

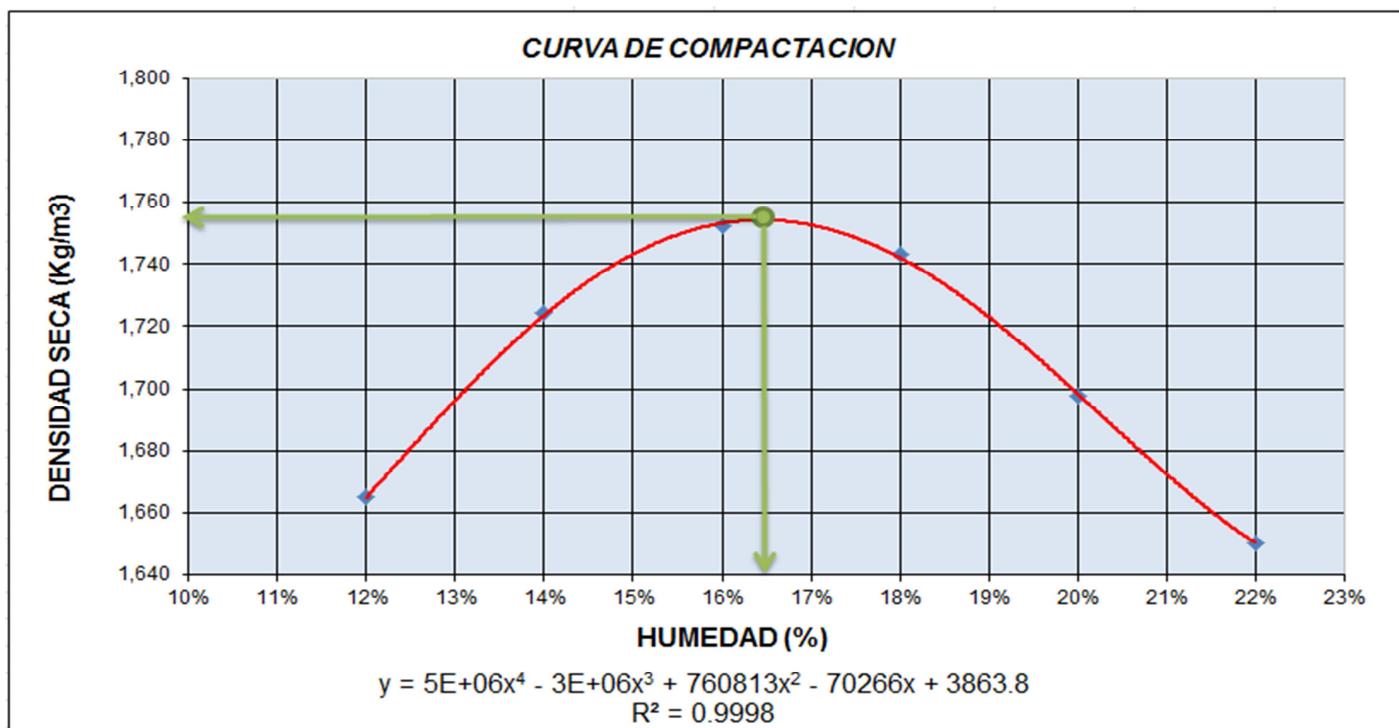
EJERCICIOS DE COMPACTACIÓN DE SUELOS. (PROPUESTOS)

Problema Nº 03. En un material de préstamo que será utilizado para la construcción de terraplenes de una vía, se muestran los resultados del ensayo de compactación Proctor Estándar. Determine el peso unitario seco máximo (γ_{dmax}) y la humedad óptima (ω_{opt}).

