

LA TORRE EIFFEL, EL TURISMO Y LA FÍSICA.

La Torre Eiffel, debido a su gran altura es un buen lugar para hacer algunos experimentos ideales relacionados con el concepto de verticalidad. El extremo superior de su antena está a 330 m. por encima del nivel del suelo.



Como primer experimento ideal vamos a colgar una plomada desde este punto y ver en qué lugar de la base de la torre esta plomada toca el suelo.

La base está formada por cuatro pilares, ocupando cada uno de ellos el vértice de un cuadrado de 100 m. de lado.

Se dice que cada lado está orientado hacia uno de los cuatro puntos cardinales, aunque más exactamente debería decirse que dos de sus patas están orientadas en la dirección norte-sur y las otras dos están en una línea perpendicular a esta dirección, pues la dirección este-oeste no existe en la superficie terrestre, solamente existe en la representación plana de la Tierra. Las cuatro bases forman un cuadrado perfecto como se observa en la figura 1.

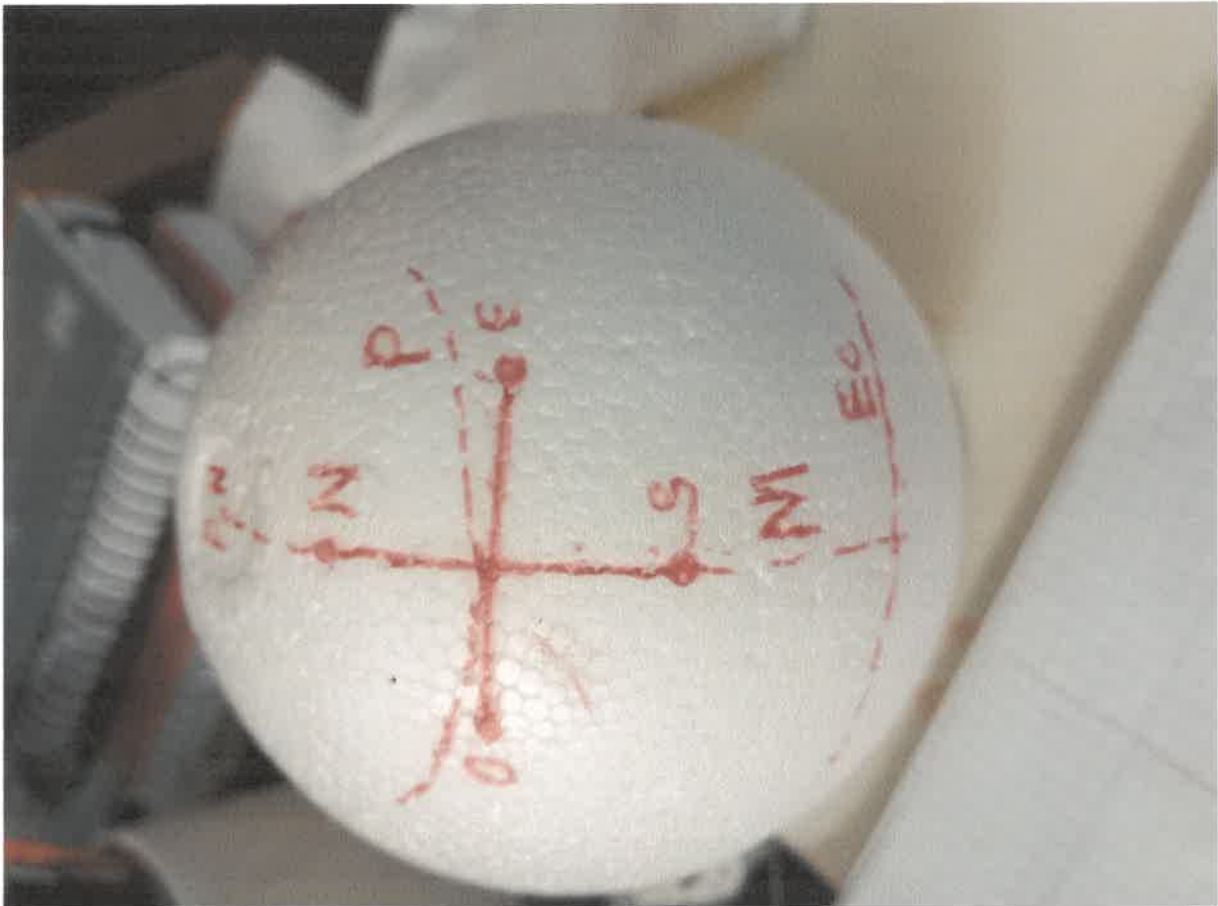


Figura 1.

