



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Influencia de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en la resistencia
mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm², Ate, Lima - 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Ormaeche Celestino Antony Abel (ORCID: 0000-0002-7072-793X)

ASESOR:

Mag. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA-PERÚ

2020

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada especialmente a mi hija Valentina quien es el motor de mi vida, a mi familia, a mis padres quienes se desvelaron por mí y mis hermanos, a mis profesores a lo largo de mi vida académica, y a las personas que siempre creyeron en mí y me aconsejaron para ir por el camino correcto.

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Cesar Vallejo por haber designado a mis docentes de especialidad en cada uno de los ciclos académicos cursados, ya que, con sus conocimientos y experiencia, mi formación académica no tiene nada que envidiar a otras instituciones. Hoy puedo decir, ya a un paso de egresar de la carrera profesional de Ingeniería Civil, que la universidad me ha formado para estar a la altura de los grandes desafíos y superar las dificultades que me deparara el ejercicio profesional.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad.....	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	xi
Índice de gráficos y figuras.....	xiv
Resumen.....	xvi
Abstract.....	xvii
I. Introducción	1
II. Marco Teórico.....	2
III. Metodología.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	16
3.1.1. Nivel de investigación.....	16
3.2. Variables y Operacionalización.....	16
3.2.1. Variable dependiente:.....	16
3.2.2. Variable independiente:.....	16
3.2.3. Operacionalización de variables.....	17
3.3. Población (criterio de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis..	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.4.1. Instrumentos de recolección de datos.....	18
3.4.2. Validez y confiabilidad.....	19
3.5. Procedimiento.....	19
3.6. Método de análisis de datos	20
IV. Resultados	22
4.1. Ubicación del laboratorio	22
4.2. Especificaciones Técnicas de la bacteria Sporosarcina Pasteurii	23
4.3. Propiedades físicas de los agregados	25
4.3.1. Características físicas del agregado fino.....	25

4.3.2. Características físicas del agregado grueso.....	27
4.4. Diseño de mezclas por el método ACI.....	30
4.4.1. Proporción de población bacteriana para la muestra modificada.....	38
4.5. Resultado de ensayos de asentamiento de concreto (ASTM C-143)	45
4.5.1. Consistencia (ASTM C-143, NTP 339.035).....	45
4.6. Calculo de los resultados de la resistencia a compresión.....	46
4.6.1. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días de fraguado.....	48
4.6.2. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 14 días de fraguado.....	49
4.6.3. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 21 días de fraguado.....	50
4.6.4. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días de fraguado.....	51
4.6.5. Resultado de los ensayos de resistencia a la compresión.....	52
4.7. Calculo de los resultados de resistencia a la tracción	57
4.7.1. Resultados de los ensayos de resistencia a la tracción a los 7 días de fraguado.....	59
4.7.2. Resultados de los ensayos de resistencia a la tracción a los 14 días de fraguado.....	60
4.7.3. Resultados de los ensayos de resistencia a la tracción a los 21 días de fraguado.....	61
4.7.4. Resultados de los ensayos de resistencia a la tracción a los 28 días de fraguado.....	62
4.7.5. Resultado de los ensayos de resistencia a la tracción.....	63
4.8. Calculo estadístico e interpretación de los resultados	68
4.8.1. Análisis estadístico descriptivo de la resistencia mecánica a los 7 días.....	68
4.8.2. Prueba de normalidad de datos resistencia mecánica a los 7 días Contraste de normalidad.....	70
4.8.3. Análisis inferencial prueba de hipótesis de resistencia mecánica a los 7 días.....	73
4.8.4. Comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 7 días.....	74

4.8.5. Análisis estadístico descriptivo de la resistencia mecánica a los 14 días.....	78
4.8.6. Prueba de normalidad de datos resistencia mecánica a los 14 días Contraste de normalidad.....	80
4.8.7. Análisis inferencial prueba de hipótesis de resistencia mecánica a los 14 días.....	83
4.8.8. Comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 14 días.....	84
4.8.9. Análisis estadístico descriptivo de la resistencia mecánica a los 21 días.....	88
4.8.10. Prueba de normalidad de datos resistencia mecánica a los 21 días contraste de normalidad.....	90
4.8.11. Análisis inferencial prueba de hipótesis de resistencia mecánica a los 21 días.....	93
4.8.12. Comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 21 días.....	94
4.8.13. Análisis estadístico descriptivo de la resistencia mecánica a los 28 días.....	98
4.8.14. Prueba de normalidad de datos resistencia mecánica a los 28 días contraste de normalidad.....	100
4.8.15. Análisis inferencial prueba de hipótesis de resistencia mecánica a los 28 días.....	103
4.8.16. Comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 28 días.....	104
V. Discusión	109
VI. Conclusiones	111
VII. Recomendaciones	114
Referencias	115
Anexos	123
Anexo 1: Matriz de consistencia.	
Anexo 2: Certificado de máquina de ensayo tracción y compresión, verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.	
Anexo 3: Certificado de gravedad específica y absorción de los agregados.	
Anexo 4: Certificado de peso unitario de los agregados.	
Anexo 5: Certificado de análisis granulométrico de agregado fino.	

Anexo 6: Certificado de análisis granulométrico de agregado grueso.

Anexo 7: Certificado de diseño de mezclas para la dosificación patrón.

Anexo 8: Panel fotográfico.

Anexo 9: Ficha técnica del cemento portland Sol tipo I (UNACEM).

Anexo 10: Ficha técnica de la bacteria Sporosarcina Pasteurii según medio de cultivo ATCC ®11859™.

Anexo 11: Ficha técnica de la bacteria Sporosarcina Pasteurii según medio de cultivo ATCC ®700386™.

Anexo 12: Ficha Técnica del Lactato de Calcio (MIXOLAB PERU).

Anexo 13: Recibo digital turnitin.

Anexo 14: Reporte de coincidencias turnitin.