ENSAYO DE COMPACTACIÓN AASHTO T99 - ESTÁNDAR (Volumen del cilindro = 943.90 cm ³)						
Peso del suelo húmedo [gr]	1759,97	1855,22	1918,73	1941,41	1923,26	1900,58
Contenido de humedad [%]	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00

Solución:

ENSAYO DE COMPACTACIÓN AASHTO T99 - ESTÁNDAR (Volumen del cilindro = 943.90 cm ³)						
Peso del suelo compacto+molde [gr]	1759.97	1855.22	1918.73	1941.41	1923.26	1900.58
Contenido de humedad [%]	12.00%	14.00%	16.00%	18.00%	20.00%	22.00%
Densidad húmeda [Kg/m ³]	1864.57	1965.48	2032.77	2056.80	2037.57	2013.54
Densidad seca ($\gamma_d = \gamma_h / (1 + \omega)$) [Kg/m ³]	1664.79	1724.11	1752.39	1743.05	1697.98	1650.44



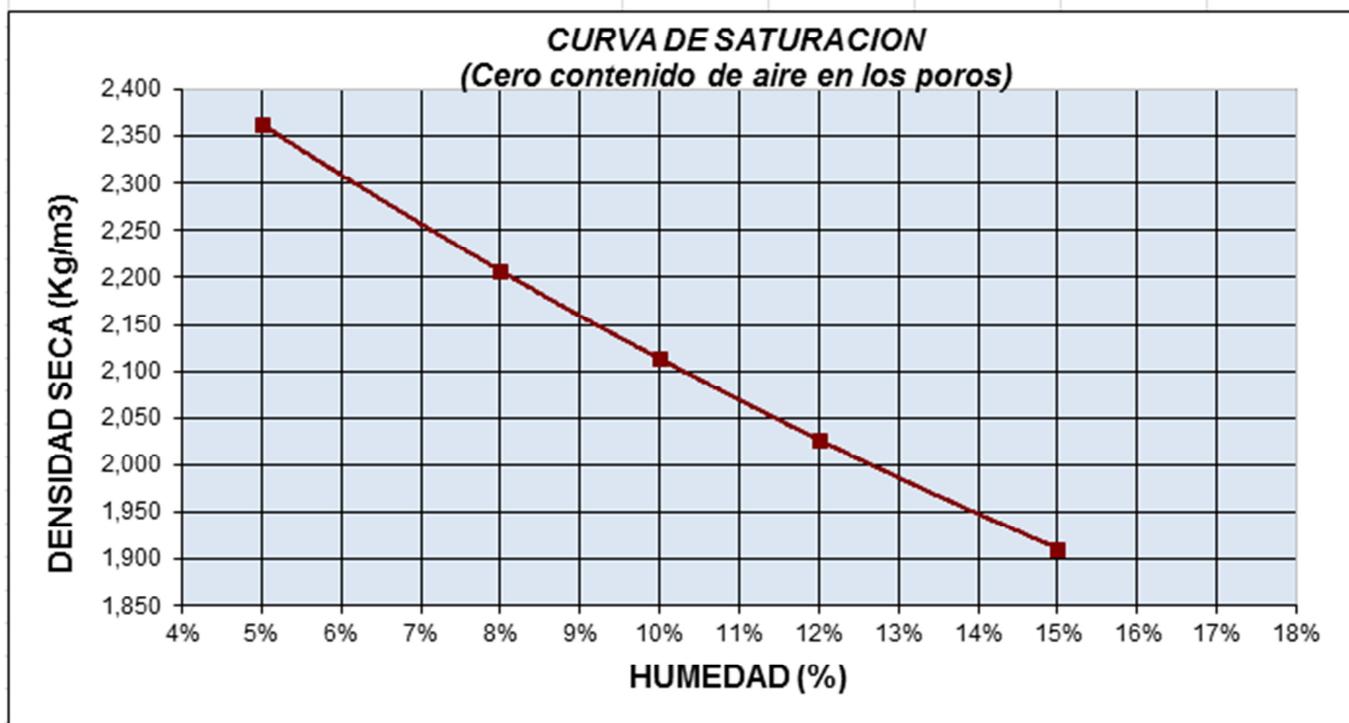
(Los valores se obtienen del gráfico) $\omega_{(optimo)} = 16,5\% \rightarrow \gamma_{d(max)} = 1755 \text{ kg/m}^3$

Problema Nº 04. Determine los pesos unitarios secos para cero contenido de aire en los poros (γ_{dzav}), de un suelo con gravedad específica de los sólidos $G_s=2,68$ y porcentaje (%) de humedad de: 5%, 8%, 10%, 12% y 15%. Dibujar la curva de saturación: Densidad seca en condición saturada contra humedad (γ_{dzav} vrs ω).

