniendo en cuenta y sabiendo que la ocupación media de un coche es de 1,2 pasajeros por vehículo (según datos de la Comisión Europea), pueden obtenerse las emisiones de CO₂ por kilómetro recorrido de ambos modelos de coche.

Para el caso del tren se ha buscado el consumo de gasoil por kilómetro recorrido. Según datos proporcionados por RENFE, el modelo 592 de la línea Murcia-Águilas tiene un consumo medio de 2,4 litros de gasoil por kilómetro. Para el tren se ha calculado una ocupación media de 108 pasajeros, a partir de mediciones directas. Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, se llega a los resultados reflejados en la **tabla 3 del Anexo II**, siendo el coche de gasolina el más contaminante, con unas emisiones de **153 g CO₂/km-pasajero** y el menos contaminante, el tren con unas emisiones de **58 g CO₂/km-pasajero**.

El análisis de los anteriores resultados demuestra que el tren es de nuevo la opción más ventajosa y el medio menos contaminante y más sostenible de los que en este estudio se plantean.

5.4. Comparativa multiparámetro.

Una vez analizado cada parámetro por separado, quedaría realizar una comparativa general que tuvieran en consideración todos a la vez para poder decidir cual es la mejor opción de transporte en términos globales.

En la **tabla 4 del Anexo II** se recogen los principales resultados obtenidos en los apartados anteriores. En esta tabla se han incluido los tiempos de desplazamiento totales para el trayecto ida y vuelta.

Los datos mostrados para el costo del desplazamiento anual son los relativos al caso en el que el trabajador aparca en el parking. Se ha seleccionado esta opción porque corresponde con los tiempos de desplazamiento medidos en campo, en el que el vehículo ha ido directo al aparcamiento. En el caso de que el conductor aparicara en la calle, los costos anuales serían mucho menores, tal y como se detalla en el apartado 5.2, pero los tiempos de desplazamiento aumentarían considerablemente, dada la dificultad de encontrar aparcamiento en la calle.

Para el apartado de emisiones de CO₂ se muestran los resultados anuales. Estos se han obtenido multiplicando los resultados del apartado 5.3 por el kilometraje total recorrido en cada caso al cabo del año. En el **gráfico 4 del Anexo II** se observa de forma visual la comparativa entre parámetros. A continuación se explican los resultados obtenidos:

El coche de gasolina en un viaje de ida y vuelta tarda de media **79 minutos**, su costo anual en desplazamientos es de **4.272 euros**, lo cual pare un costo excesivo, pero que al ser pagado poco a poco no llama la atención de nuestro bolsillo. Por otro lado las emisiones de CO₂ ascienden a **más de 3 toneladas anuales**. Para que sirva de referencia es interesante añadir que según el Informe de Sostenibilidad en España 2007 las emisiones por habitante de gases invernadero fueron en ese año de 9,7 Tm CO₂-equivalente.

Los resultados del coche diesel son algo mejores que los del coche de gasolina. No hay diferencia en los tiempos de desplazamiento.

En cuanto al costo anual de desplazamientos se reduce a **3.920 euros** por lo que se deduce que hay una importante diferencia de dinero: gastamos casi 400 euros menos en este tipo de transporte respecto al anterior. La otra diferencia digna de mención serían las emisiones de CO₂ anuales que en este caso se reducen a **2.769 kg CO₂** lo que supone un ahorro de emisiones de casi **350 kg CO₂ anuales**. Tomando como referencia estos dos últimos datos, se

planeta que utilizar el coche de diesel y no el de gasolina, ya que es más beneficioso y menos costoso.

El tren diesel posee un tiempo medio de viaje por trayecto de ida y vuelta de **82 minutos**, si observamos esto detenidamente podremos deducir con exactitud que la diferencia de tiempo medio con el coche es de **3 minutos más**; con este primer dato.

Inicialmente se podría pensar de forma errónea que cogiendo el coche vamos a tardar mucho menos que yendo en tren, pero como demuestran los resultados la diferencia de tiempo es mínima en comparación con los beneficios económicos y medioambientales que ofrece el tren respecto al coche.

Respecto al costo anual de desplazamiento es bastante reducido respecto a los anteriores. Solamente **583 euros**. Los ahorros con respecto a las dos opciones de automóvil son del todo relevantes y superan los **3.000 euros** anuales.

Finalmente terminaremos de analizar esta tabla, describiendo las emisiones de CO₂ anuales emitidas por el tren diesel. Si el trabajador realizara sus desplazamientos habituales en el tren emitiría a la atmósfera unos **791 kg de CO₂**, una cantidad muy inferior en comparación a las anteriores, ya que el coche de gasolina, a diferencia del tren emite 2.328 Kg CO₂ más al año, y el coche de gasoil 1.978 Kg. CO₂.

De este modo se puede resumir que el tren es la mejor opción desde el punto de vista medioambiental y económico siendo la pérdida de competitividad por "lentitud" totalmente despreciable frente a las enormes ventajas en términos monetarios y de emisiones de gases invernadero.

6. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y MEJORA MEDIOAMBIENTAL. APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR AL TRANSPORTE FERROVIARIO.

Tras haber visto anteriormente que el tren es más eficaz que el propio automóvil independiente, es hora de plantear mejoras.

