



MEMORIA DESCRIPTIVA DEL TROZO 20 TRAMO 1°

12 DE ABRIL DE 1944

INGENIERO CARLOS HARDISSON

Primera parte: Consideraciones relativas al proyecto en general.

Situación e importancia de la carretera y enlace con las demás de la isla: La base del sistema viario de la isla de Tenerife, la constituye el circuito de circunvalación insular, del que parten casi todas las demás carreteras y por intermedio del cual quedarán enlazadas con la capital los distintos pueblos y zonas de la isla.

Constituyen este circuito de circunvalación las carreteras comarcales llamadas, adoptando las nuevas denominaciones, de Santa Cruz de Tenerife a Guía, por el Norte y de Santa Cruz de Tenerife a Guía, por el Sur, formada la primera por las antiguas carreteras de Santa Cruz de Tenerife a la Orotava, desde la Capital a Las Arenas; la de Orotava a Buenavista, desde su origen a Icod y la del Puerto de San Marcos a Guía, desde Icod a Guía y la segunda por la carretera de Santa Cruz de Tenerife al Rosario y la de Santa Cruz de Tenerife a Buenavista desde Taco (final de la anterior) a Guía, comprendiendo esta última un pequeño trozo común con la carretera de Arona a su Puerto.

De estas dos carreteras comarcales que constituyen el circuito de circunvalación, la C-820 de Santa Cruz de Tenerife a Guía, por el Norte está completamente terminada y en servicio en toda su longitud y la C-822, de Santa Cruz de Tenerife a Guía, por el Sur, cuyo tramo 1° del trozo 20° nos ocupa, está terminada y en servicio hasta el pueblo de San Miguel en donde termina el trozo 16°, casi terminado el trozo 17°, aprobado el proyecto y pendiente de replanteo previo del trozo 18° y en ejecución el del trozo 19°.

La gran importancia de esta carretera deriva por lo tanto en la circunstancia de formar parte del circuito de circunvalación de la Isla y de unir los distintos pueblos del Sur de Tenerife con su Capital y puerto principal ya directamente o por intermedio de ramales que de esta carretera arrancan, encauzando por otra el tráfico que proviene de las actividades agrícolas de la vertiente Sur de la Isla al atravesar zonas importantes de cultivos.

Por intermedio de los trozos que faltan hasta Guía de Isora, quedará el trozo 20° enlazado con la carretera C-820 de Santa Cruz de Tenerife a Guía, por el Norte.

Descripción del terreno y constitución geológica: Está formado el terreno en la primera parte del trazado de este tramo 1° por una serie de lomos estrechos alternados con barranquillos, accidentes que la traza atraviesa sin contornearlos, dando lugar a una serie de trincheras y terraplenes sucesivos, al final del trazado el terreno es más suave, formando parte de la gran extensión del terreno que atraviesa la traza para alcanzar el barranco de Adeje, ya en el trozo 21° y que en su conjunto forma una especie de planicie surcada de vez en cuando por barranquillos y barranqueras de poca importancia, algunos de los que, dentro del tramo que nos ocupa, se reúnen para formar el barranco de La Rambla.

En la primera parte del trazado el terreno está constituido por potentes capas de toba volcánica sobre un basamento de basalto, que únicamente en el primer lomo que atraviesa queda al descubierto y que se utiliza como cantera de donde obtener parte de la piedra necesaria para las mamposterías y para el firme.

En la segunda parte del trazado, la capa superficial del terreno está formada por material suelto que proviene de los acarreos, entre los que se encuentra gran diversidad de productos, desde la arena hasta la lava fraccionada en toda clase de tamaños y material tobáceo también fraccionado.

La piedra suelta basáltica se puede también aprovechar para las obras, extendiéndose la zona de recogida hasta el final del tramo paralelamente a la línea y en zona inmediata a la traza.

Justificación del trazado en general: Como el trazado general de ésta carretera desde el pueblo de San Miguel hasta Adeje, fue objeto de un detenido estudio cuando el ingeniero que suscribe proyectó el trozo 17° y en la memoria de dicho proyecto se hizo una detenida justificación de todo el trazado, estudiando comparativamente las posibles soluciones que cabría adoptar, mereciendo la superior aprobación dicho trazado general al aprobarse el nombrado proyecto del trozo 17°, aquí nos limitamos a copiar la justificación que allí se hizo, advirtiendo solamente que las cifras de costes kilométricos que se señalan han aumentado considerablemente, dado el tiempo transcurrido, por los aumentos experimentados tanto en los jornales como por los materiales y además por el mayor ancho de la explanación en lo que se refiere a los trozos 18° y siguientes al adoptarse para esta carretera el que corresponde a las carreteras comarcales.

Antes de la elección del trazado adoptado, se procedió a un detenido reconocimiento de la zona afectada y se hicieron varios tanteos con el fin de determinar cual de los posibles trazados era el más conveniente, teniendo en cuenta todo el servicio que la carretera ha de prestar como las condiciones técnicas y económicas que resulten para el trozo.

Como el trazado de este trozo depende en parte del que se adopte en las líneas generales para la carretera en la parte comprendida entre San Miguel y Adeje, que abarcará probablemente cuatro trozos, a toda esta zona se han extendido los previos reconocimientos y tanteos y se han tomado seguidos los datos completos para los trozos 17° y 18° que en realidad forman una unidad, dividiéndose en dos trozos por resultar una longitud total de diez kilómetros con un presupuesto total muy elevado.