Solución:

$$\gamma_{dzav} = \frac{G_s * \gamma_w}{(1 + \omega * G_s)} \quad (\text{Utilizamos esta expresión para determinar los valores de la tabla})$$

% de Humedad [%]	5.00%	8.00%	10.00%	12.00%	15.00%
Densidad seca en cond. Saturada. [Kg/m³]	2363.32	2206.85	2113.56	2027.85	1911.55



Problema Nº 05. Para un suelo compactado con un % de humedad de 18% se obtuvo que la densidad seca es equivalente al 90% de su densidad seca en condición saturada (γ_{dzav}), determine el peso volumétrico seco del terraplén, si la gravedad específica de los sólidos obtenida en el laboratorio del material de préstamo utilizado en el terraplén es de 2,72.

Solución:

$$\gamma_d = 0,90 * \gamma_{dzav}$$

$$\gamma_{dzav} = \frac{G_s * \gamma_w}{(1 + \omega * G_s)} = \frac{2,72 * 1000}{(1 + 0.18 * 2,72)} \dots \gamma_{dzav} = 1825,99 \text{ Kg/m}^3$$

$$\gamma_d = 1825,99 * 0,9 \dots \gamma_d = 1643,39 \text{ Kg/m}^3$$

Problema Nº 06. De un material de préstamo que será utilizado para la construcción de terraplenes de una vía, se muestran los resultados del ensayo de compactación Proctor Estándar.

ENSAYO DE COMPACTACIÓN AASHTO T99 - ESTÁNDAR						
(Volumen del cilindro = 943.90 cm³)						
Peso del suelo húmedo [gr]	1647,06	1751,05	1823,11	1805,02	1760,51	1692,08
Contenido de humedad [%]	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00

Determine:

a) Peso unitario seco máximo (γ_{dmax}) y la humedad óptima (ω_{opt}).

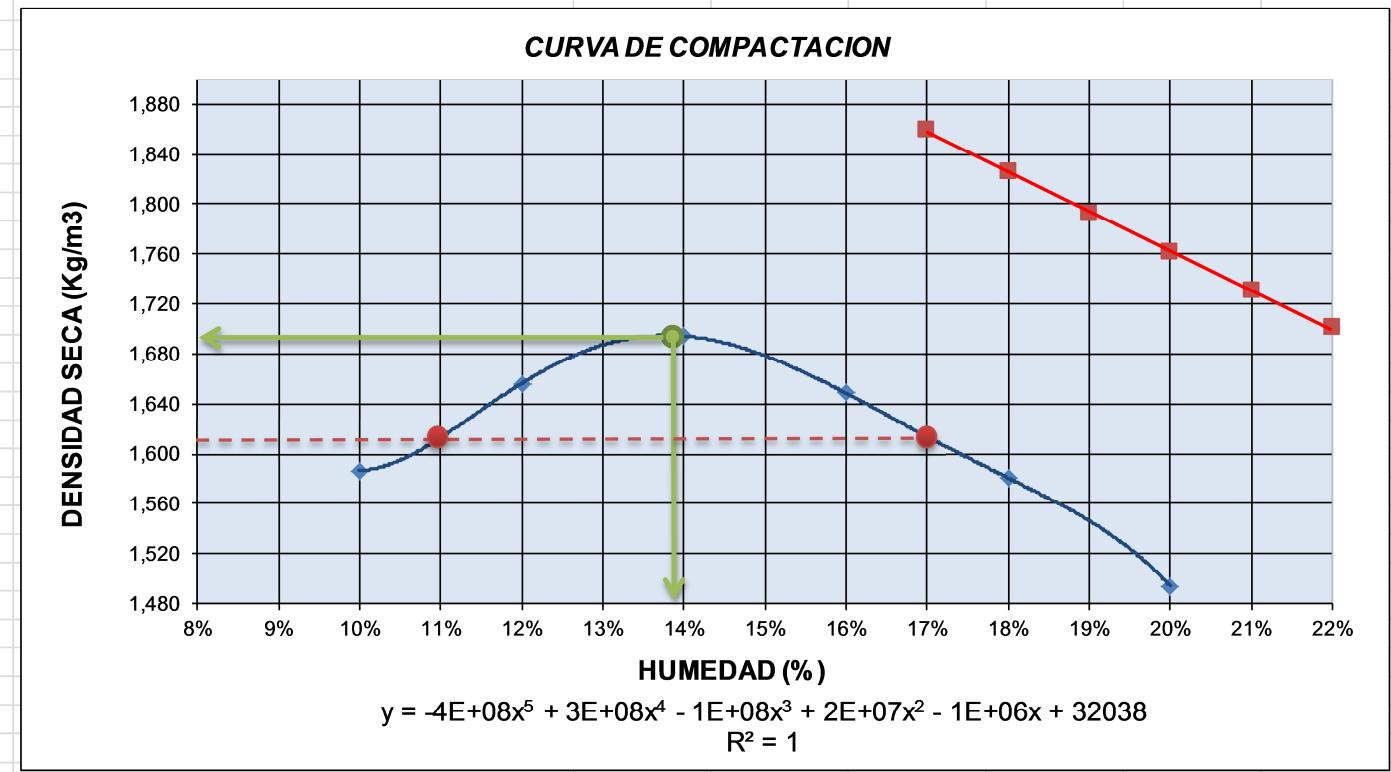
b) Porcentajes de humedades, para alcanzar una compactación relativa del 95%.