Índice de tablas

Tabla 1. Medio de cultivo y tipo de bacteria.	8
Tabla 2. Dosificación de diseño de mezclas patrón y modificado por m ³ .	12
Tabla 3. Cantidad de ensayos para resistencia a la compresión.	12
Tabla 4. Cantidad de ensayos para resistencia a la tracción.	13
Tabla 5. Matriz de Operacionalización de variables.	17
Tabla 6. Características físicas del agregado fino.	25
Tabla 7. Análisis granulométrico de agregado fino.	26
Tabla 8. Características físicas del agregado grueso	28
Tabla 9. Análisis granulométrico de agregado grueso	29
Tabla 10. Factor de seguridad	30
Tabla 11. Contenido de aire	31
Tabla 12. Volumen unitario del agua	32
Tabla 13. Relación agua cemento	32
Tabla 14. Influencia de la relación agua/cemento en la resistencia del concreto.	34
Tabla 15. Peso del agregado grueso	35
Tabla 16. Proporcionamiento de diseño para 1 m ³ de mezcla	38
Tabla 17. Características físico químicas del lactato de calcio.	39
Tabla 18. Dosificación de diseño de mezclas patrón y modificado por probeta.	43
Tabla 19. Dosificación de diseño de mezclas patrón y modificado por total de probetas.	44
Tabla 20. Resultados del ensayo de consistencia	45
Tabla 21. Resultado de ensayos de compresión a los 7 días.	48
Tabla 22. Resultado de ensayos de compresión a los 14 días.	49
Tabla 23. Resultado de ensayos de compresión a los 21 días.	50
Tabla 24. Resultado de ensayos de compresión a los 28 días.	51
Tabla 25. Resultados de la resistencia a la compresión	52
Tabla 26. Resultado de ensayos de tracción a los 7 días.	59
Tabla 27. Resultado de ensayos de tracción a los 14 días.	60
Tabla 28. Resultado de ensayos de tracción a los 21 días.	61
Tabla 29. Resultado de ensayos de tracción a los 28 días.	62
Tabla 30. Resultados de la resistencia a la tracción.	63

Tabla 31. Análisis descriptivo de la resistencia mecánica a los 7 días.	69
Tabla 32. Análisis descriptivo de la resistencia a la compresión a los 7 días.	70
Tabla 33. Análisis descriptivo de la resistencia a la tracción a los 7 días.	70
Tabla 34. Prueba de normalidad resistencia a la compresión a los 7 días.	71
Tabla 35. Prueba de normalidad resistencia a la tracción a los 7 días.	72
Tabla 36. Prueba de T student de resistencia mecánica a los 7 días.	74
Tabla 37. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la compresión a los 7 días.	75
Tabla 38. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la tracción a los 7 días.	76
Tabla 39. Análisis descriptivo de la resistencia mecánica a los 7 días.	79
Tabla 40. Análisis descriptivo de la resistencia a la compresión a los 14 días.	80
Tabla 41. Análisis descriptivo de la resistencia a la tracción a los 14 días.	80
Tabla 42. Prueba de normalidad resistencia a la compresión a los 14 días.	81
Tabla 43. Prueba de normalidad resistencia a la tracción a los 14 días.	82
Tabla 44. Prueba de T student de resistencia mecánica a los 14 días.	84
Tabla 45. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la compresión a los 14 días.	85
Tabla 46. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la tracción a los 14 días.	86
Tabla 47. Análisis descriptivo de la resistencia mecánica a los 21 días.	89
Tabla 48. Análisis descriptivo de la resistencia a la compresión a los 21 días.	90
Tabla 49. Análisis descriptivo de la resistencia a la tracción a los 21 días.	90
Tabla 50. Prueba de normalidad resistencia a la compresión a los 21 días.	91
Tabla 51. Prueba de normalidad resistencia a la tracción a los 21 días.	92
Tabla 52. Prueba de T student de resistencia mecánica a los 21 días.	94
Tabla 53. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la compresión a los 21 días.	95
Tabla 54. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la tracción a los 21 días.	96
Tabla 55. Análisis descriptivo de la resistencia mecánica a los 28 días.	99
Tabla 56. Análisis descriptivo de la resistencia a la compresión a los 28 días.	100
Tabla 57. Análisis descriptivo de la resistencia a la tracción a los 28 días.	100

Tabla 58. Prueba de normalidad resistencia a la compresión a los 28 días.	101
Tabla 59. Prueba de normalidad resistencia a la tracción a los 28 días.	102
Tabla 60. Prueba de T student de resistencia mecánica a los 28 días.	104
Tabla 61. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la compresión a los 28 días.	105
Tabla 62. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la tracción a los 28 días.	106

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Sporosarcina Pasteurii pertenece a la familia de los bacilos, gram positivos, generadores de esporas y ureolítica.	5
Figura 2. Procedimiento de la prueba de tinción de Gram.	6
Figura 3. Vista microscópica de la prueba de tinción de Gram.	7
Figura 4. Ensayo de compresión de concreto con modificación bacteriana.	10
Figura 5. Ensayo de tracción de concreto de mezcla convencional.	11
Figura 6. Procedimiento de elaboración.	20
Figura 7. Ubicación del laboratorio	22
Figura 8. Cantera La Molina, Departamento de Lima.	22
Figura 9. Cepa bacteriana de Sporosarcina Pasteurii.	23
Figura 10. Ficha técnica de la bacteria Sporosarcina Pasteurii.	23
Figura 11. Relación de grupos de riesgo con los niveles de bioseguridad.	24
Figura 12. Laboratorio típico de nivel de bioseguridad 1.	25
Figura 13. Curva granulométrica del agregado fino.	27
Figura 14. Curva granulométrica del agregado grueso.	29
Figura 15. Dosificación mezcla patrón	40
Figura 16. Dosificación mezcla con modificación bacteriana de 10^7 células/ml.	41
Figura 17. Dosificación mezcla con modificación bacteriana de 10^8 células/ml.	42
Figura 18. Dosificación mezcla con modificación bacteriana de 10^9 células/ml.	43
Figura 19. Resultados de ensayo de consistencia slump.	45
Figura 20. Resistencia a la Compresión a los 7 días.	53
Figura 21. Resistencia a la Compresión a los 14 días.	54
Figura 22. Resistencia a la Compresión a los 21 días.	54
Figura 23. Resistencia a la Compresión a los 28 días.	55
Figura 24. Comparación de resultados Resistencia a la Compresión 01.	56
Figura 25. Comparación de resultados Resistencia a la Compresión 02.	56
Figura 26. Resistencia a la Tracción a los 7 días.	64
Figura 27. Resistencia a la Tracción a los 14 días.	65
Figura 28. Resistencia a la Tracción a los 21 días.	65
Figura 29. Resistencia a la Tracción a los 28 días.	66
Figura 30. Comparación de resultados Resistencia a la Tracción 01	67