Dada la característica dispersión de los poblados en Canarias, con caseríos diseminados y pequeños grupos o núcleos que se encuentran a alturas muy diferentes aunque próximos en distancia horizontal, es imposible servir con el trazado de la carretera a todos estos pequeños caseríos y como naturalmente todos los poblados aspiran a que la carretera pase por sus proximidades y esta aspiración es imposible de alcanzar para todos ellos, surgen protestas de los

que se consideran preteridos. Por ello nos vamos a detener aquí a explicar con alguna extensión las razones que nos han llevado a adoptar el trazado de la carretera, tanto en la parte correspondiente a este trozo 17° como en el siguiente, que enlaza con la carretera de Arona a su Puerto y, en sus líneas generales, en todo el trazado hasta Adeje. En dicho trazado se ha procurado conjugar el mayor beneficio que la carretera puede reportar a la región atravesada, en su doble aspecto de servicio a los poblados y facilidad para la salida de los productos de la tierra, con la obtención de la mayor economía posible, aprovechando las zonas de terreno más apropiadas para establecer la explanación en condiciones técnicas, con las siguientes ventajas y facilidad para la circulación.

Después de pasar el trazado próximo a los caseríos de Tamaide y El Roque se presentan dos posibles soluciones entre las que es necesario optar, al encontrarnos frente a la montaña del Roque de Juana "Jama". Una solución sería empezar a subir con rampa fuerte desde el origen del trozo para alcanzar el puerto o collado al Norte de dicha montaña y la otra contonear en pendiente la montaña o lomo de La Centinela que es la prolongación hacia el Sur de la montaña del Roque de Juana "Jama".- La primera sería necesaria si se quiere imponer al trazado la obligación de pasar por el poblado de Arona, al que se llegaría contorneando el circo que forma la parte alta del Valle de San Lorenzo, cruzando el collado al Norte de la montaña de Cospedal y pasando próximo al caserío de Túnes. De adoptarse este trazado se dejaría a un lado el caserío de San Lorenzo que quedaría a un nivel inferior de unos doscientos metros al de la carretera, a pesar de que dicho poblado, junto con su antiguo barrio de Las Toscas, constituye el núcleo más numeroso del término municipal de Arona. Además, el contorno de la parte alta del Valle de San Lorenzo nos llevaría a un coste elevadísimo por lo escarpado del terreno, que sobre todo a la salida del collado del Roque de Juana "Jama" es completamente acantilado. Este trazado se ha indicado con traza de color verde en el plano general de la zona que presentamos en el anexo número 2 a esta memoria. La otra solución es el trazado adoptado, que consiste en contornear la montaña o lomo de La Centinela para obtener el suficiente desarrollo para bajar al Valle de San Lorenzo, incorporando así a la red de carreteras el caserío de este pueblo y su extensa zona de cultivos.

Con esta segunda solución y al encontrarse la traza en el barrio de San Lorenzo, caben otras dos variantes para alcanzar la carretera de Arona a su Puerto, ya que si se baja al Valle no se puede enlazar directamente con el pueblo de Arona. La solución más corta y que se desarrolla en terreno más favorable es la adoptada, que enlaza en pendiente suave el pueblo de San Lorenzo con la revuelta del kilómetro 5 de la carretera de Arona a su Puerto, enlace que se obtiene con una longitud de tres kilómetros con trazado en planta muy amplio. Cabe sin embargo, un enlace con la carretera de Arona a su Puerto en punto más próximo al pueblo de Arona, subiendo en rampa fuerte desde San Lorenzo hasta alcanzar la carretera de Arona a su Puerto en su revuelta del kilómetro 1, desarrollando la traza por la ladera de la montaña

del Roque Vento y proyectando un zig-zag para poder obtener el desarrollo suficiente para alcanzar el collado de la Sabinita, al Norte de dicha montaña, desde el cual el enlace con la carretera no ofrece dificultades; esta solución se ha señalado en el anexo número 2 con trazo de color amarillo. La solución aceptada en el trazado del trozo 18° que es la primera de las indicadas, es desde luego mucho más económica, tanto por ser de menor longitud, puesto que la segunda solución tendría un aumento de desarrollo próximamente a una cuarta parte de el de la primera solución, como porque el coste kilométrico de la segunda variante se puede calcular en 50 por 100 por lo menos más caro que el de la traza adoptada.

Sin embargo no es solamente el coste de este tramo de carretera lo que ha decidido la adopción de la solución baja, puesto que si la carretera general hubiera de pasar por el pueblo de Arona para enlazar con Adeje por la zona alta, la segunda vertiente, aunque más larga en sí, significaría un acortamiento en el recorrido general de la carretera, y cabría considerar si este pequeño acortamiento compensaría el exceso de coste del tramo de carretera comprendido entre San Lorenzo y la carretera de Arona a su Puerto. Pero es precisamente el trayecto entre Arona y Adeje lo que determina y justifica el trazado desde San Miguel en sus líneas generales y por ello hemos extendido este estudio a zona tan alejada del trozo objeto de este proyecto.

Aunque la distancia horizontal que separa los pueblos de Arona y Adeje es de cinco kilómetros, la longitud de los posibles trazados de la carretera que une dichos pueblos es muy superior, habida cuenta de los desniveles entre los extremos del trazado y las alturas de los obstáculos que entre ellos se interponen y puntos de paso obligado. La altura sobre el nivel del mar de Arona es de unos 640 metros y la de Adeje de unos 260 metros. Entre estos dos pueblos se interponen dos obstáculos de gran importancia que son el Roque del Conde con el macizo montañoso que le sirve de base, próxima a Arona y el barranco del Agua o de Adeje, contiguo a este pueblo. Del reconocimiento del curso de este barranco se deduce que el punto de paso más alto se encuentra a unos 140 metros sobre el nivel del mar, por encima de cuya altura el cruce del barranco de Adeje tendría que efectuarse en condiciones onerosísimas. Ahora bien, para salvar el macizo montañoso que se interpone entre Arona y el barranco de Adeje hay que alcanzar el puerto que existe entre el Roque del Conde y la montaña Suarez, que está a unos 760 metros sobre el nivel del mar. De forma que el trazado alto partiendo del mismo pueblo de Arona consistiría: 1°, en subir el collado de Los Roques, trayecto que calculamos en unos tres kilómetros teniendo en cuenta que la distancia horizontal es cerca de dos kilómetros y hay que cruzar varios barrancos de bastante importancia; 2°, bajar desde el nombrado collado al punto de paso del barranco de Adeje, salvando un desnivel de 620 metros, lo que representa como mínimo, un desarrollo de nueve kilómetros a través de un terreno sumamente quebrado, de inclinación transversal, muy fuerte y surcado por numerosos barrancos y barranqueras profundos, que daría por resultado un coste kilométrico elevadísimo. Y 3°, subir desde el punto de cruce

del barranco del Agua al pueblo de Adeje salvando el desnivel de 120 metros que separa a dichos puntos, con una longitud que se puede calcular en unos dos kilómetros. Esta tercera parte del trazado sería común a todas las soluciones que cabría intentar. En definitiva, la longitud total de esta solución sería de unos catorce kilómetros, con un coste medio de 200.000 pesetas por kilómetro. La solución alta se ha indicado en el plano del anexo número 2, con trazado de color verde.