c) Dibuje la curva de saturación si $G_s=2.68$.

d) Luego de compactado el material en campo se realizó una prueba con un densímetro nuclear (Troxler modelo 3411-B) y de este se obtuvo los resultados siguientes: $\gamma_h=1,88tn/m^3$ y $\omega=15\%$, determine la compactación relativa de campo y el grado de saturación del terraplén.

Solución:

ENSAYO DE COMPACTACIÓN AASHTO T99 - ESTÁNDAR						
(Volumen del cilindro = 943.90 cm³)						
Peso del suelo compacto+molde [gr]	1647.06	1751.05	1823.11	1805.02	1760.51	1692.08
Contenido de humedad [%]	10.00%	12.00%	14.00%	16.00%	18.00%	20.00%
Densidad húmeda [Kg/m³]	1744.95	1855.12	1931.47	1912.30	1865.14	1792.65
Densidad seca ($\gamma_d = \gamma_h/(1+\omega)$) [Kg/m³]	1586.32	1656.36	1694.27	1648.53	1580.63	1493.88
Curva de Saturación (%) (Gs=2.72)						
% de Humedad [%]	17.00%	18.00%	19.00%	20.00%	21.00%	22.00%
Densidad seca en cond. Saturada. [Kg/m³]	1859.96	1825.99	1793.25	1761.66	1731.16	1701.70



- a) Los valores se obtienen del gráfico: $\omega_{(Optimo)} = 13.9\% \rightarrow \gamma d_{(max)} = 1695 \text{ kg/m}^3$
 b) Para una compactación relativa $R=95\%$

$$R(\%) = \frac{\gamma d(\text{campo})}{\gamma d(\text{max.lab})} \times 100 \dots \gamma d(\text{campo}) = R * \gamma d(\text{max.lab}) \dots \gamma d(\text{campo}) = 1695 * 0.95 = 1610.25 \text{ kg/m}^3$$

Según el gráfico de compactación del suelo ensayado, para alcanzar una compactación de 1610.25 kg/m^3 , se determina que:

El % de humedad correspondiente a la rama seca = 11%
 El % de humedad correspondiente a la rama húmeda = 17%

c) La curva de saturación se muestra en el gráfico.