Figura 31. Comparación de resultados Resistencia a la Tracción 02	67
Figura 32. Diagrama de cajas compresión 7 días	72
Figura 33. Diagrama de cajas tracción 7 días	73
Figura 34. Medias de resistencia de testigos a los 7 días (compresión)	77
Figura 35. Medias de resistencia de testigos a los 7 días (tracción)	78
Figura 36. Diagrama de cajas compresión 14 días	82
Figura 37. Diagrama de cajas tracción 14 días	83
Figura 38. Medias de resistencia de testigos a los 14 días (compresión)	87
Figura 39. Medias de resistencia de testigos a los 14 días (tracción)	88
Figura 40. Diagrama de cajas compresión 21 días	92
Figura 41. Diagrama de cajas tracción 21 días	93
Figura 42. Medias de resistencia de testigos a los 21 días (compresión)	97
Figura 43. Medias de resistencia de testigos a los 21 días (tracción)	98
Figura 44. Diagrama de cajas compresión 28 días	102
Figura 45. Diagrama de cajas tracción 28 días	103
Figura 46. Medias de resistencia de testigos a los 28 días (compresión)	107
Figura 47. Medias de resistencia de testigos a los 28 días (tracción)	108

Resumen

La necesidad e iniciativa en la investigación tiene como propósito de analizar, investigar y comprender la influencia de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en la resistencia mecánica del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, con una población bacteriana de *Sporosarcina Pasteurii* que va de 10^7 , 10^8 Y 10^9 células/ml. Para lo cual, se estudian las propiedades mecánicas del concreto con agregados procedentes de la cantera ubicada en la Molina, adicional a ello se realizaron ensayos de diseño de mezclas, calidad del concreto en el laboratorio GEOCONTROL PERU S.A.C., ubicado en el Distrito de Ate, Departamento de Lima. Donde se procedió a realizar el diseño de mezclas por medio del método ACI de los cuales, se produjo 24 probetas cilíndricas de concreto patrón y 72 probetas con población bacteriana de *Sporosarcina Pasteurii* que va de 10^7 , 10^8 Y 10^9 células/ml, sumando así 96 probetas para ensayar, las probetas fueron sometidas a ensayos de resistencia a compresión y tracción de acuerdo a la norma ASTM-C39 y ASTM C 496 respectivamente, las pruebas se realizaron en edades de 7, 14, 21 y 28 días. Para eso se realizó el diseño patrón, obteniéndose resultados satisfactorios de resistencia a la compresión de 82.31% (172.86 kg/cm^2) a los 7 días y resistencia a la tracción de 81.73% (23.34 kg/cm^2) a los 7 días.

Obtenido el diseño patrón aprobado, se procedió a diseñar las mezclas con modificación bacteriana el cual consistió en reemplazar el 50% del agua de mezcla patrón por el nutriente de lactato de calcio con contenido de población bacteriana que varía de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*, donde se obtuvieron resultados satisfactorios en la prueba de resistencia mecánica de compresión y tracción.

Palabra clave: *Sporosarcina Pasteurii*, concreto, resistencia mecánica.

Abstract

The need and initiative in research aims to analyze, investigate and understand the influence of the bacteria *Sporosarcina Pasteurii* on the mechanical resistance of concrete $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$, with a bacterial population of *Sporosarcina Pasteurii* ranging from 10^7 , 10^8 And 10^9 cells / ml. For which, the mechanical properties of concrete with aggregates from the quarry located in La Molina are studied, in addition to this, mixture design tests and concrete quality were carried out in the GEOCONTROL PERU SAC laboratory, located in the Ate District, Lima Department. Where the design of mixtures was carried out by means of the ACI method, of which 24 cylindrical samples of standard concrete were produced and 72 samples with a bacterial population of *sporosarcina pasteurii* that ranges from 10^7 , 10^8 and 10^9 cells / ml, thus adding 96 samples for To test, the specimens were tested by tensile and tensile strength tests according to the ASTM-C39 and ASTM C 496 standards respectively, the tests were carried out at ages of 7, 14, 21 and 28 days. For those days the standard design was carried out, obtaining satisfactory results of compressive strength of 82.31% ($172.86 \text{ kg} / \text{cm}^2$) at 7 days and tensile strength of 81.73% ($23.34 \text{ kg} / \text{cm}^2$) at 7 days.

Once the approved standard design was obtained, the mixture was designed with bacterial modification which consisted of replacing 50% of the standard mixture water with the calcium lactate nutrient with a bacterial population content that varies from 10^7 , 10^8 and 10^9 cells / ml of *Sporosarcina Pasteurii*, where satisfactory results were obtained in the test of mechanical resistance of compression and traction.

Keywords: *Sporosarcina Pasteurii*, concrete, mechanical strength.

I. Introducción

El concreto es la piedra angular de la construcción mundial, ha dado forma al entorno moderno global, pero su producción tiene una huella a gran escala que ni las industrias ni los gobiernos han estado dispuestos a abordar.

De acuerdo al Royal Institute of International Affairs Chatham House (2018) afirman que: “cada año se viene produciendo más de cuatro millones de toneladas de cemento, lo que representa alrededor de ocho por ciento de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Si fuera un país, la industria cementera sería la tercera más grande del mundo, solo por detrás de los países de China y Estados Unidos”. (p. 71). Por otra parte, también hace referencia un dato importante para la sostenibilidad ambiental que produce; “todo el plástico producido en los últimos sesenta años asciende a ocho mil millones de toneladas [...] esa cantidad de hormigón se fabrica cada dos años.” (p.85)

Por otra parte, Kindness House (2017) advierte que: “[...] hasta tres millones de personas que podrían necesitar un hogar para el año 2050, se necesitan urgentemente nuevas soluciones en el ámbito de la construcción, especialmente, en las economías emergentes. Y no solo viviendas, se necesitan infraestructuras, la necesidad de construir presas, carreteras, suministro de agua, saneamiento, servicios de energía o el aumento de la riqueza personal, han alimentado la demanda” (p. 64)

Problemáticas como la expuesta anteriormente, desde un punto de vista técnico, se promoviendo internacionalmente, y la búsqueda de opciones novedosas con la finalidad de contribuir al desarrollo del concreto, dentro de estas opciones se puede encontrar el estudio de métodos diversos que mejoren la resistencia mecánica del concreto, a través de la adición de microorganismos económicos, viable y sostenibles con el medio ambiente, como alternativa potencialmente factible que pueda permitir la mejora de la resistencia mecánica del concreto significando potencialmente una mayor vida útil del concreto.