El trazado que creemos más lógico para unir Arona con Adeje es la solución baja que utilice parte de la carretera de Arona a su Puerto ya construida para abandonarla en el punto que habría de fijarse en el estudio del trozo 19°, probablemente dentro del kilómetro 9, desarrollándose la traza en el terreno favorable, sobre todo desde la montaña o cráter de La Caldera hasta el punto de paso del barranco del Agua con una longitud para este proyecto de unos ocho kilómetros; desde el barranco del Agua hasta Adeje el trazado sería común con la solución alta. La longitud de carretera a construir sería pues aproximadamente de diez kilómetros con un coste medio que calculamos en 125.000 pesetas por kilómetro.

Comparando ambos trazados que desde el punto de vista de la longitud son equivalentes, si lo sumamos al trazado bajo los cuatro kilómetros que aproximadamente tendría común con la carretera de Arona a su Puerto, en servicio desde hace años. Desde el punto de vista económico, la solución alta tendría un coste superior al doble del coste de la solución baja, aún teniendo en cuenta lo que costaría mejorar el trayecto común con la carretera de Arona a su Puerto, para modernizar el trazado. En cuanto a las condiciones de viabilidad de los trazados tenemos que el bajo sería en su mayor parte amplio con alineaciones rectas de gran longitud y, por el contrario el alto tendría que irse plegando a las numerosísimas inflexiones del terreno formadas por los lomos y barrancos que se suceden sin interrupción, admitiendo además el trazado bajo rasantes más suaves que el trayecto alto en el que necesariamente habría que forzarlas.

En cuanto a la utilidad y servicio que la carretera reportaría a la zona atravesada tenemos que en la cruzada por la solución alta no se encuentren sino terrenos desnudos y rocosos, sirviendo únicamente el barrio de Vento, contiguo a Arona; en cambio en el trazado bajo se atraviesa la zona de posibles cultivos especiales que, aunque poco, desarrollados hasta ahora en aquella zona, se llegarán a establecer cuando aumente el caudal de agua disponible, encauzando además el tráfico de aquella región hacia el Puerto de los Cristianos, cuya bahía posee inmejorables condiciones y en el que hace poco se ha construido por el Estado un muelle embarcadero.

No consideramos una solución intermedia que consistiera en contornear, por el Sur el macizo montañoso del Roque del Conde pues tendría inconvenientes del trazado alto, sin ninguna otra ventaja.

Demostrada, como creemos queda la necesidad del trazado bajo entre Arona y Adeje, que se ha señalado con trozos rojos en el plano anejo numero 1, queda patente la conveniencia del resto del trazado entre San Miguel y la carretera de Arona a su Puerto, tal como lo hemos explicado en sus líneas generales y por consiguiente queda también justificado el trazado general del trozo 17°, objeto de este proyecto en la forma que se propone.

Resumiendo las ventajas del trazado general que proponemos diremos que es el más económico y que con el queda servido el poblado de San Lorenzo y la zona de cultivos del Valle del mismo nombre, se acerca al Puerto de los Cristianos, que es la bahía que posee mejores condiciones naturales de toda la isla y atraviesa la zona baja de los Cristianos y Adeje, que tiene porvenir agrícola por ser susceptible a ser puesta bajo riego, transformación que ya se está iniciando. La única aspiración que no puede llenar este trazado es pasar por el pueblo de Arona que es la cabeza del término municipal, pero esto no significa que este pueblo quede aislado, puesto que no tiene servicio la carretera de Arona a su Puerto, quedando enlazada por mediación de esta carretera con la general con un recorrido por ella de cuatro kilómetros y medio, y hemos de tener en cuenta que el Valle de San Lorenzo es el barrio más poblado del término municipal de Arona y que los Cristianos está creciendo a tal punto que no transcurrirán muchos años para que se convierta en un pueblo importante, siendo ya su caserío más numeroso que el de Arona.

Principio y fin del trozo y su longitud: El trazado general desde la carretera de Arona a su Puerto hasta el camino vecinal de Adeje a se ha dividido en tres trozos (19°, 20°, y 21°) y el trozo 20° se ha subdividido en dos tramos de características homogéneas y con presupuestos que no sean muy elevados para facilitar su adaptación a los planes anuales de obras y servicios de la Junta. Como el final del trozo 19° se fijo en el perfil 155, por las razones expuestas queda determinado el origen de este tramo 1° del trozo 20°. El final del tramo se ha fijado en el perfil 264, que corresponde al barranquillo de Los Cardones.

La longitud de este tramo 1° es de 1.495,72 metros.

Ancho de la carretera: Estando clasificada la carretera que nos ocupa entre las comarcales con el número C.822, en este proyecto se ha adoptado para ancho de la explanación el de 7.50 metros que en condiciones normales marca para las de su clase la Instrucción de carreteras, aprobada por Orden del Ministerio de Obras Publicas de 11 de Agosto de 1939. Este ancho de explanación se entiende en las alineaciones rectas puesto que en las alineaciones curvas viene aumentado en los sobreamanchos correspondientes.

La distribución de este ancho total en las alineaciones rectas es, de acuerdo con la Instrucción, de 6.50 metros para el afirmado y de 0.50 metros para cada paseo. En las curvas se conservan los paseos de 0.50 metros, quedando afectados de esta forma los sobreamanchos en toda su latitud a la zona afirmada.