6.1. Potenciación de la opción tren + bici.

Si bien desde el punto de vista económico y medioambiental el tren es la mejor solución, en tiempos de desplazamiento sólo es competitivo si se combina con la bicicleta o bien los puntos de origen o destino se encuentran muy cerca de las estaciones. Por ello se hace necesario potencia y mejorar la opción de acceso al tren con la bicicleta.

En la actualidad es posible subir la bicicleta al tren, pero con ciertas limitaciones e incomodidades para los usuarios. En el convoy no existe un lugar específico para las bicicletas y el acceso es complicado, pues la plataforma del vagón está considerablemente elevada.

Algunas actuaciones que permitirían mejorar la opción tren+bicicleta serían:

- Instalar aparcabicis y puntos de bicicleta pública en las estaciones de tren.
- Adecuar un espacio específico para las bicicletas en alguno de los vagones con objeto de evitar molestias a los usuarios de la bici y a los demás viajeros.
- Si se cambia el modelo de tren, proponer uno de plataforma baja en el que se pueda acceder con facilidad con la bicicleta, carritos de bebé o sillas de ruedas.
- Si no es posible esta opción, elevar los andenes para igualarlos al piso del vagón.
- Informar a la población de las ventajas de unir la bicicleta con el tren desde el punto de vista medioambiental, económico y por la rapidez.

6.2. Sustitución del modelo 592 diesel por el 447 eléctrico.

Actualmente está en servicio el modelo de tren 592 desde el año 1982 que funciona con combustible diesel con un consumo medio de 2,4 litros de gasoil por kilómetro, emitiendo 6,24 Kg de CO₂ cada kilómetro.

Un modelo equivalente como tren de cercanías es el 447, que es eléctrico y consume por valor medio de 7.6 kW·h (dato suministrado por RENFE) por kilómetro recorrido. Teniendo en cuenta la estructura del sistema eléctrico y según datos de Iberdrola, cada kW·h generado en el sistema eléctrico español genera la emisión de 0,4 kg de CO₂. Si se tiene en cuenta la ocupación media del tren de cercanías antes descrita se puede calcular una emisión por pasajero y kilómetro de **28 gramos de CO₂**.

En la **tabla 1 y el gráfico 1 del ANEXO III** se muestran los resultados comparativos. Se puede observar que el modelo 447 no solo es menos emisor de CO₂, sino que es casi tres veces más eficiente desde el punto de vista energético que el obsoleto modelo 592 diesel.

6.3. Aplicación de la energía solar al transporte ferroviario

En el caso en que se sustituyera el actual modelo diesel por otro eléctrico cabe preguntarnos si sería posible alimentar este tren con energía solar. De ser así habría que plantearse cuanto espacio necesitaría la instalación solar y cuanto costaría la misma. Para ello debemos realizar un exhaustivo análisis energético del sistema. Tomaremos como base de cálculo un kilómetro de vía férrea.

Se sabe que a la semana circulan por esa vía 202 trenes de ida y vuelta. Esto implica que al año circulen 10.532 trenes, así que la energía demanda es de **79.681 kW·h/año** para ese kilómetro de vía que hemos tomado como base de cálculo.

Por otro lado, se ha investigado el funcionamiento de un panel fotovoltaico, con lo que hemos averiguado que, según la Agencia de Gestión de Energía de la Región de Murcia la potencia solar fotovoltaica por unidad de superficie es de 0.1 kWp/m² y que la producción de energía solar por m² en Murcia es de 135 kW·h anuales.

Teniendo en cuenta lo anterior llegamos a la conclusión de que se necesitaría una superficie de placas solares de unos **590 m²**, con una potencia de **59 kWp** para poder llevar a cabo el proyecto.

Si tenemos en cuenta que el costo de instalación y puesta en marcha de un kWp solar es de 7000 €/kWp, el coste de la instalación ascendería a **413.161 €**

Es decir, por cada kilómetro de vía férrea que se quisiera electrificar con energía solar serían necesarios casi 600 m² de superficie y más de 400.000 €. No podemos decidir si son cifras elevadas o no si no las comparamos con otras que sirvan de referencia.

Se ha tomado como valores de referencia la superficie ocupada y el costo económico de un kilómetro de autovía. Según actualizaciones de datos de la DGT el costo medio de un kilómetro de autovía en España es de unos **3 millones de euros**. Esto supondría que la instalación solar tendría un precio que es del **13.5% de esa cantidad**. Esto nos da una idea de que la electrificación solar de una vía férrea no es una idea descabellada.

Por otro lado, y teniendo en cuenta los datos sobre la autovía A-7 descrita en el apartado 4, la superficie que ocuparía **1 km de autovía sería de 38.000 m²**. El mismo kilómetro de vía férrea ocupa un espacio de **8.400 m²**. Esto implica que el espacio ocupado por una hipotética vía férrea electrificada con el sol ocuparía un total de unos **9.000 m²**, 4,2 veces menos que la autovía.

6.4. Breve comentario sobre la energía solar

La anterior exposición de resultados no significa que una línea de tren electrificada se abastezca solamente de energía solar. Eso sería técnicamente inviable en la práctica. La idea es que la vía electrificada se alimente de la red eléctrica con normalidad. Por otro lado una instalación solar vertería en la red una cantidad de energía equivalente a la consumida por el tren.