II. Marco Teórico

Para la elaboración del proyecto de investigación nos apoyamos de trabajos previos, donde se eligieron las más relevantes, importantes y vigentes, encontramos en el ámbito internacional a:

GIRALDO, Nicolás. Auto reparación de fisuras en concreto rígido para pavimentos mediante la adición de bacterias bio precipitadoras de carbonato de calcio, estado del arte y diseño experimental. Colombia, 2017. 320pp.

En el presente estudio se tuvo como objetivo evaluar el estado de arte y el diseño experimental para la elaboración de concreto con adiciones de bacterias bio precipitadoras de carbonato de calcio para lograr mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

Para ello al autor realizo las pruebas con una población celular de 10^5 células/ml utilizando la bacteria *Basilus Choni*, obteniendo una mejora en la resistencia a la compresión de 22% en comparación con la muestra de control con una resistencia de 24 MPa (244.73 kg/cm^2) a 28 MPa (285.52 kg/cm^2).

MANZANARES, Cristina. Construcción viva sinergia entre materiales y microorganismos. Madrid, 2017. 71 pp.

En este estudio se planteó identificar y evaluar las propiedades de los materiales inteligentes mediante la adición de bacteria en los materiales de construcción, para verificar entre todo su beneficio y poder evaluar los resultados de la resistencia a la compresión del concreto obteniendo su mejor resultado utilizando una mezcla con *Bacilo Spharericus* y concreto.

Teniendo como resultado en los ensayos realizados; a los 3 días de fraguado una optimización en la resistencia a la compresión en relación a la muestra de control de 30.76% ($19.24 \text{ N/mm}^2 - 196 \text{ kg/cm}^2$ a $25.16 \text{ N/mm}^2 - 256.56 \text{ kg/cm}^2$), a los 7 días de fraguado una aumento en la resistencia a la compresión en relación a la muestra de control de 46.15% ($23.66 \text{ N/mm}^2 - 241.26 \text{ kg/cm}^2$ a $34.58 \text{ N/mm}^2 - 358.62 \text{ kg/cm}^2$), a los 28 días de iniciado el fraguado una mejora en la resistencia a la compresión en relación a la muestra de control de 32.21% ($34.52 \text{ N/mm}^2 - 352.01 \text{ kg/cm}^2$ a $45.72 \text{ N/mm}^2 - 466.21 \text{ kg/cm}^2$). Por otra parte, a los 3 días de iniciado el fraguado una mejora en la resistencia a la tracción en relación a la muestra de control de 13.75% ($3.78 \text{ N/mm}^2 - 38.54 \text{ kg/cm}^2$ a 4.30

N/mm² – 43.85 kg/cm²), a los 7 días de iniciado el fraguado una mejora en la resistencia a la tracción en relación a la muestra de control de 14.28% (4.72 N/mm² – 48.13 kg/cm² a 5.28 N/mm² – 53.84 kg/cm²), a los 28 días de iniciado fraguado una mejora en la resistencia a la tracción en relación a la muestra de control de 18.15% (4.85 N/mm² – 49.46 kg/cm² a 5.74 N/mm² – 58.53 kg/cm²).

JONKERS, Henk. Bacteria - based self - healing concrete. Holanda, 2011. 222pp.

En el presente trabajo se define como objetivo identificar la efectividad de la bacteria bio precipitado res de carbonato de calcio con una concentración bacteriana de 10⁹ células/ml, por intermedio de la aplicación de lactato de calcio. Para ello, el autor ha establecido las siguientes metodologías: la incorporación directa y el encapsulamiento de bacterias y utilizando luego el lactato de calcio en función de nutriente mineral que presentan propiedades de resistencia a la compresión amigables y compatibles con el concreto.

Concluyendo que, en base a las pruebas de compresión de concreto, que los resultados mediante la técnica de encapsulamiento en el concreto de las bacterias, obtuvieron una mejora en un 20% en promedio en relación a la muestra de control.

RUBIO, Laura. Caracterización de la recuperación de las propiedades mecánicas en hormigones auto sanables, aplicación práctica en una nave industrial. Valencia, 2016. 129 pp.

En este trabajo se enmarca como objetivo principal, el estudio de la restauración de las propiedades mecánicas en concretos auto sanables mediante la utilización de aditivos bacterianos y cristalinos. Para esto se diseñó un método experimental el cual permite evaluar la restauración de las propiedades mecánicas luego de la cicatrización autónoma y autógena por intermedio de ensayos compresión directa e indirecta.

Concluyendo que, en los procesos de sanación autónoma, así como la autógena obtenida por intermedio de utilización de aditivos cristalinos, no obteniéndose recuperaciones significativas ni visibles. Por lo tanto, al final del estudio se concluyó que no estos métodos no han sido suficientes para garantizar y viabilizar la restauración de las propiedades mecánicas de manera eficaz; en conclusión, se informa sobre la necesidad de realizar otro tipo de diseño de

concreto auto reparable que facilite y garantice la restauración de las propiedades mecánicas de manera efectiva, eficiente y viable.

CHAHAL, Navneet. RAJOR, Anita. SIDDIQUE, Rafat. Influence of bacteria on the compressive strength water absorption and rapid chloride permeability of fly ash concrete. 2011, 235 pp.

El presente trabajo propuso como objetivo, determinar y definir los efectos de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* mediante las pruebas de resistencia a la compresión. Para ello, se utilizaron bacterias *Sporosarcina Pasteurii* cultivadas durante diez días con una temperatura de 28° Celsius. Además, se clasificaron tanto las concentraciones de población bacteriana en células bacterianas de 10^3 , 10^5 y 10^7 células/ml, como las concentraciones de cenizas volantes de entre 0%, 10%, 20% y 30% para ser añadidas directamente al diseño de mezcla del concreto compuesto por cemento, agregado grueso, arena, agua y además de cenizas volcánicas.