Alineaciones curvas de radio variable: En este proyecto se ha utilizado para unir las alineaciones rectas, curvas de transición de radio variable en lugar de curvas circulares tradicionalmente empleadas en los trazados de las carreteras.

Siguiendo la orientación marcada por el Ingeniero de Caminos Itmo. Sr. Don Bienvenido Oliver, en sus artículos publicados en la "Revista de Obras Públicas" y posteriormente en su libro "La curva de transición en carreteras y la lemniscata de Bernouilli", y utilizando las teorías expuestas por F.C. Royal-Dawson en su libro "Element y Curss Desing" se ha adoptado como curvas de transición arcos simétricos de lemniscata de Bernouilli, haciendo que el punto de inflexión de ésta curva coincida con las tangentes de entrada y salida y en la bisectriz del ángulo de las alineaciones coincida con el radio de curvatura mínima, siendo ésta bisectriz el eje de simetría de la alineación curva.

Estas alineaciones curvas de radio variable ya han sido adoptadas en otros proyectos redactados en esta junta, como en los trozos 17° y 18° de esta misma carretera, y aprobados por la Superioridad, estando algunos de ellos ya ejecutados.

La razón que aconseje principalmente la adopción de la lemniscata como curva de enlace en los trazados de carreteras es la conveniencia de que la traza proyectada puede adaptarse a la trayectoria que a los vehículos automóviles les sea posible describir circulando a velocidades normales. Como en un trazado con curvas circulares, en el punto de tangencia existe un salto brusco del radio de curvatura que pasa de infinito, en la recta, el radio finito de la curva circular, a un automóvil no le es posible seguir esa trayectoria con cambio instantáneo del radio de curvatura, a no ser que se detenga al entrar en la curva y maniobre el volante de dirección para emprender de nuevo la marcha cuando el giro de las ruedas delanteras haya alcanzado la posición que corresponde al radio de la curva circular. Por ello un automóvil, al circular por una carretera con curvas circulares, se ve forzado a describir una trayectoria distinta a la marcada por la carretera y describe dentro de la explanación una curva de transición entre la recta y la curva circular pasando de una manera continua del radio de curvatura infinito al mínimo de la curva y saliéndose por lo tanto de su propia zona de circulación, e inversamente ocurre a la salida de la alineación curva. Parece lógico, por lo tanto, adaptar el trazado de la carretera al modo de circular de los vehículos que han de utilizar la vía.

Entre las curvas que se pueden utilizar como curva de transición, la lemniscata de Bernouilli es la más adecuada, por la serie de propiedades interesantes que por su sencillez, hace que un estudio hecho a base de dicha curva, no ofrezca mayores dificultades que los trazados con curvas circulares.

Otras ventajas que representa las curvas de transición es que a la variación de su radio de curvatura puede adaptarse la variación de los peraltes, mientras

que en los trazados con curvas circulares, siempre tiene que existir una zona en que el peralte no es el que corresponde al radio de la curva.

Y lo mismo podemos decir de los sobreamplios para el cruce de vehículos en las curvas, que por ser también función del radio de curvatura de la curva, admiten una mejor adaptación con curvas de transición, sin tener que invadir la alineación recta.

Con el empleo de la lemniscata surgen nuevos elementos y conceptos que hemos de analizar a fin de adaptar a estas curvas de transición cuantas prescripciones existen respecto a las circulares. Según el artículo 6º de la Instrucción de carreteras vigente que contiene las prescripciones referentes a nuevos trazados de carreteras se fija el radio mínimo para los trazados de las comarcales en 60 metros. Indudablemente esta condición es excesiva (con igualdad de criterio) si nos referimos al radio mínimo de un enlace con lemniscata ya que tiene lugar en un solo punto mientras que en la curva circular lo es en un todo su desarrollo. Por esto y para establecer una comparación, hemos creído conveniente la obtención en aquellas de un radio medio que definimos como el de un arco circular correspondiente al mismo ángulo de las alineaciones y con igual desarrollo que el arco de lemniscata. En el anexo número 4º figura junto con el radio mínimo, el radio medio deducido de esta manera y que sensiblemente es doble de aquel. Hemos de observar, además, refiriéndonos a las prescripciones de la Instrucción, que hay una contradicción entre los radios mínimos admisibles según dicho artículo 6º para las tres clases de carreteras y la justificación que de ellos se hace en el artículo 7º de la misma Instrucción al tratar de los peraltes. Del cuadro de peraltes de la Instrucción se deduce que, con adherencia de 0,35 y peralte de 0,12, que son los admitidos a los radios de 100 metros, 60 metros y 40 metros, corresponden velocidades básicas de 80,61 y 50 kilómetros por hora que representan un margen amplísimo sobre las velocidades básicas de 60,50 y 40 kilómetros por hora que se adopta para determinar los peraltes y un margen aún mayor para las comarcales y locales si se comparan dichas velocidades básicas de 45 y 30 kilómetros por hora que para la determinación de la faja de circulación se ha tenido en cuenta al fijar los anchos de la explanación de dichas clases de caminos en el artículo 2º de la Instrucción. En este trozo se ha podido lograr radios mínimos muy amplios pero hacemos las anteriores consideraciones porque en los terrenos que generalmente atraviesan las carreteras en Canarias aquella prescripción es muy difícil de conseguir tanto para las alineaciones curvas de radio variable como para las circulares.