d) Se calcula la densidad seca del terraplén compactado en obra, con los datos obtenidos en el densímetro:

$$\gamma d(\text{campo}) = \frac{\gamma h}{(1 + \omega)} = \frac{1,85 * 1000}{(1 + 0.15)} \dots \gamma d(\text{campo}) = 1634,78 \text{ Kg/m}^3$$

$$R(\%) = \frac{\gamma d(\text{campo})}{\gamma d(\text{max.lab})} \times 100 = \frac{1434,78}{1695} \times 100 \dots R(\%) = 96.45\% > 95\%$$

Problema Nº 07. Se muestran los datos obtenidos de un ensayo de campo para determinar el peso específico de un suelo usando el método del cono y arena, determine el peso unitario seco del suelo compactado:

- Peso específico calibrado de la arena de Ottawa = $1664,630 \text{ kg/m}^3$
- Peso de la arena de Ottawa que llena el cono = $0,117 \text{ kg}$
- Peso del envase + cono + arena (antes del ensayo) = $5,992 \text{ kg}$
- Peso del envase + cono + arena (después del ensayo) = $2,812 \text{ kg}$
- Peso del suelo húmedo extraído del hueco = $3,311 \text{ kg}$
- Porcentaje de humedad del suelo = $11,6\%$

Solución:

- Peso de la arena necesaria para llenar el hueco + cono: $5,992 - 2,812 = 3,18 \text{ Kg}$
- Peso de la arena usada para llenar el hueco: $3,18 - 0,117 = 3,06 \text{ Kg}$
- Volumen del hueco: $3,06 / 1664,63 = 1,838E-03 \text{ m}^3$

$$\text{-Peso seco del suelo: } \frac{3,311}{(1 + 0.116)} = 2,967 \text{ Kg}$$

$$\text{-Peso unitario seco (compactado): } \gamma d = \frac{2,967}{1,838E-03} = 1614.25 \text{ Kg/m}^3$$

Problema Nº 08. Se muestran los resultados del ensayo de compactación de un material que será utilizado para la compactación de un terraplén de una vía

ENSAYO DE COMPACTACIÓN T180-D - MODIFICADO				
(Volumen del cilindro = 2145cm ³)				
Peso del suelo compacto+molde [gr]	9417,00	9681,00	9745,00	9753,00
Peso del molde [gr]	5095,00	5095,00	5095,00	5095,00
Peso del suelo compacto [gr]				
Densidad húmeda [Kg/m³]				
Contenido de Humedad (%)				
Capsula Nº	C1	C2	C3	C4
Peso de la capsula [gr]	6,85	6,45	6,55	6,50
Peso de la capsula + Suelo húmedo (Wh) [gr]	17,74	25,08	30,21	34,24
Peso de la capsula + Suelo seco (Wd) [gr]	17,31	23,96	28,25	31,09
Peso del Agua (Ww = Wh - Wd) [gr]				
Peso de la muestra seca (Ws) [gr]				
Contenido de humedad ($\omega = Ww/Ws$) [%]				
Densidad seca ($\gamma_d = \gamma_h/(1+\omega)$) [Kg/m³]				
Curva de Saturación (Gs=2.70)				
% de Humedad [%]				
Densidad seca en cond. Saturada. [Kg/m³]				