Deduciendo que, mientras menor sea el porcentaje de cenizas volcánicas, mayor será la resistencia a la compresión del concreto.

GALINAT, Johnna. BANG, Sookie, Calcite precipitation induced by polyurethane immobilized Bacillus Pasteurii. 2001, 452 pp.

Para el trabajo realizado por Bang Sookie y sus colaboradores, se planteó el objetivo de evaluar como resulta la efectividad de las bacterias *Sporosarcina Pasteurii*, para lo cual se realizaron las pruebas de resistencia a la tracción, resistencia a la compresión del concreto y cálculo del módulo de elasticidad. Los resultados permitieron concluir lo siguiente: la mayor resistencia a la compresión se obtuvo con los concretos adicionados con bacterias que fueron incurvados durante siete días; obteniéndose un aumento del 10,71% mayor a las muestras sin modificación.

CHAHAL, Navneet. RAJOR, Anita. SIDDIQUE, Rafat. Influence of bacteria on the compressive strength water absorption and rapid chloride permeability of concrete incorporating silica fume. 2002, 652 pp.

Para el trabajo realizado por Chahal y colaboradores se propuso como objetivo, determinar la efectividad de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* bio precipitadora de carbonato de calcio en la prueba de resistencia a la compresión.

En relación a los resultados de las pruebas de compresión del concreto, se pudo observar que, a los veintiocho días de iniciado fraguado, se obtuvo una resistencia a la compresión más óptima al estar incorporadas de una dosis de 10^5 células / ml de bacterias, mientras que, en las muestras de control no se observó una mejora en la resistencia a la compresión. Dichos resultados permitieron concluir que la resistencia a la compresión tiende a aumentar proporcionalmente con relación al porcentaje de bacterias precipitadoras de cristales de carbonato de calcio incorporadas.

A continuación, se definen los conceptos y teorías relacionadas al tema los cuales están involucrados en esta investigación:

Se define **Sporosarcina pasteurii**, por investigadores reconocidos:

De acuerdo a Anbu [et.al] (2016), afirma que la bacteria Sporosarcina Pasteurii pertenece a la familia de los bacilos, gram positivos, generadores de esporas y ureolítica, siendo la más estudiada en debido a su capacidad para producir en gran medida de endoesporas, esta característica proporciona a dicha bacteria tolerar un ph de nueve, además de otras condiciones extremas, como: alcalinidad del terreno, altas concentraciones de sales y altas temperaturas, entre otras exposiciones ambientales y que influye en una alta producción de ureasa, obteniendo así una precipitación de carbonato de calcio, ver Figura 1.



Figura 1. Sporosarcina Pasteurii pertenece a la familia de los bacilos, gram positivos, generadores de esporas y ureolítica

De la **Selección de bacterias** de *Sporosarcina Pasteurii*, se puede decir: Para el presente proyecto se ha seleccionado cepas bacterianas bioprecipitadoras de cristales de carbonato de calcio o por sus siglas químicas cristales de CaCO_3 de *Sporosarcina Pasteurii* los cuales provienen de las colecciones bacteriológicas aprobada por la ATCC 169, por medio de la prueba de tinción de Gram, como se ve en las Figura 2.

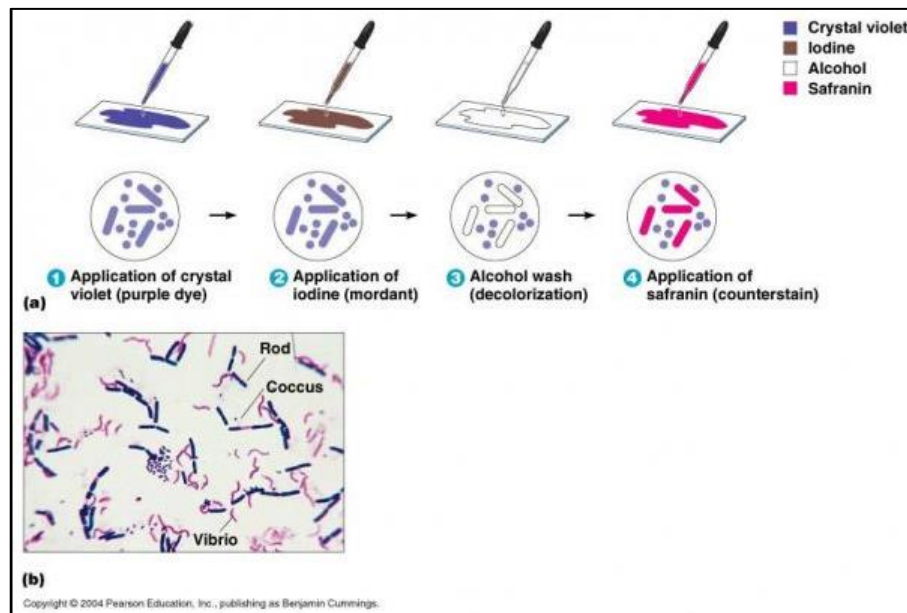


Figura 2. Procedimiento de la prueba de tinción de Gram

Una vez realizada la prueba de tinción de Gram, la bacteria puede identificarse como Gram positivas (bacterias de color azul) y Gram negativas (bacterias de color magenta). La bacteria *Sporosarcina Pasteurii* al ser una bacteria del tipo bacilo Gram positivo, tendrá un pigmento de color azulado durante la prueba de tinción de Gram, como se muestra en la Figura 3. Estas bacterias son extraídas y separadas en vidrio con la finalidad de exponerlas a un medio de cultivo apropiado con la finalidad de obtener las poblaciones bacterianas de 107, 108 y 109 células/ml el medio de cultivo utilizado está respaldado por el método ATCC ®11859™ de acuerdo a la Ficha Técnica en el Anexo 10.