El estudio lógico de un trazado se ha de hacer con miras a que la velocidad de circulación pueda mantenerse aproximadamente constante dentro de las zonas de topografía semejante y para esa velocidad uniforme hemos de estudiar las curvas. En las de radio variable la fuerza centrífuga aumentará progresivamente desde la tangente, en que es nula por ser el radio de curvatura infinito, hasta la bisectriz en que tomará el valor máximo que corresponde al radio de curvatura en dicho punto. Y para que este incremento

de fuerza centrífuga no resulte molesto al viajero tendrá que llevarse a cabo con cierta lentitud. Experimentalmente se ha deducido que el incremento de la aceleración centrífuga en la unidad de tiempo no debe de pasar de un cierto valor para que la velocidad adoptada resulte cómoda; en definitiva debe existir una relación entre la velocidad de circulación y la ley de variación de los radios de curvatura para que el viajero no experimente dicha sensación centrífuga. En la lemniscata el parámetro a define la ley de variación de los radios de curvatura y para ella se ha deducido la relación $a=0,46$ y $3/2$ en donde a es el parámetro de lemniscata en metros y la v la velocidad cómoda en kilómetros por hora. Por consiguiente, dado el ángulo de las alineaciones y la velocidad de circulación, quedan determinados todos los elementos de la curva para que la circulación resulte cómoda. En nuestro trazado se ha adoptado el parámetro de 100 metros que corresponde a una velocidad de circulación cómoda de 36 kilómetros por hora.

Llamamos relación centrífuga a la que existe en cada momento entre la fuerza centrífuga y el peso del vehículo, que representan la inclinación de la resultante de dichas fuerzas respecto a la vertical y vale $\frac{v^2}{R} = \frac{127}{R}$, si expresamos la velocidad en kilómetros por hora y el radio de curvatura en metros; prescindiendo del peralte dicha relación centrífuga no debe sobrepasar el valor del coeficiente de rozamiento del vehículo con el pavimento que, para este caso y con criterio restrictivo admitimos de 0,25, de acuerdo con Royal Dawson y Oliver.

Para una curva de transición determinada habrá un valor máximo de V que cumpla con la condición anterior en el punto en que R sea mínimo y a esta velocidad llamamos velocidad de seguridad.

Cuando el vehículo recorre con velocidad constante una trayectoria de radio variable, irá disminuyendo el radio de curvatura de un modo continuo y por lo tanto aumentará la relación centrífuga que antes hemos definido; cuando esta adquiera el valor máximo de 0,25, que corresponde a la velocidad de seguridad, y el vehículo no haya llegado al eje de simetría de la curva, será necesario continuar con trayectoria circular hasta dicho eje y reproducir luego simétricamente lo hecho al entrar en la curva. Si la trayectoria de radio variable es una lemniscata y la velocidad del vehículo es la cómoda antes definida que corresponde al parámetro de dicha curva, vemos que, para cada lemniscata, caracterizada por su parámetro existirá un punto límite que no debe rebasar y que viene determinado por su desarrollo o distancia al origen (tangente de entrada), que se obtiene de la fórmula $L=3,746 a^{2/3}$ deducida con arreglo a las condiciones que preceden y teniendo en cuenta la relación existente entre la velocidad cómoda y el parámetro de la lemniscata. En el presente estudio no ha sido preciso intercalar arco circular intermedio como hemos comprobado en cada caso, comparando el semi-desarrollo de cada curva con el valor límite dado por la fórmula citada.

Para los sobreeanchos en las curvas adoptamos las normas siguientes: los sobreeanchos se disponen tanto al exterior como en el interior del afirmado y

explanación de forma que el eje teórico del trazado sea la línea de reparación de las zonas destinadas a cada sentido de circulación. Las aristas interior y exterior de la explanación en las curvas serán lemniscatas que quedan definidas por la condición de que en la secante el sobreancho tome el valor máximo correspondiente al radio mínimo; valores calculados en el anexo número 14° de esta memoria para curvas circulares y que además sean tangentes a las aristas de la explanación en la alineación recta contigua. Para simplificar y como la diferencia es pequeña, se ha adoptado para las cubicaciones una ley de decrecimiento lineal de los sobreanchos desde el máximo en la secante antes indicado hasta el valor nulo en las tangentes de entrada y salida de cada curva, simplificación que permite el cálculo numérico rápido de los sobreanchos que corresponden a cada perfil transversal en curva.

Por lo que se refiere a los peraltes, también las curvas de radio variable nos permiten adoptar un criterio racional para desvanecerlos ya que en las tangentes el peralte debe ser nulo por ser infinito el radio de la curvatura y se puede adoptar en cada punto de la curva el que corresponda al radio de curvatura en dicho punto, supuesto un coeficiente de rozamiento y una velocidad determinada.

El criterio seguido en este proyecto es adoptar en cada punto de la lemniscata el peralte teórico que le corresponde por su radio de curvatura, con velocidad de circunvalación supuesta igual a la de comodidad y con un coeficiente de rozamiento nulo; esto, mientras los peraltes así obtenidos no pasen del 12% manteniendo este último peralte en toda la parte de la curva en que teóricamente resulten valores superiores, por ser de 12% el peralte máximo que fija la Instrucción. Para simplificar, en los documentos del proyecto se ha supuesto una ley de progresión lineal que depende del parámetro de la lemniscata y los valores obtenidos difieren muy poco de los reales porque el peralte teórico es inversamente proporcional al radio de curvatura y éste, en la lemniscata, lo es al radio vector o polar correspondiente y por lo tanto guarda casi esa misma relación con el desarrollo. Los valores así obtenidos cumplen en general la condición señalada en la Instrucción de estar comprendida la rasante que resulta entre 1,5 y 2,5 sobre la de la carretera.

Hasta aquí hemos hablado de la velocidad cómoda, pero esto no quiere decir que en un trazado estudiado con el criterio expuesto no se pueda rebasar dicha velocidad; desde luego constituye un primer criterio de seguridad, pues circulando a la velocidad cómoda no se percibe la sensación centrífuga y queda eliminado el peligro del cambio brusco de dirección. Pero la velocidad de comodidad puede rebasarse sin peligro de deslizamiento hasta alcanzar la determinada por el radio mínimo de la curva, el coeficiente de rozamiento de 0,35 que marca la Instrucción y el peralte adoptado, resultando en general velocidades máximas muy superiores a las cómodas.