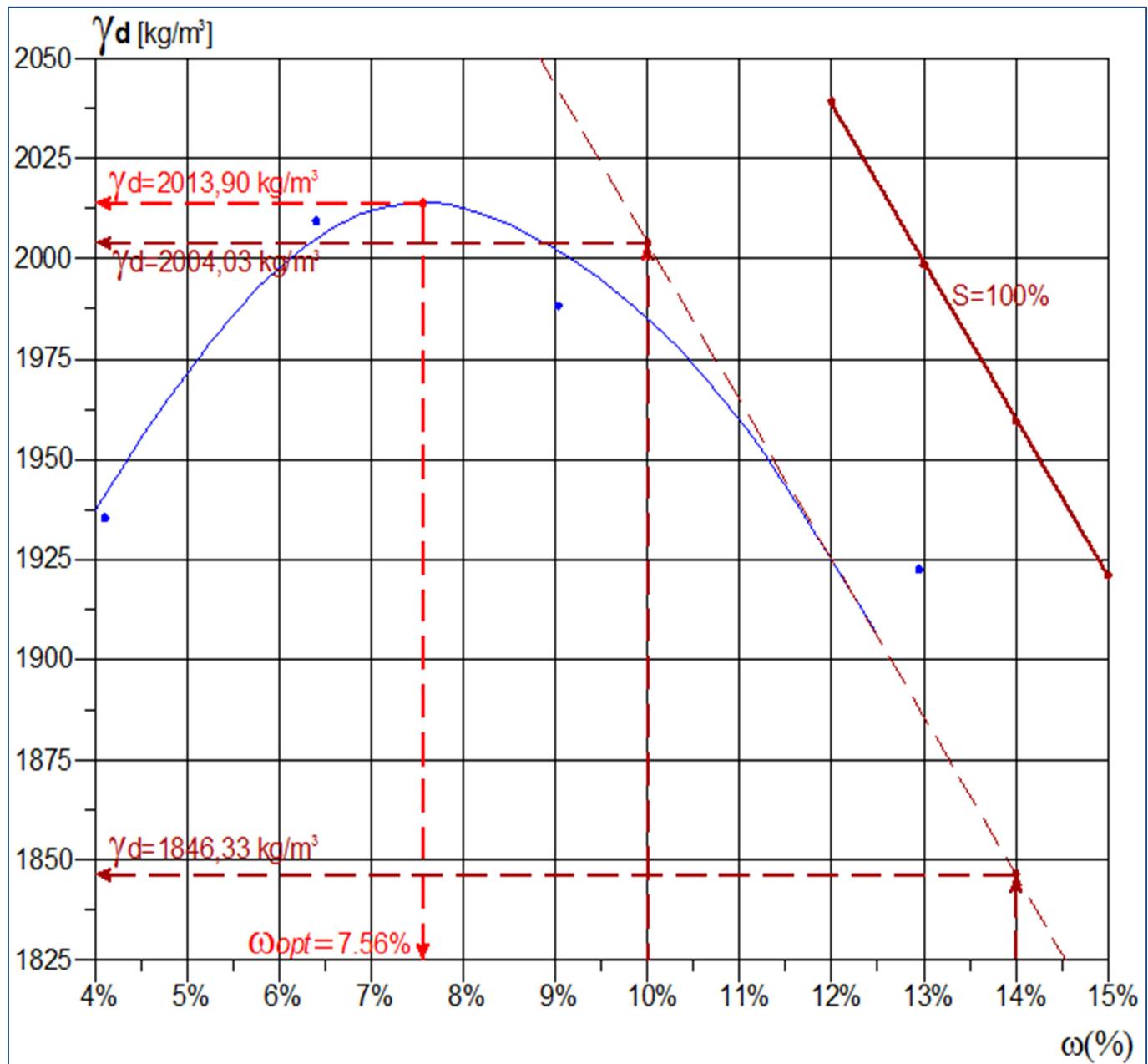
- Dibujar la curva de compactación y determine el peso unitario seco máximo (γ_{dmax}) y la humedad óptima (ω_{opt}).
- Si se está compactando con 14% de contenido de humedad ¿Cuánto es el valor de la densidad seca que se puede alcanzar?
- Si se está compactando con 10% de contenido de humedad ¿Cuánto es el máximo valor de la densidad seca que se puede alcanzar?
- Para lograr una densidad seca mínima de 2025 kg/m³ ¿Cuál es el máximo contenido de humedad con que se debe trabajar?
- ¿Con qué contenido de humedad se debe compactar el suelo para lograr la condición óptima si se requiere una densidad seca compacta de 2050 kg/m³?