En la figura están señalados, el polo norte PN, las cuatro bases de las patas N,S,E y O. el meridiano M, el paralelo P y el ecuador Ec. Está claro que en la superficie esférica, que es la real, la línea E-O no coincide con el paralelo.

La verticalidad de la Torre Eiffel se consiguió aplomando su eje de simetría.

Esto no es ninguna novedad, pues desde el tiempo de los egipcios, mesopotámicos etc. se usaba la plomada para asegurar la verticalidad de los edificios y sus pilares.

Comprobamos en este experimento ideal que el pie de la plomada cae exactamente en el centro del mencionado cuadrado, donde se cortan las dos diagonales.

Se puede decir que la cuerda que sujeta el peso de la plomada es una línea vertical.

Podríamos pensar que si prolongasemos idealmente la cuerda, esta pasaría por el centro de la Tierra, pero no es así.

En el hemisferio norte, donde está la Torre Eiffel, debido a la rotación de la Tierra, la plomada se desvía hacia el sur sin salirse del meridiano correspondiente. Calculando este desvío para la longitud de París y la altura de 330 m., se obtiene el resultado de unos 56 cm.

Como se observa en la figura 2, la línea que pasa por el centro de la Tierra trazada desde el extremo de la antena corta al suelo en un punto a 56 cm. hacia el norte del pie de la plomada. En la figura PN es el polo norte, P es el pie de la plomada, C el punto por donde pasa la línea que va hacia el centro de la Tierra y N y S dos de los pies de la torre.

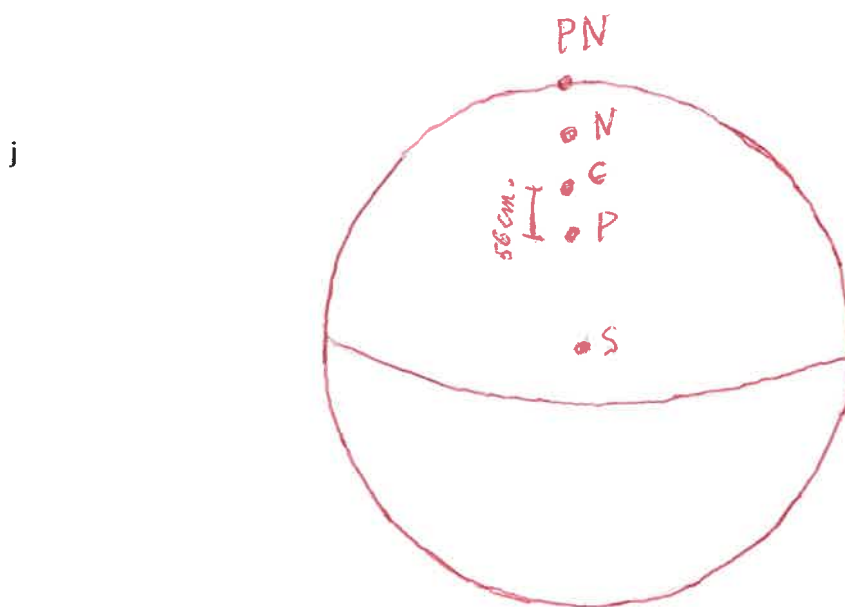


Figura 2

Vamos a idear un juego turístico que consiste en subir una moneda hasta la punta superior de la antena de la torre por medio de una polea, y desde allí dejarla caer a un pequeño pozo con agua instalado en el suelo de la torre. Esta costumbre turística es similar a la que existe en muchísimos lugares del mundo.