Los anteriores resultados deben servir para hacernos reflexionar sobre la conveniencia de construir nuevas infraestructuras viarias para el coche en detrimento de las infraestructuras ferroviarias más novedosas. Además queda patente la posibilidad técnica y económica de apoyar el sistema ferroviario con energía solar.

7. CONCLUSIONES

1. El tren de cercanías se propone como la **mejor opción para desplazamientos habituales**, siendo competitivo en términos de tiempo de desplazamiento con el coche particular y superándolo ampliamente en el plano económico y medioambiental.
2. El tren sólo es competitivo con el coche en términos de velocidad real **cuando se combina con la bicicleta** o cuando los puntos de origen y destino se encuentran próximos a las estaciones de ferrocarril.
3. Desde todos los puntos de vista, **el tren es** más económico que el uso particular del coche, llegando a ser un **700 % más barato que el coche**.
4. Comparativamente, **el tren es un medio de transporte más sostenible** que el coche, alcanzándose reducciones de emisiones de CO₂ del 74 %.
5. Mejorando las **condiciones de accesibilidad de la bicicleta al tren** puede aumentar el uso de este medio de transporte, pues aumenta considerablemente la zona de clientela del mismo.
6. La **sustitución del actual modelo de tren 592 diesel por un 447 eléctrico** supondría mejorar la eficiencia energética en un factor de 3 y se reducirían las emisiones de CO₂ en un 51 %.
7. La aplicación de **energía solar fotovoltaica para alimentar un tren eléctrico se plantea como una solución técnicamente posible y económicamente razonable**. No obstante en ningún caso se plantea que el tren funcione directamente con energía solar, sino que esté alimentado de la red eléctrica, a la que verterían kW·h instalaciones solares de la potencia adecuada.

8. Comparativamente con un kilómetro de autovía, un hipotético kilómetro de **vía férrea electrificada con energía solar parece una alternativa razonable y ventajosa** en términos económicos, técnicos y de ocupación del territorio.
9. Debería **profundizarse más en la investigación** de la anterior posibilidad para determinar su viabilidad técnica y económica real.
10. A la luz de los resultados de este estudio se debería **replantear la conveniencia práctica, económica y medioambiental de seguir apoyando el actual modelo de uso intensivo e individual del automóvil** en detrimento de los sistemas de transporte público, en especial el ferrocarril.

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA:

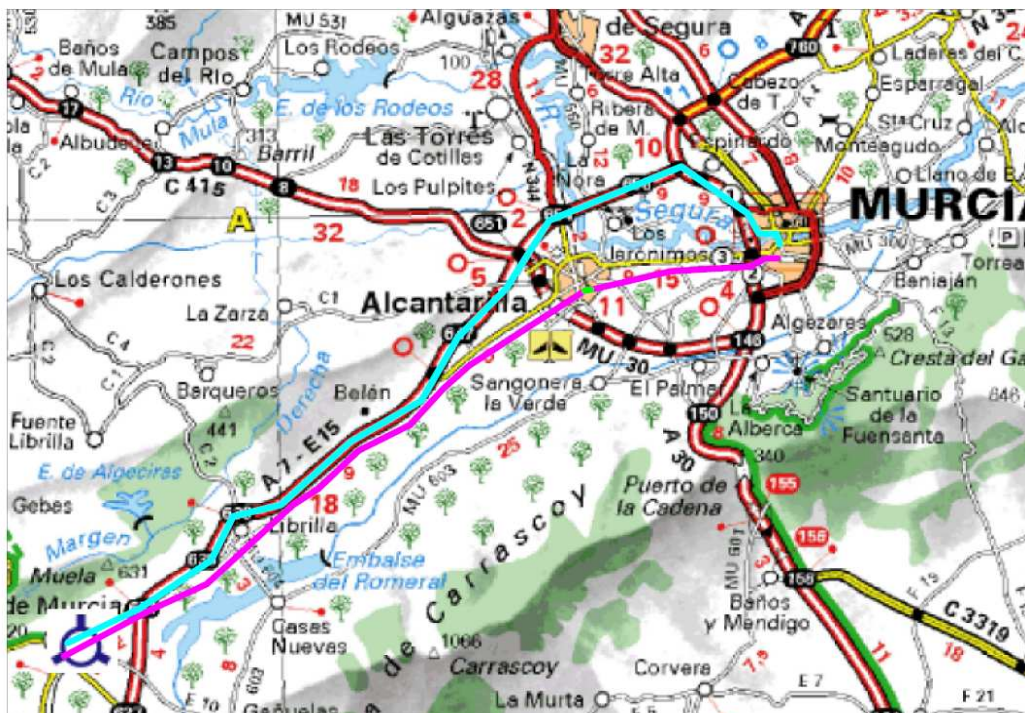
Publicaciones:

1. Informe Sobre la Sostenibilidad en España 2007. Observatorio para la Sostenibilidad en España. 2008.
2. Fernando Ballenilla. "El fin del petróleo barato" El Ecologista. Verano 2004.
3. Paul Roberts. "Al límite" Nacional Geographic. Edición en español. Junio 2008.
4. "En bici hacia ciudades sin malos humos". Oficina de Comunicaciones Oficiales de la Comisión Europea. Luxemburgo 2000.
5. "Informe: Precios de Carburantes y Combustibles. Comparación 2006-2007". Ministerio de Industria, turismo y comercio. 2008.
6. Factura Iberdrola mes de enero 2009.
7. ARGEM, "Energía Solar Fotovoltaica en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia". 2001.
8. Informe: Precios de Carburantes y Combustibles. Comparación 2006-2007. Ministerio de Industria, turismo y comercio. 2007.
9. Folleto informativo línea cercanías C-2. RENFE.