Solución:

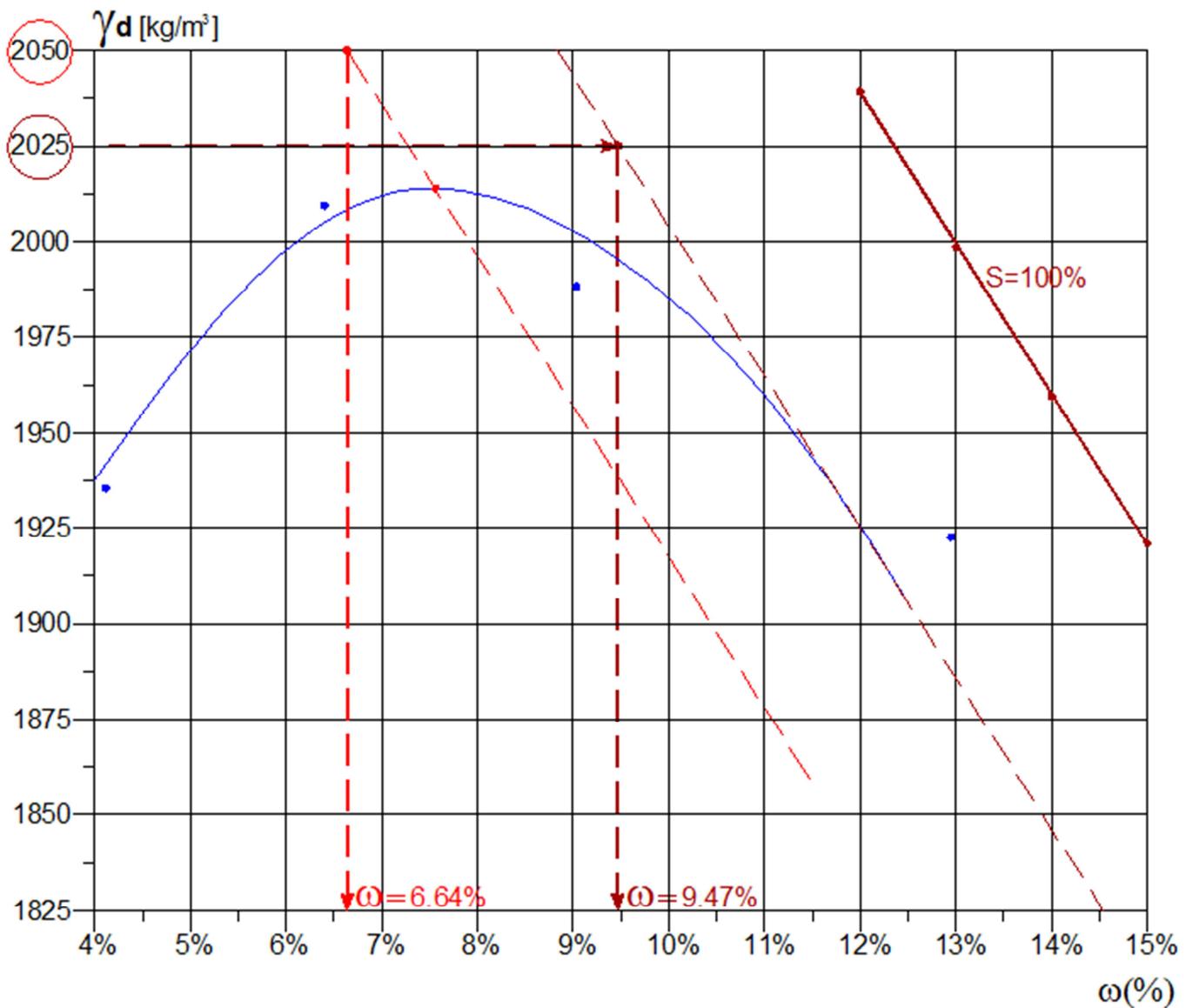
ENSAYO DE COMPACTACIÓN T180-D MODIFICADO (Volumen del cilindro = 2145cm ³)				
Peso del suelo compacto+molde [gr]	9417.00	9681.00	9745.00	9753.00
Peso del molde [gr]	5095.00	5095.00	5095.00	5095.00
Peso del suelo compacto [gr]	4322.00	4586.00	4650.00	4658.00
Densidad húmeda [Kg/m ³]	2014.92	2138.00	2167.83	2171.56
Contenido de Humedad (%)				
Capsula Nº	C1	C2	C3	C4
Peso de la capsula [gr]	6.85	6.45	6.55	6.50
Peso de la capsula + Suelo húmedo (Wh) [gr]	17.74	25.08	30.21	34.24
Peso de la capsula + Suelo seco (Wd) [gr]	17.31	23.96	28.25	31.06
Peso del Agua ($W_w = Wh - Wd$) [gr]	0.43	1.12	1.96	3.18
Peso de la muestra seca (Ws) [gr]	10.46	17.51	21.70	24.56
Contenido de humedad ($\omega = W_w/Ws$) [%]	4.11%	6.40%	9.03%	12.95%
Densidad seca ($\gamma_d = \gamma_h/(1+\omega)$) [Kg/m ³]	1935.38	2009.40	1988.29	1922.59
Curva de Saturación (%) (Gs=2.70)				
% de Humedad [%]	12.00%	13.00%	14.00%	15.00%
Densidad seca en cond. Saturada. [Kg/m ³]	2039.27	1998.52	1959.36	1921.71