Figura 3. Vista microscópica de la prueba de tinción de Gram

Para el **Medios de cultivo** de la *Sporosarcina Pasteurii*, se puede saber lo siguiente:

En la siguiente tabla se presente los medios de cultivos para la nutrición, crecimiento, desarrollo, conservación y mantenimiento de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii*, aprobados por las organizaciones de ATCC®11859™ (American Type Culture Cultive – Estados Unidos), NCIB (National Center for Information Biotechnological – Estados Unidos), NCTC (National Collection of Type Cultures - Inglaterra) y NRS (Natural Reserve System - University of California) cuentas con medios de cultivo similares, mientras que para las el medio de cultivo bacteriano ATCC®700386™ se utilizan otra composición de nutrientes, como se aprecia en la Tabla N°01 Medio de cultivo y tipo de bacteria.

Tabla 1. Medio de cultivo y tipo de bacteria

Bacteria Sporosarcina Pasteurii	
Tipo de bacteria (cepas)	Medios de cultivo (porción / litro)
ATCC®11859™ NCIB 8219 NCTC 4822 NRS 673	20.0 gramos de extracto de levadura 10.0 gramos de peptona 1.0 L de 0.13 MTris buffer 20.0 gramos de agar (opcional)
ATCC®700386™	3.0 gramos de extracto de carne 5.0 gramos de peptona 15.0 gramos de agar (obteniendo un ph de 6.8 con tolerancia de +/- 0.2 ph)

Fuente: elaboración propia

En el presenta trabajo de investigación obtendrán las cepas bacterianas mediante cultivo aprobado por la bacteriológica American Type Culture Collection (ATCC), de tal forma que, las cepas bacterianas se cultivaran en medio líquido que contengan cinco gramos de peptona, tres gramos de extracto de carne, y veinte gramos de urea por litro de agua destilada, procurando que el extracto de carne y la peptona suministren minerales, carbono, nitrógeno y otros elementos que contribuyan con el crecimiento de las cepas bacterianas. Para llevar a cabo el procedimiento de incubación de las bacterias, los medios líquidos serán esterilizaron durante veinte minutos a ciento veintiún grados Celsius.

El Concreto:

El concreto es un material compuesto utilizado para la construcción, conformado por un aglomerante y áridos o también conocido como agregados, agua y aditivos de ser el caso.

El aglomerante normalmente es el cemento portland mezclado con una proporción de agua produce una reacción química llamada calor de hidratación para dar inicio al fraguado. Los granos de los agregados, dependen básicamente

de su diámetro promedio, estos áridos se clasifican en agregados finos y gruesos. Al mezclar solamente cemento y agua se obtiene el denominado mortero.

El cemento es la piedra angular para la elaboración del concreto de textura pulverizada que por sí sola no es aglomerante, ya que a partir de ser mezclado con agua, se hidrata y se convierte en una pasta moldeable obteniendo distintas propiedades entre ellas la adherencia, empezando su etapa de fraguado y endurecimiento, dicho endurecimiento está evaluado en razón a los días de fraguado en el cual obtiene un ochenta por ciento de su resistencia total a los siete días de iniciado el fraguado y obtiene su máxima resistencia a los veintiocho días en promedio.

El cemento está compuesto esencialmente por silicato cálcico, este compuesto es el que le otorga al concreto sus propiedades de adherencia.

Además de todo lo mencionado anteriormente, se puede añadir aditivos en cantidades inferiores al uno por ciento del volumen total del concreto con la finalidad de modificar o mejorar la propiedad del concreto, existen una gran variedad de aditivos entre los que destacan: los aceleradores y retardadores de fraguado, colorantes, impermeabilizantes, fluidificantes, fibras, entre otros.

De la **Resistencia a la compresión** del concreto, podemos decir que:

Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm^2 , MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

Para la presente tesis la prueba de resistencia a la compresión se mezcló la cepa bacteriana *Sporosarcina Pasteurii* conjuntamente con el concreto. Los resultados del estudio evidenciaron que utilizando el medio bacteriológico American Type Culture Collection (ATCC) se espera una mejora de diecisiete a veinte por ciento aproximadamente a los veintiocho días de iniciado el fraguado con respecto a la muestra de control, ver Figura 4.



Figura 4. Ensayo de compresión de concreto con modificación bacteriana.

De la **Resistencia a la tracción** del concreto, se puede decir que:

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (hormigón). Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada se utiliza muy poco el ensayo a flexión para el concreto estructural.

Para la presente tesis, la prueba de resistencia a la tracción, las muestras se mezclaron con las cepas bacterianas de *Sporosarcina Pasteurii* conjuntamente con el concreto. Se espera obtener resultado del estudio que utilizando el medio bacteriológica American Type Culture Collection (ATCC), una mejora de diecisiete a veinte por ciento aproximadamente a los 28 días de curado con respecto a la muestra de control, en la Figura se aprecia el ensayo de tracción diametral de una mezcla convencional, ver Figura 5.



Figura 5. Ensayo de tracción de concreto de mezcla convencional.

Para una **dosificación del concreto con adición de bacterias**, se sabe que:

Para el diseño de mezcla se prepararon especímenes en los que una fracción del 50% de la dosificación de agua es reemplazada por el nutriente de lactato de calcio conteniendo población bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml. Antes de ser añadidas a la mezcla de concreto y conservar el resto con una dosificación normal para un concreto de 210 kg/cm^2 , el mismo que se sustenta en el literal 4.4.1. de la parte IV correspondiente a Resultados.

Del **diseño de mezclas**, podemos decir:

Para el presente estudio se utilizaron los materiales que se sustenta en el literal 4.4.1. de la parte IV correspondiente a Resultados. Las bacterias *Sporosarcina Pasteurii* que se encuentran en poblaciones bacterianas de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml sumergidas en lactato de calcio añadidos directamente en el momento de la elaboración de la mezcla conformada por las siguientes proporciones mostradas en la Tabla 2.

Tabla 2. Dosificación de diseño de mezclas patrón y modificado por m³.