Páginas web:

1. Serie 592 de RENFE. <http://es.wikipedia.org/wiki/592.2>
2. <http://www.mityc.es/NR/rdonlyres/3EEAC5DD-9988-4CFB-A7E1-2BA3A21FA77E/0/91comparacion20062007.pdf>
3. <http://www.murcia.es/Inicio/..%5CBoletines%5Cpdf/010206NP2A.PDF>
4. www.eco.microsiervos.com
5. www.renfe.com
6. www.uic.asso.fr
7. www.murciaenbici.org
8. www.cartomur.com

ANEXO I: PLANO DE SITUACIÓN



					Escala:	s.e.		
				Fecha	Nombre	<p><i>PLANO DE SITUACIÓN Y VIAS DE COMUNICACIÓN</i></p>		
				Dib.	28/1/2009			A. M. Lopez
				Revi.	5/1/2009			A. Silvente
							1	
							PLANO	

ANEXO II: TABLAS Y GRÁFICOS COMPARATIVOS COCHE –vs- TREN DE CERCANÍAS

TABLAS:

Tabla 1: Tiempos de desplazamiento puerta a puerta:

	Viaje de ida (min)	Viaje de vuelta (min)	Viaje de ida y vuelta (min)
Coche	41	38	79
Tren + peatón	71	71	142
Tren + bici	41	41	82

Tabla 2: Comparativa económica:

	€/jornada (solo carburante)	€/jornada (carburante y aparcamiento en la calle)	€/jornada (carburante y aparcamiento en parking)	€/mes (solo carburante)	€/mes (carburante y aparcamiento en la calle)	€/mes (carburante y aparcamiento en parking)	€/año (solo carburante)	€/año (carburante y aparcamiento en la calle)	€/año (carburante y aparcamiento en parking)
Coche gasolina	5,78	8,68	18,32	127,26	184	388	1399	2024	4272
Coche gasoil	4,27	7,17	16,81	93,89	152	356	1032	1672	3920
Tren diesel	2,5	2,5	2,5	53	53	53	583	583	583

Tabla 3: Comparativa emisiones de CO₂ por pasajero:

	g CO ₂ /km-viajero
Coche gasolina	153
Coche gasoil	136
Tren diesel	58

Tabla 4: Comparativa multiparámetro:

	Tiempo de desplazamiento total de la jornada (min)	Costo anual de desplazamientos [carburante y aparcamiento en parking] (€)	Emisiones de CO₂ anuales (kg)
Coche gasolina	79	4.272	3.117
Coche diesel	79	3.920	2.769
Tren diesel	82	583	791
Diferencia coche gasolina-tren diesel	-3	3.689	2.328
Diferencia coche gasoil-tren diesel	-3	3.337	1.978

GRÁFICOS:

Gráfico 1: Comparativa de tiempos de viaje puerta a puerta.

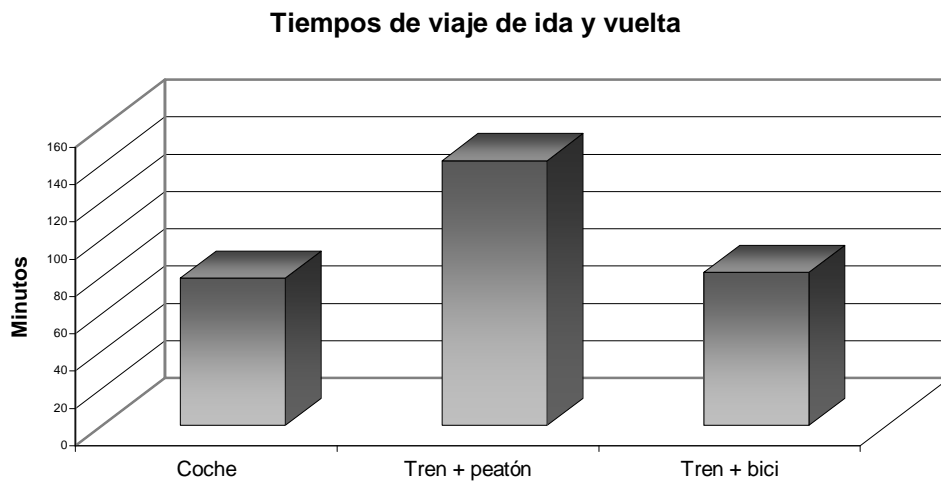


Gráfico 2: Comparativa económica.