a) Los valores se obtienen del gráfico: $\omega_{(Optimo)} = 7,56\% \rightarrow \gamma_d_{(max)} = 2013,90 \text{ kg/m}^3$

- b) Si se está compactando con 14% de contenido de humedad, el valor de la densidad seca obtenida es de: $\gamma_d = 1846,33 \text{ Kg/m}^3$.
- c) Si se está compactando con 10% de contenido de humedad, el valor máximo de la densidad seca que puede obtenerse es de: $\gamma_d = 2004,03 \text{ Kg/m}^3$.



- d) Para lograr una densidad seca mínima de 2025 kg/m^3 , el % de humedad máxima con que se debe trabajar es de 9.47%.
- e) Para lograr una densidad de 2050 Kg/m^3 , y trabajar con contenido de humedad en condición óptima igual a: 6.64%



Problema Nº 09. Los pesos unitarios secos máximo y mínimo de una arena fueron determinados en el laboratorio, obteniendo los mismos 16,35 KN/m³ y 14,62 KN/m³ respectivamente. Determine la compactación relativa en el campo si la densidad relativa es de 78%.

$$Ro = \frac{\gamma d(\min)}{\gamma d(\max)} = \frac{14,62}{16,35} \dots\dots Ro = 0,894$$

$$R = \frac{Ro}{(1 - Dr(1 - Ro))} = \frac{0,894}{(1 - 0,78(1 - 0,894))} \dots\dots R = 97,46\%$$

Problema Nº 10. La compactación relativa de una arena en el campo es 94%, los pesos unitarios secos máximo y mínimo de dicha arena son 16,20 KN/m³ y 1519,38 Kg/m³ respectivamente. Para las condiciones de campo determinar:

- a) Peso unitario seco.
- b) Densidad relativa de compactación.

Se debe transformar el valor de: 16,20 KN/m³ → Kg/m³

$$16,20 \text{ KN/m}^3 * 101,97 \text{ Kg/KN} = 1651,91 \text{ Kg/m}^3$$

$$R(\%) = \frac{\gamma d(\text{campo})}{\gamma d(\text{max.lab})} \times 100 \dots\dots \gamma d(\text{campo}) = R * \gamma d(\text{max.lab})$$

$$a) \gamma d(\text{campo}) = 0,94 * 1651,91 \dots\dots \gamma d(\text{campo}) = 1552,80 \text{ Kg/m}^3$$

$$b) Dr(\%) = \frac{\left(\frac{1}{\gamma d_{\min}}\right) - \left(\frac{1}{\gamma d}\right)}{\left(\frac{1}{\gamma d_{\min}}\right) - \left(\frac{1}{\gamma d_{\max}}\right)} = \frac{\left(\frac{1}{1519,38}\right) - \left(\frac{1}{1552,80}\right)}{\left(\frac{1}{1519,38}\right) - \left(\frac{1}{1651,91}\right)} \dots\dots Dr(\%) = 26,83\%$$