Según sabemos, debido al llamado efecto Coriolis esta moneda no cae al pie de la plomada ni se dirige hacia el centro de la Tierra.

Tenemos que calcular en qué punto hemos de colocar este pocito para que las monedas de los turistas caigan en él y no se desparramen todas por el suelo de la torre.

Según los libros de física el desvío de un cuerpo soltado libremente para la latitud de París y 330 m. de altura es de unos 8,6 cm. En los libros se dice que en su caída este cuerpo se desvía hacia el este.

Pero en los libros de física no se aclara desde donde hay que medir estos 8,6 cm. Si desde el punto C, o desde el P de la figura 2. Tampoco está claro decir solamente que se desvía hacia el este, pues el este es algo indefinido en la esfera terrestre como sabemos.

Este desvío hacia el este es máximo en el ecuador y es nulo en los polos. Sin utilizar Coriolis vamos a realizar otro experimento trasladandonos al ecuador, para explicar este desvío de forma más sencilla .

En la figura 3 están representados el ecuador (E), el radio de la Tierra (R), la altura a la que soltamos el objeto (H), las velocidades del objeto (V_1) y del suelo (V_2), la velocidad de rotación de la Tierra W y el polo sur PS. Se observa que un punto soltado libremente en el ecuador a una altura H tiene una velocidad inicial $V_1 = W \cdot (R + H)$ y el suelo hacia donde cae el objeto se desplaza con una velocidad menor $V_2 = W \cdot R$. Debido a eso el objeto avanza más rápidamente que el suelo y cae en un punto que en la figura estará situado más a la derecha.

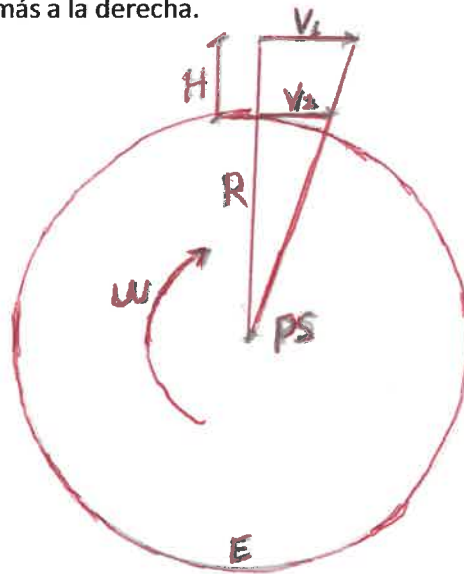


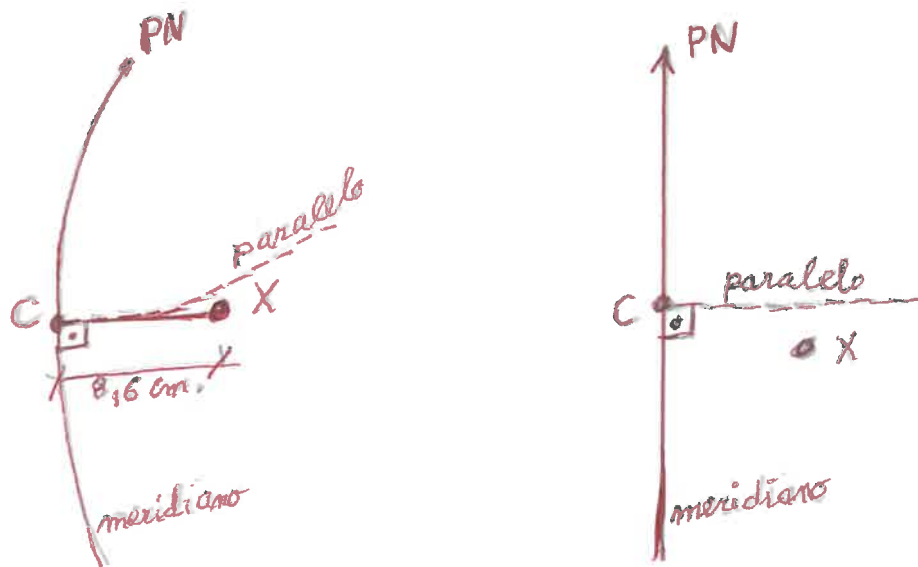
Figura 3

Con esto vemos que el objeto cae a la derecha del pie de la línea que va HACIA EL CENTRO DE LA TIERRA, y lo hace en la dirección del ecuador, PERPENDICULAR AL MERIDIANO.