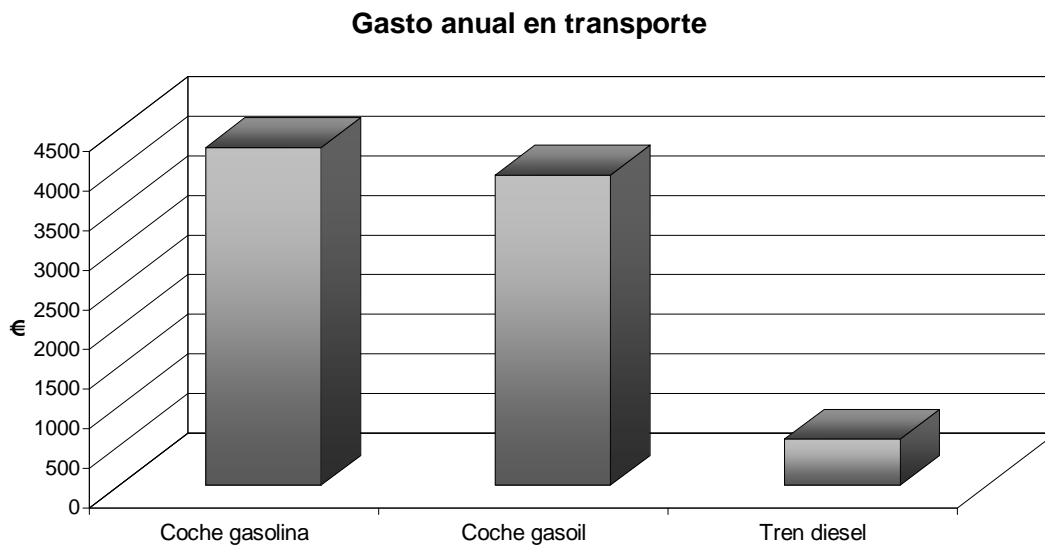


Gráfico 3: Comparativa de emisiones.

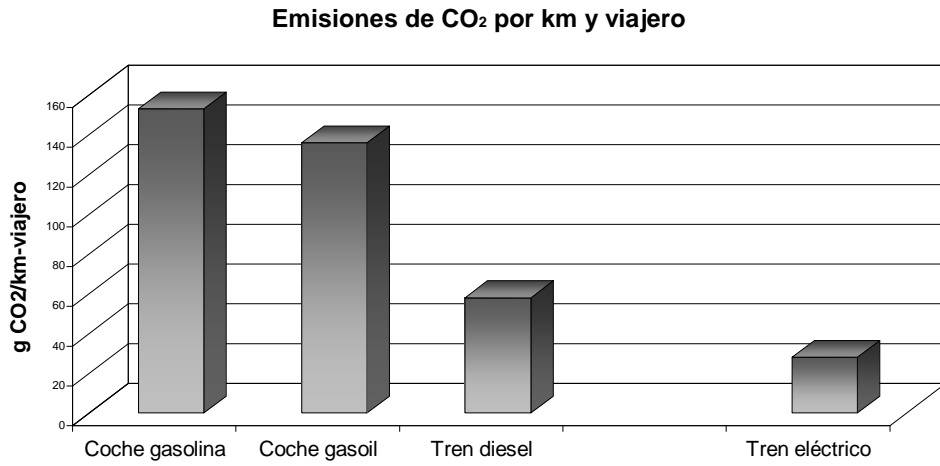
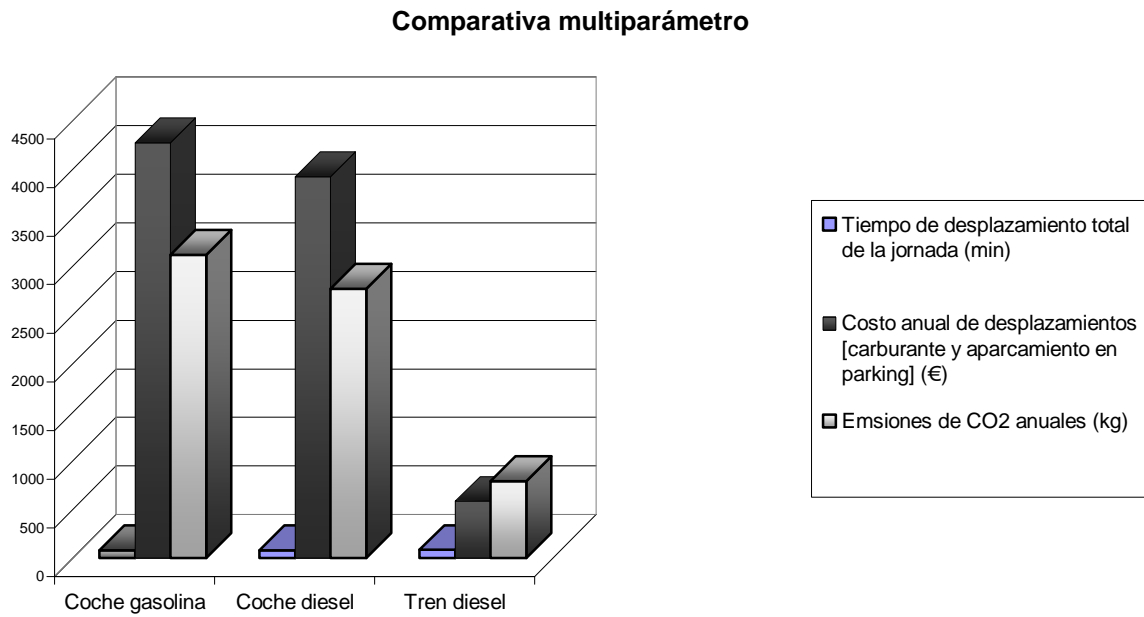


Gráfico 4: Comparativa multiparámetro.