Sistema de ejecución: Nada aconseja a nuestro juicio alterar las normas establecidas de modo general, por lo que proponemos construir las obras por el procedimiento de contrata, mediante subasta pública.

Plazo de ejecución y plazos parciales: Proponemos un plazo de ejecución de 22 meses con arreglo a la instrucción de 29 de septiembre de 1926, habida cuenta del presupuesto de contrata de las obras.

Este plazo total se considerará dividido en dos periodos o plazos parciales de igual duración; en el primero se ejecutara toda la explanación y los caños y en el segundo se terminara el resto de las obras.

SEGUNDA PARTE

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Trazado horizontal: La dirección general del trazado es de SO a NE que se convierte al final del tramo en S a N aproximadamente.

Comienza el trazado del tramo 1º del trozo 20º en prolongación de la última alineación recta del trozo precedente dentro de cuya alineación se cruza el primer lomo de los varios que atraviesa y las dos barranqueras que lo limitan.

En el segundo lomo, que es el más amplio de los que se cruzan, se ha establecido el primer vértice para, con la segunda alineación recta salvar los cinco lomos estrechos que siguen y las barranqueras que los separan.

Al llegar al quinto lomo se ha establecido el segundo vértice, siguiendo después una alineación recta de más de dos kilómetros que nos lleva al final del trozo, estando comprendido el final de este primer tramo dentro de dicha alineación recta. Con ella se cruzan los dos únicos lomos de la serie y se entra en los llanos de Fañabé que es una ladera extensa en pendiente suave hacia el mar surcado por numerosos barranquillos y barranqueras, estando comprendido dentro del tramo primero el barranco de La Rambla.

El trazado consta por lo tanto de cinco alineaciones, de las que tres son rectas y las otras dos curvas. De los 1495,72 metros que tiene de longitud total este tramo, 1356,60 metros corresponden a la longitud en recta y 139,12 metros al desarrollo en curva.

Los radios mínimos de las alineaciones curvas de que consta el trazado del tramo son superiores a 60 metros, puesto que son de 81,02 metros y 118,17 metros.

El parámetro de las lemniscatas de las dos alineaciones curvas de radio variable es de 100 metros.

Para mejor conocimiento de las condiciones del trazado horizontal, resumimos a continuación las velocidades cómoda, de seguridad y máxima.

VERTICES	VELOCIDADES EN KILÓMETROS POR HORA		
----------	------------------------------------	--	--

	Cómoda	De seguridad	Máxima
8	36,0	50,5	72,0
9	36,0	70,0	94,0

Trazado vertical: La altura de la rasante en el origen del trozo es de 62,69 metros y 88,62 metros.

La diferencia de nivel entre el final y el origen del tramo es pues de 25,93 metros y como la longitud total es de 1495,72 metros, la rampa media sería de 0,017. Claro es que las distintas rasantes adoptadas se apartan de esta media pero de todas formas ninguna de ella llega al 6% máximo que marca la Instrucción para esta clase de caminos.

El trazado vertical es todo en rampa y en total se han establecido seis con las siguientes inclinaciones: la primera de 0,015080 en 345 metros, la segunda de 0,005760 en 277,76 metros, la tercera de 0,020747 en 241,00 metros, la cuarta de 0,00437 en 228,46 metros, la quinta que es la mayor del trazado de 0,050340 en 147,00 metros y la sexta de 0,022333 en 256,00 metros que se prolonga en 14,00 metros dentro del tramo segundo.

En cuanto a las cotas rojas que se producen son bastante elevadas salvo en la última parte del trazado en que se entra en los llanos de Fañabé. Estas cotas rojas elevadas, tanto de desmonte como de terraplén son debidas a la imposibilidad de contornear la serie de lomos y barranqueras que atraviesa el tramo y que se suceden muy próximos unos a otros por lo que no cabe otra solución en planta que la adoptada, que, en definitiva, no es más onerosa que los contorneos de dichos accidentes, pues el aumento de volumen en el movimiento de tierras por unidad de longitud queda compensado con el gran acortamiento que se produce en la longitud, que repercute incluso en el firme, permitiendo además la solución adoptada ahorrar los muros de sostenimiento que el contorneo de laderas de fuerte inclinación transversal exigiría.

Las mayores cotas de desmonte son de 10,21 metros en el perfil 180, de 11,41 metros en el perfil 198, de 10,98 metros en el perfil 216 y de 9,58 metros en el perfil 223.

Las mayores cotas de terraplén son de 5,87 metros en el perfil 159, de 6,58 metros en el perfil 167, de 8,73 metros en el perfil 186, de 6,34 metros en el perfil 193, de 7,32 metros en el perfil 204 y de 6,45 metros en el perfil 213.

Movimiento de tierras: El movimiento de tierras en este tramo arroja un volumen total de 29.416.367 metros cúbicos de desmonte y 28.127.665 metros cúbicos de terraplén.

La clasificación de los desmontes es como sigue:

	68.080 metros cúbicos en tierra dura.	
	13.162.919 metros cúbicos en terreno de tránsito.	
	14.884.903 metros cúbicos en roca floja.	
	1.300.465 metros cúbicos en roca dura.	
	A continuación se indica la distribución de las excavaciones:	
		<u>METROS</u> 3
Desmontes.	{ Empleados en la formación de terraplenes del mismo entreperfil.	1.654.317
	{ Empleados en la formación de terraplenes en otros entreperfiles	23.561.943
	{ Aprovechables en otras obras:	
	{ En mampostería....103.872	917.222
	{ En el firme.....813.350	3.282.885
	{ Sobrantes.....	<u>3.282.885</u>
	<u>TOTAL.....</u>	<u>29.416.367</u>
Terraplenes	{ Formados con productos procedentes de los desmontes del mismo entreperfil.....	1.654.317
	{ Formados con productos procedentes de los desmontes de otros entreperfiles.....	23.561.943
	{ Formados con productos procedentes de préstamos.....	<u>2.911.405</u>
	<u>TOTAL.....</u>	<u>28.127.665</u>

Como se ve la diferencia inicial de 1.288.702 metros cúbicos entre el volumen total de desmontes y el de terraplén, que queda reducido a 371.480 metros cúbicos, si se tiene en cuenta los productos de los desmontes aprovechables en otras obras, no representa la compensación real, puesto que a causas de las distancias a que sería necesario transportar los productos de algunos desmontes resulta más económico tomar de préstamos 2.911.405 metros cúbicos y en definitiva resulta un sobrante de tierras de 3.282.885 metros cúbicos. Esta falta de compensación es moderada y no significa tener que formar caballeros con dichos sobrantes, toda vez que se podrán arrojar simplemente en las inmediaciones de su procedencia por tratarse en general de terrenos incultos que no quedarán por ello perjudicados.