Concentración bacteriana (células/ml)	Cemento Portland I (Kg/m ³)	Agua (Lt/m ³)	Población Bacteriana (50% agua) (Lt/m ³)	Agregado Grueso (kg/m ³)	Agregado Fino (kg/m ³)
0	367.384	226.786	0	1046.724	791.979
10 ⁷	367.384	113.393	113.393	1046.724	791.979
10 ⁸	367.384	113.393	113.393	1046.724	791.979
10 ⁹	367.384	113.393	113.393	1046.724	791.979

Fuente: Elaboración propia

Para los ensayos de laboratorio se utilizó una proporción de mezcla 1: 2.156: 2.849 (Cemento: arena: grava), utilizando una relación Agua/cemento de 0,55, con una consistencia Slump de 3" a 4".

Por otra parte, se ha determinado el número total de muestras a ser empleadas durante los ensayos de resistencia a la compresión, como se aprecia en las Tablas 3.

Tabla 3. Cantidad de ensayos para resistencia a la compresión.

CANTIDAD DE ENSAYOS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
CONCRETO	ENSAYOS (7,14,21 Y 28 días)	CANT.	TOTAL DE PRUEBAS
F'c=210 kg/cm ² convencional	4	3	12
F'c=210 kg/cm ² con una población bacteriana de 10 ⁷ células/ml	4	3	12
F'c=210 kg/cm ² con una población bacteriana de 10 ⁸ células/ml	4	3	12
F'c=210 kg/cm ² con una población bacteriana de 10 ⁹ células/ml	4	3	12
TOTAL DE MUESTRAS			48

Fuente: Elaboración propia

Además, se ha determinado el número total de muestras a ser empleadas durante los ensayos de resistencia a la tracción, como se aprecia en las Tablas 4.

Tabla 4. Cantidad de ensayos para resistencia a la tracción.

CANTIDAD DE ENSAYOS RESISTENCIA A LA TRACCIÓN			
CONCRETO	ENSAYOS (7,14,21 Y 28 días)	CANT.	TOTAL DE PRUEBAS
F'c=210 kg/cm ² convencional	4	3	12
F'c=210 kg/cm ² con una población bacteriana de 10 ⁷ células/ml	4	3	12
F'c=210 kg/cm ² con una población bacteriana de 10 ⁸ células/ml	4	3	12
F'c=210 kg/cm ² con una población bacteriana de 10 ⁹ células/ml	4	3	12
TOTAL DE MUESTRAS			48

Fuente: Elaboración propia

Lo que determina una cantidad total de 96 probetas cilíndricas de 4" x 8", de los cuales 48 estarán destinadas a pruebas de a la compresión y los 48 restantes serán destinadas a pruebas de tracción.

Se realiza la **formulación del problema**, por la mejora en la calidad del concreto y en referencia al planteamiento propuesto, y para el desarrollo del presente proyecto se formulan los siguientes problemas generales y específicos:

Problema General

PG: ¿Cómo influye la Bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia mecánica del concreto f'c 210 kg/cm², Ate, Lima - 2020?

Del mismo modo, se plantearon los siguientes **problemas específicos:**

PE 1: ¿Cómo influye la bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la compresión del concreto f'c 210 kg/cm², Ate, Lima - 2020?

PE 2: ¿Cómo influye la bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la tracción del concreto f'c 210 kg/cm², Ate, Lima - 2020?

La **justificación del estudio** proyecto de investigación se justifica experimental, porque implica directamente la manipulación intencional y justificada de las variables en condiciones de control estricto, para el estudio más profundo sobre la influye Bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm², en nuestro medio.

Así mismo, con el presente trabajo se espera proporcionar y ofrecer un documento de consulta, relacionada la influye bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia mecánica del concreto hidráulico, en nuestro medio, y que a la vez sirva como referencia académica para futuras investigaciones.

Por otro lado, se justifica metodológicamente por cuanto la investigación genera un instrumento de recolección de información importante y proporcionar un documento de consulta que contribuya a documentar, informar y sensibilizar a los diferentes actores, organizaciones y población en general sobre la influye Bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm², en nuestro medio, para promover futuras investigaciones relacionadas con el desarrollo del concreto.

Por último, presenta relevancia social, puesto que las entidades responsables como el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Ministerio de Transporte y Comunicaciones, entre otros, contarán con insumos bibliográficos relativos a la influye Bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia mecánica del concreto, en nuestro medio, como punto de referencia para futuras aplicaciones en el área de la construcción.

Por lo tanto, y teniendo en cuenta os datos de la investigación, se obtuvieron la **Hipótesis General**.

HG: La Bacteria Sporosarcina Pasteurii influye positivamente en la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm², Ate, Lima - 2020.

Por consiguiente, nuestras **Hipótesis Específicas** será:

HE 1: La bacteria Sporosarcina Pasteurii influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm², Ate, Lima - 2020.

HE 2: La bacteria Sporosarcina Pasteurii influye positivamente en la resistencia a la tracción del concreto $f'c$ 210 kg/cm², Ate, Lima - 2020.

A continuación, planteamos el **Objetivo Principal**.

OP: Determinar la influye la bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm², Ate, Lima - 2020.

Y, finalmente, nuestros **Objetivos Específicos**.

OE 1: Determinar la influye la bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm², Ate, Lima - 2020.

OE 2: Determinar la influye la bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la tracción del concreto $f'c$ 210 kg/cm², Ate, Lima - 2020.

III. Metodología

3.1. Tipo y diseño de investigación

En concordancia con Hernández [et.al.] (2014), la presente investigación es experimental y de corte transversal, porque implica directamente la manipulación intencional y justificada de las variables en condiciones de control estricto, estos resultados serán comparadas con los resultados que serán obtenidos en las muestras de los grupos experimentales y grupos de control, mediante ensayos de laboratorio.

La investigación es aplicada, porque trata de estudiar las posibilidades de la aplicación de teorías nuevas para la solución de los distintos problemas de la vida real. Ya que, a partir de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, se determinará la influye la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm², Ate, Lima - 2020. Según Valderrama (2002), la investigación aplicada “Es también llamada práctica, empírica, activa o dinámica, y se encuentra íntimamente ligado a la investigación básica, ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos para poder generar beneficios y bienestar a la sociedad”. (p. 38)

Según Hurtado (2000), el proyecto de investigación presentado es proyectista: porque esta investigación encamina a un estudio factible que permita determinar la influye la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm², Ate, Lima – 2020 en comparación con las muestras de concreto convencional.