Aplicando esto a la Torre Eiffel, el pocillo hay que colocarlo en el punto X, a 8,6 cm. medidos desde el punto de la vertical que se dirige hacia el centro de la Tierra (punto C), y en la dirección perpendicular al meridiano.

Ver figuras 4-1 y 4-2 donde se aprecia esto en las representaciones esférica y plana respectivamente

En este caso el cuerpo no cae en el paralelo sino en la dirección de V_1 , un poco por debajo en el dibujo.



Figuras 4-1 y 4-2.

Como lo que utilizamos habitualmente para representar elementos de tres dimensiones son las hojas de los planos y cuadenos que son de dos dimensiones, muchos de los elementos tridimensionales representados están distorsionados y pueden llevar a resultados engañosos si no son debidamente interpretados.

Por ejemplo si dibujamos en perspectiva caballera un cubo, como se ve en la figura 5, su representación es un poliedro de ángulos de 45° y 135° y no de 90° . Sabemos que en la realidad tridimensional el punto C está a la distancia de un lado del punto B, y formando con la dirección AB un ángulo de 90° .

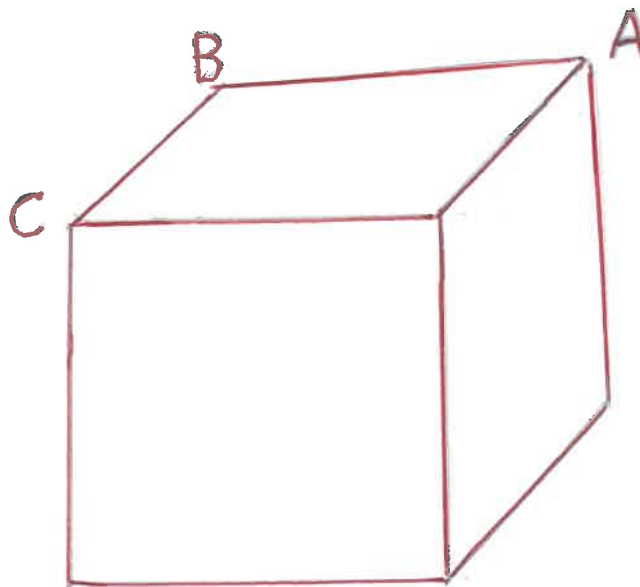


Figura 5

Algo similar ocurre con la representación plana de la Tierra, los meridianos son curvas que se encuentran en los polos, pero se ven como rectas paralelas que no se cortan.

Hay algunas coincidencias en las dos representaciones, por ejemplo los meridianos son perpendiculares a los paralelos.

En la representación plana de la Tierra la dirección Donostia Pekin (que están prácticamente en el mismo paralelo), forma un ángulo de 90° con el meridiano, pero en la realidad esférica de la Tierra esta dirección forma 45° con dicho meridiano. En la superficie esférica que es la verdadera forma de la Tierra, no existe el este como una dirección concreta. Sin embargo si existe por ejemplo la dirección norte.

Cuando en los libros de física se dice que los graves en su caída se desvían hacia el este no hay que entender que un cuerpo que se deja caer en Donostia se desvía en su caída hacia Pekin, sino en la dirección que forma un ángulo de 90° con el meridiano que como sabemos tanto en Donostia como en París, esta dirección apunta hacia Siri-Lanca.

Hemos encontrado que hay tres verticales, la que marca la plomada, la que se dirige hacia el centro de la Tierra y la que recorre un cuerpo soltado libremente en su caída hacia el suelo.

Hace unos pocos meses tres compañeros de la promoción hemos empezado a utilizar un bastón para ayudarnos en el equilibrio. Debemos llevar el bastón vertical, pero no sabemos cual de las tres verticales será la más conveniente.

Antton del Campo.

Ingeniero Industrial.