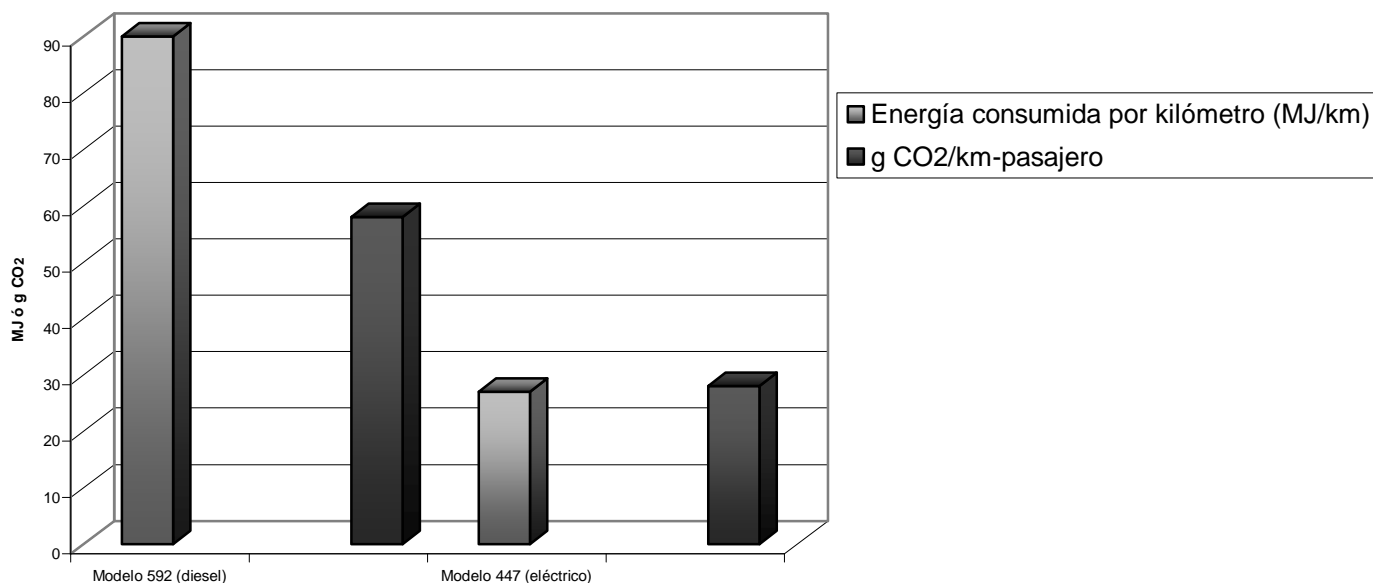
ANEXO III: COMPARATIVA ENERGÉTICA Y MEDIOAMIENTAL ENTRE EL MODELO DE TREN 592 (DIESEL) Y 447 (ELÉCTRICO)

Tabla 1: Comparativa energética y de emisiones entre el modelo 592 diesel y 447 eléctrico.

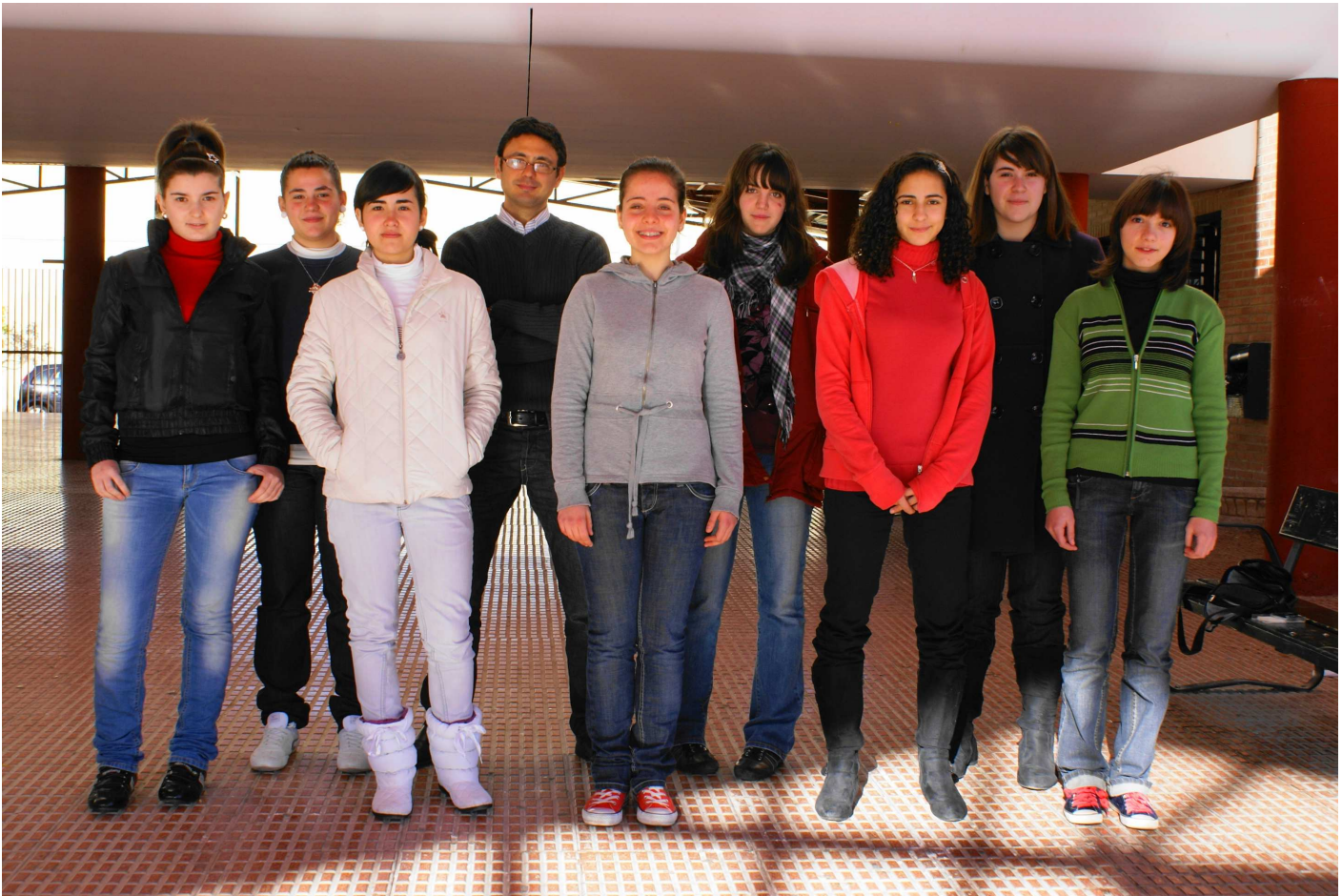
	Energía consumida por kilómetro (kJ/km)	g CO ₂ /km-pasajero	kg CO ₂ /pasajero-año
Modelo 592 (diesel)	90.468	58	791
Modelo 447 (eléctrico)	27.234	28	384
Diferencia	63.234	30	407