El importe total del artículo primero del presupuesto asciende a 270.378,47 pesetas en su importe de ejecución material.

Obras de fábrica: Se proyectan únicamente las obras de fábrica necesarias para el desagüe de los cauces y vaguadas que cruza el tramo, puesto que no ha sido preciso proyectar ningún tramo de muros de sostenimiento ya que los terraplenes podrán apoyarse en toda la línea directamente sobre el terreno.

Para dejar atendidas las necesidades del desagüe hacen falta siete caños, dos alcantarillas y un grupo de dos pontones.

De los caños propuestos, cuatro son arreglados al modelo número 1, dos son arreglados al modelo número 3 y uno arreglado al modelo número 4. La valoración de estos siete caños asciende a 18.773,04 pesetas.

Las dos alcantarillas son arregladas al modelo número 2 y sus valoraciones suman 28.182,99 pesetas.

El grupo de dos pontones se proyecta para salvar el barranco de La Rambla y son arreglados al modelo número 4. Su importe es de 31.881,17 pesetas.

Todas estas obras se proyectan con aletas por no ser necesario en ningún caso la adopción de muros de acompañamiento y las dos alcantarillas son obras bajas, con cañón prolongado, que resulta más económico que llevar el trasdós de las bóvedas a la rasante de la explanación.

El importe de la ejecución material del artículo 2º es de 78.837,20 pesetas.

Afirmado: En la hoja de planos correspondiente a las secciones de la carretera y detalles se indica el espesor constante del firme de 20 centímetros, después de consolidado. La latitud de las alineaciones rectas es de 6,50 metros, de acuerdo con la Instrucción; en las curvas se ha previsto los sobrecanchos correspondientes. El firme se compondrá de una sola capa de piedra machacada. El machaqueo de la piedra se hará fuera de la caja, debiendo quedar reducida a fragmentos angulosos y de aristas vivas con el tamaño previsto en el pliego de condiciones facultativas.

Los peraltes se han adaptado a los teóricos que corresponden a la velocidad cómoda en cada curva, según el parámetro de la lemniscata y el radio de curvatura en cada punto, hasta llegar al máximo admisible de 12% que fija la Instrucción de carreteras.

En el anexo número 14 se consignan los peraltes que se han calculado para cada perfil en curva.

El presupuesto de ejecución material asciende en el artículo 3º a 47.222,95 pesetas, valor de los 8.859,84 metros cuadrados de firme previstos para el tramo.

Obras accesorias: en el artículo correspondiente a las obras accesorias se presupuestan las siguientes partidas.

Como resguardo de la circulación se proyectan resguardos de valla metálica y malecones que se colocarán de uno u otro tipo según las circunstancias,

reservando especialmente el segundo, de mampostería hormigonada, para formar los pretiles de los pontones y construyéndoles sobre un basamento de mampostería en seco en aquellos lugares en que sea preciso ejecutarlos en la arista de los terraplenes. Para estas atenciones se destinan un total de 11.247,18 pesetas.

En aquellas zonas que coincidan las mayores pendientes con la naturaleza terrosa del terreno, se ha previsto el empedrar el fondo de las cunetas con un encachado de mampostería ordinaria en cimientos de 0,20 metros de espesor, para estas obras se destina una partida de 1.000,00 pesetas bajo el epígrafe de empedrados y rastrillos.

Para muros y muretes de contención de los desmontes se reservan 500,00 pesetas.

No es posible desde ahora prever con exactitud la importancia de los que, será necesario construir, pero por comparación con lo que ha resultado en otros trozos en que la naturaleza del terreno es semejante a la de este tramo, se ha estimado que esta cifra es suficiente al fin que se destina.

Para la construcción de una zanja de coronación y desagüe de 1,78 metros cuadrados de sección y 40 metros de longitud se incluye una partida de 500,00 pesetas.

Por ser necesario ejecutar algunas obras de rectificación de cauces en el barranco de La rambla, se consigna a este fin la cantidad de 750,00 pesetas.

Para restablecer los servicios de riego que resultan afectados por las obras de la carretera se incluye una partida de 1.500,00 pesetas. El tipo de servicio de riego adoptado consiste en un basamento de mampostería ordinaria sobre el que se ejecutara una acequia con cajeros de hormigón moldeado.

Para las losas salva cunetas y demás pequeñas obras que se requieran para los accesos a las fincas colindantes se destinan 1.500,00 pesetas.

Como postes indicadores se proyectan 12 postes hectométricos, 1 poste kilométrico y 200 postes guía para la circulación que se colocará a distancia de 5 metros en ambas aristas de los terraplenes en que por no ser grande la altura de los mismos es necesario la colocación de las defensas anteriormente indicadas. La cantidad necesaria para estos postes es de 1.351,74 pesetas.

Las anteriores obras accesorias se abonarán a los precios de las diferentes unidades de obra que figuran en el cuadro de precios número uno y según cubicación y valoración que se efectúe durante la ejecución de las obras.

Por último se incluye una partida alzada de 500 pesetas para daños y perjuicios por tránsito inevitable y habilitación de pasos provisionales durante la ejecución de las obras.

El total de ejecución material del artículo 4º asciende a 18.843,92 pesetas.