Gráfico 1: Comparativa energética y de emisiones entre el modelo 592 diesel y 447 eléctrico.

Comparativa energética y de emisiones entre los modelos de tren 592 y 447



ANEXO IV: FOTO DEL GRUPO E INTEGRANTES DEL EQUIPO DE TRABAJO



Componentes:

Alumnos de 3º de ESO (de izquierda a derecha):

María Yúfera Cánovas
Gloria Chumillas Andreo
María Elia Lopez Yúfera
Gema Gil Espadas
María Caja Díaz
Lidia Férez Díaz
Ana María López Pascual
Irene Sevilla Sánchez

Profesor:

Ángel Silvente Ortega.

ANEXO V: DATOS DEL CENTRO Y PERSONA DE CONTACTO

Nombre del centro:

IES Miguel Hernández.

Dirección:

C/ Miguel Hernández, 28
30840 Alhama de Murcia

Teléfono:

968 63 03 44

Persona de contacto:

Ángel Silvente Ortega

ANEXO VI: REFLEXIONES PERSONALES DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN A CERCA DE LOS RESULTADOS DE ESTE TRABAJO

Ana María

Al realizar este trabajo, hemos obtenido unos datos muy sorprendentes y resultados, igual de asombrosos, pero ciertos. Esta idea innovadora, podría ser útil en un futuro próximos donde no sería rentable construir una autovía. Algunos datos han sido más fácil de obtener, otros más difíciles, pero a todos les hemos dedicado su debido tiempo y esfuerzo que ha dado como resultado este trabajo en el que hemos participado todos y cada uno de los miembros del grupo, incluyendo al profesor que nos ha servido de gran ayuda. Otros datos, que han sido medidos en campo (y comprobado varias veces), quizás hubiéramos tenido que investigarlos más a fondo, pero es todo lo que hemos podido hacer en este tiempo.

María Caja

En nuestras clases de tecnología, hemos podido estudiar con bastante precisión el tema de la ecología y los problemas medioambientales, es algo a lo que le hemos dado su debida importancia, que no ha sido poca. No podemos dejar ver como nuestro planeta termina destruyéndose y con ella, nosotros, con esto hemos descubierto lo que de verdad nos rodea, incómodo, pero real, con lo que más de una vez han salido de nuestros ojos una especie de agua salada en forma de gotas llamadas lágrimas al ver lo que está siendo de aquello que un día nos dio la vida y nos ha mantenido hasta la hora de nuestra muerte, lo que nos ha llevado a plantear nuevas soluciones que hagan de esto un mundo mejor, esperando que el día de destrucción de este gran lugar llamado Tierra, no se refleje en años tempranos, que ese calor abrasador, inundaciones incontrolables, sequías, plagas, ciclones, fusión de glaciales, aumento del nivel del mar que hemos ido incrementando por nuestra avaricia y el querer cada vez más, no se pueda observar dentro de no mucho tiempo. Es hora de cambiar, darle las gracias a lo que nos ha mantenido hasta ahora y darnos una última oportunidad.

Nuestro profesor Ángel Silvente Ortega nos habló de este proyecto, del que no hemos dudado en contribuir ni un momento. Hemos trabajado duro, quitando horas de nuestro estudio habitual para salir a fuera a buscar lo que ni en libros, enciclopedias y ni en Internet pudimos encontrar, dirigiéndonos a la estación, a la gasolinera, a personas que realizan el viaje de Murcia-Alhama/Alhama-Murcia día a día para saber el tiempo del trayecto, haciendo viajes hasta el lugar donde alguna persona especializada podía responder nuestras preguntas, y hasta haciendo llamadas de teléfono al centro donde trabajan cada día con los materiales cuyo funcionamiento perseguíamos conocer como es con el de los paneles fotovoltaicos, el coste de su instalación, energía que produce, etc. Muchos de los datos, como pueden ver, se han trabajado con gran esfuerzo y nunca sin rendirnos, otra información, por mucho que hemos luchado, no se ha podido averiguar con exactitud, como es por ejemplo, los coches que circulan por la autovía, que han sido contabilizados por nosotras, una y otra vez hasta haber sacado una media, como ha sucedido también con los días laborales al mes. Nos hubiera gustado resolver más de una pregunta que se han quedado sin solución, tal vez porque no han respondido a nuestras llamadas y/o no hemos podido averiguar nada sobre esas cuestiones, es algo de lo que se tendría que investigar más a fondo pero hemos podido obtener información de sobra como para estar seguros de una cosa, el tren eléctrico es una gran solución con resultados no menores. Simplemente construyendo vías ferroviarias eléctricas en lugar de nuevas autovías y vías actuales de diesel y reponiendo estas con esta nueva idea, el consumo disminuiría y con él, la emisión de CO₂ a la

atmósfera. Este sería el billete de salida que parará en la estación de la oportunidad situada en la ciudad mejor vida. Dando a conocer al mundo el lugar en el que vive y todo lo que le rodea, los peligros que corremos y sus soluciones, posiblemente decidan cambiar su vida perfectamente cómoda con todo electrificado y derrochando sin control, quizás se den cuenta de que la Tierra se ha convertido en un vertedero lleno de paisajes y lugares destruidos y elijan un camino tal vez no tan fácil, pero sin falta de nada y contribuyan en alargarle la vida tanto a la señora que nos ha mantenido desde siempre, como a los que habitan en ella, nosotras ya lo estamos haciendo, ¿por que vas a ser menos?

Gema

Con este proyecto mis compañeras y yo hemos averiguado datos y obtenido resultados que jamás podríamos haber imaginado, todo el tiempo que hemos empleado en buscar la información necesaria para realizar cálculos y buscar toda la información que nos ha llevado a finalizar este proyecto; nos ha hecho darnos cuenta de muchas cosas y ver que realmente hay una solución a todos los problemas medioambientales que hay hoy en día en nuestro planeta. Gracias a todo este esfuerzo he terminado de ver claramente que hay que reaccionar rápido y pronto para poder controlar todo lo que sin querer hemos formado entre todos, un ejemplo de esto sería el CO₂ que emite un coche en un pequeño trayecto de apenas 30 kilómetros; y una de esas soluciones podría ser poniendo trenes alimentados por energía solar, ya que resultaría más eficiente y aportaría más beneficios que seguir utilizando trenes que funcionen con diesel o con otros carburantes. A partir de este trabajo también he terminado de sentar mis opiniones acerca del transporte alternativo, poniendo de nuevo como ejemplo al señor que tiene que ir a trabajar a otra ciudad, y explicando que usando el tren, el autobús.... a diario es más beneficioso y económico que usar el coche diariamente. Pienso que todo el mundo o gran parte de la población debería usar el tipo de transporte nombrado anteriormente ya que dentro de un periodo de tiempo (no muy lejano) notaremos todos.

Lidia

Realizando este trabajo, proyecto sobre el tren y el sol, hemos llegado a diversas conclusiones. Con nuestra investigación, dedicación y esfuerzo llegado a demostrar que el uso del tren es más favorable y más beneficioso que el tren. Tanto económicamente como medioambientalmente. Hemos conseguido muchos datos, mediante nuestra investigación, aunque han sido obtenidos por chicas de 3º de E.S.O, todos demuestran su realidad y validez. También, hemos querido plantear soluciones, y hemos llegado a la conclusión de que, utilizando el dinero que se vería invertido en la construcción de una nueva autovía, se podría hacer una estación solar que alimentara a los trenes de la vía de cercanía. Ya que Murcia es una zona muy cálida, desde el punto de vista ecológico, merece la pena invertir el dinero para el tren, ya que disminuiríamos las emisiones de CO₂, en vez de construir una autovía, probablemente innecesaria, para contribuir en su aumento. Sin embargo, hay unos cuantos resultados a los que no hemos podido llegar, debido a que requieren más investigación y fuentes más importantes. Por ejemplo, sería interesante averiguar, si el tren podría absorber todo el tráfico de una autovía. De éste modo, aumentarían los beneficios de las placas solares, para alimentar a dicho tren.

Hemos utilizado este tema para el trabajo, porque es algo necesario y futuro, ya que si queremos conservar la Tierra, debemos plantearnos alternativas para ello, y es muy importante el uso del transporte público. Quedan demostradas las ventajas de éste frente al coche. Es hora de la práctica en la vida.

María Yúfera

Este proyecto me ha enseñado cosas de las que nosotras carecíamos, como por ejemplo la gran importancia que tiene el tren, ya que este puede albergar gran cantidad de pasajeros en el mismo tiempo, consume mucho menos que un coche y emite muchísimo menos CO₂ que los otros transportes.