Conservación: Para la conservación de todas las obras durante el plazo de garantía consignamos 750,00 pesetas por kilómetro, que aplicamos a la longitud del tramo da un total de 1.112,79 pesetas, importe del artículo quinto.

No se proyectan acopios de piedra machacada por cuanto, a semejanza de lo que viene haciéndose en todas las obras ejecutadas por la Junta, los primeros recargos del firme se harán con riego asfáltico, y no es por lo tanto necesario dejar hechos los acopios al tiempo de la recepción definitiva.

Pasamos ahora a la justificación de las unidades de obra que han servido para la formación del presupuesto y al cálculo de los porcentajes para la formación del cuadro de precios número tres.

JUSTIFICACION DE PRECIOS

COMPOSICION

Para la formación de los precios que pasamos a justificar, hemos tomado por base los precios de los materiales y jornales en vigor y el rendimiento de la mano de obra. Para los materiales partimos de su precio en almacén en Santa Cruz de Tenerife y en cuanto a los jornales partimos del jornal mínimo legal (8.50 pesetas para el peón, según última disposición de la Delegación del Trabajo) aumentado en su 38.09 % correspondiente a las mejoras sociales que a continuación reseñamos.

Domingos retribuidos.....	16.67 %
Fiestas retribuidas.....	2.00 "
Subsidio Familiar.....	5.00 "
Retiro Obrero.....	3.00 "
Seguro Obrero.....	8.00 "
Vacaciones retribuidas.....	1.92 "
Cuota Sindical.....	1.50 "
<u>SUMA.....</u>	<u>38.09 %</u>

PRECIO DE LOS MATERIALES AL PIE DE OBRA

Aumentamos a los precios en ésta Capital los gastos de transporte, a razón de 1.50 pesetas por tonelada y kilómetro. Teniendo en cuenta que la obra dista 106 kilómetros de esta Capital los precios que resultan para los distintos materiales son los siguientes:

TONELADA DE CEMENTO AL PIE DE OBRA

Precio en Santa Cruz de Tenerife.....	404.30
Transporte mecánico a 106 Kms. a 1.50 Ptas	<u>159.00</u>

PRECIO DE LA TONELADA..... 563.30

METRO CUBICO DE CAL GRASA AL PIE DE OBRA

Precio en Santa Cruz de Tenerife, ptas.....	111.60
Transporte mecánico: 106x0.620xl.50 ptas...	<u>98.58</u>

PRECIO DEL METRO CUBICO..... 210.18

METRO CUBICO DE MADERA AL PIE DE OBRA

Precio en Santa Cruz de Tenerife.....	900.00
Transporte mecánico: 106x0.700xl.50 =.....	<u>111.30</u>

PRECIO DEL METRO CUBICO..... 1.011.30

KILOGRAMO DE DINAMITA AL PIE DE OBRA

Precio en Santa Cruz de Tenerife.....	8.52
Transporte mecánico: 106x0.001x2.50xl.50=..	<u>0.39</u>

PRECIO DEL KILOGRAMO..... 8.91

UN DETONADOR AL PIE DE OBRA

Precio en Santa Cruz de Tenerife..... 0.26
Transporte mecanico..... 0.01

PRECIO DE UN DETONADOR..... 0.27

METRO LINEAL DE MECCHA AL PIE DE OBRA

Precio en Santa Cruz de Tenerife..... 0.22
Transporte mecanico..... 0.01

PRECIO DEL METRO LINEAL..... 0.23

METRO CUADRADO DE VALLA METALICA

Precio en Santa Cruz de Tenerife.....32.50
Transporte mecanico..... 1.25

METRO CUADRADO.....33.75

KILOGRAMO DE ACERO EN REDONDOS

Precio en Santa Cruz de Tenerife..... 3.15
Transporte mecanico:106xl.50x0.001 0.16

PRECIO DEL KILOGRAMO..... 3.31

PRECIO DE LOS JORNALES

	<u>Jornal</u>	<u>Jornal hora</u>	<u>Mejoras sociales.</u>	<u>Jornal hora</u>
Peón.....	8.50	1.06	0.40	1.46
Peón menor.....	6.00	0.75	0.29	1.04
Machacador	9.60	1.20	0.46	1.66
Barrenero.....	10.00	1.25	0.48	1.73
Mampostero.....	11.00	1.38	0.53	1.91
Cantero.....	11.00	1.38	0.53	1.91
Carpintero.....	11.50	1.44	0.55	1.99
Camión de 2.50 ton..	250.00	31.25		
Camión cuba.....	250.00	31.25		

El precio de los transportes de los distintos productos y materiales que intervienen en este proyecto se deduce de los siguientes datos:

TRANSPORTE DE UN METRO CUBICO A I KILOMETRO EN CAMION

Camión..... 0.08 horas
Carga, descarga } Camión..... 0.20 "
y tiempo perdi }
do. } Peón 0.90 "

TRANSPORTE DE UN METRO CUBICO A I KM. EN VAGONETAS DE 3/4 M3.

Peón 4.00 horas
Carga, descarga y tiempo perdido, peón.... 0.90 "
Amortización y transporte de material... 2.00 Ptas.

Con los datos que suministra el estado de cubica PRESUPUESTO ciones y los precios antes justificados se ha con - feccionado el presupuesto general de las obras, cuyos importes son los siguientes:

EJECUCION POR ADMINISTRACION		EJECUCION POR CONTRATA	
<u>Ejecución Material</u>	<u>Ejecución Administrac^o</u>	<u>Ejecución Material</u>	<u>Ejecución por contrata</u>
415.282.54	419.435.37	416.395.33	478.854.63

Consta este proyecto de los documentos en número y DOCUMENTOS forma reglamentarios.

Con lo expuesto consideramos debidamente justificado el presente proyecto de tramo 1º del Trozo 20º de la carretera C.822, que sometemos a la aprobación Superior.

Santa Cruz de Tenerife, 12 de Abril de 1.944.

El Ingeniero Autor del Proyecto.

Carlo Hardison

11-Mayo-1944.

Conforme.

El Ingeniero Director

Manuel V. Jorda