3.1.1. Nivel de investigación

De acuerdo con Hernández [et.al.] (2014), la presente investigación es de nivel explicativa, debido a que tienen como finalidad determinar las causas de los fenómenos y descubrir los mecanismos de su funcionamiento, para su futura aplicación en nuestro medio.

3.2. Variables y Operacionalización

3.2.1. Variable dependiente: Resistencia mecánica

3.2.2. Variable independiente: Bacteria *Sporosarcina Pasteurii*

3.2.3. Operacionalización de variables

De acuerdo a Borja (2012) menciona que la Operacionalización es un proceso por el cual se explica la forma que serán medidas las variables que se formulan en la hipótesis, para lo cual en muchos de los casos habrá que derivarlas en indicadores susceptibles para poder ser medidos (p. 24). Por consiguiente, la Operacionalización de variables ayuda al investigador a tener una idea clara de cómo medir las variables, para ello se descompone en dimensiones e indicadores, a su vez se indica los instrumentos que se empleará en la medición de dicha variable, en la Tabla 5 se aprecia la Matriz de Operacionalización de variables.

Tabla 5. Matriz de Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Resistencia mecánica <i>(Variable dependiente)</i>	Es la capacidad que todos los cuerpos poseen para resistir fuerzas aplicadas en sí mismo sin llegar a romperse	Resistencia a la compresión	Kg/cm ²	ACI NTP ASTM
		Resistencia a la tracción	Kg/cm ²	ACI NTP ASTM
Bacteria Sporosarcina Pasteurii <i>(Variable independiente)</i>	Es una bacteria de la familia de los Bacilos, Gram Positivos, esporadores, debido a que crean membranas capaces de proteger en estado inactivo a dicha bacteria.	Cultivo	Medios de cultivo	Bacteriological American Type Culture Collection (ATCC)
		Población	Cantidad de Células/ml	Bacteriological American Type Culture Collection (ATCC)

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población (criterio de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

En concordancia con Borja (2012): “[...] se denomina población o Universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio.” (p. 30).

Así mismo, Valderrama (2010) define que: “la población es un conjunto finito de elementos, seres o cosas, que tienen atributos o características comunes,

susceptibles de ser observados [...]” (p. 182). En consecuencia, la población es un conjunto de individuos que tienen características similares y que están involucrados en la investigación.

De acuerdo a Valderrama (2010), define la Muestra cómo sigue: “Es un subconjunto representativo de un universo o población.” (p. 183). Afirmativamente la muestra es una fracción de la población pero que refleja y que define todas las características de los elementos de la población. Por último, la muestra será una fracción de los concreto en nuestro medio, lo cual se ha determinado realizar las pruebas con concreto de resistencia $f'c$ 210 kg/cm², Ate, Lima - 2020.

Por otro lado, dentro de la muestra, podemos ver las experiencias para el diseño de mezclas en el Perú, específicamente del tipo planteado en la tesis, se puede verificar que este tipo de concreto en el Perú, presenta escaso nivel de innovación tecnológica.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el presente estudio se aplicaron las siguientes técnicas e instrumentos:

- Aplicación de normativas. - Los diseños deberán cumplir con las normas ASTM 2014 y ACI 2014.
- Revisión de documentos. -Los documentos a utilizarse en este estudio serán libros, tesis, notas, normas y códigos actualizados relacionados con la influencia de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm², Ate, Lima - 2020.

La técnica es no probabilística, puesto que, para recopilar la información para desarrollar los cálculos, se realizará mediante toma de datos por anotaciones, que luego a través de los resultados de los certificados de ensayos de laboratorio se hace comparable a algunos de estos elementos existentes en nuestro medio.

3.4.1. Instrumentos de recolección de datos

Como instrumento para la recolección de datos se utilizará los diseños de mezcla aprobado por el laboratorio, así como la dosificación de los procedimientos de la metodología ASTM 2014 y las probetas obtenidas

de las mezclas con y sin modificación bacteriana, los cuales permitirá recoger la información y ser útiles para validar nuestras hipótesis.

3.4.2. Validez y confiabilidad

Mediante los resultados obtenidos en trabajos previos se realizará la validación y confiabilidad, de acuerdo a las normativas aprobadas que son estandarizadas para la investigación de este tipo. La validación del instrumento a emplearse será obtenida a través del juicio de expertos, dicha actividad se llevará a cabo en todas las etapas del desarrollo de la investigación, en cuanto a los instrumentos que serán aplicados para medir y evaluar las variables de estudio, serán sometidos a juicio de los expertos.

3.5. Procedimiento

El procedimiento para la elaboración de la presente tesis empezó con la localización de la cantera La Molina ubicada en el Distrito de la Molina, la misma que proveerá el agregados finos y gruesos. Una vez adquirido los agregados, se procedió a llevar al laboratorio Geo Control Perú S.A.C. donde se realizó el ensayo de los agregados y se obtuvo el diseño de mezclas para la muestra patrón debidamente certificado y visado por el jefe de laboratorio. Luego, se realizaron los tramites correspondiente en las con la Fundación para el Desarrollo Agrario el cual realiza sus actividades en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para obtener los nutrientes de Lactato de Calcio con contenido de población bacteriana de *Sporosarcina Pasteurii*, donde se obtuvo un total de 19,200 ml en frascos esterilizados de 100 ml cada uno, también se obtuvo la ficha técnica del medio de cultivo ATCC ®11859™, adjunto en el Anexo 10.

Seguidamente, teniendo el diseño de mezclas para la muestra patrón y la muestra con modificación de población bacteriana, se realizó el ensayo de consistencia de acuerdo a las normas ASTM C-143 y NTP 339.035 vigente a la fecha del ensayo, en paralelo se elaboraron las probetas cilíndricas de 4" x 8" los cuales se sometieron a un estado de saturación para su posterior empleo a medida que transcurría su tiempo de fraguado.

A continuación, se utilizaron por grupos las probetas para el ensayo de compresión y tracción a los 7, 14, 21 y 28 días de fraguado, los cuales fueron monitoreados por el jefe de laboratorio de Geo Control Perú S.A.C., y sus resultados fueron procesado y plasmados en los certificados visados.

Por último, se trasladaron los resultados obtenidos en los certificados visados a la presente tesis con los cual se confirmó la hipótesis previamente definida.

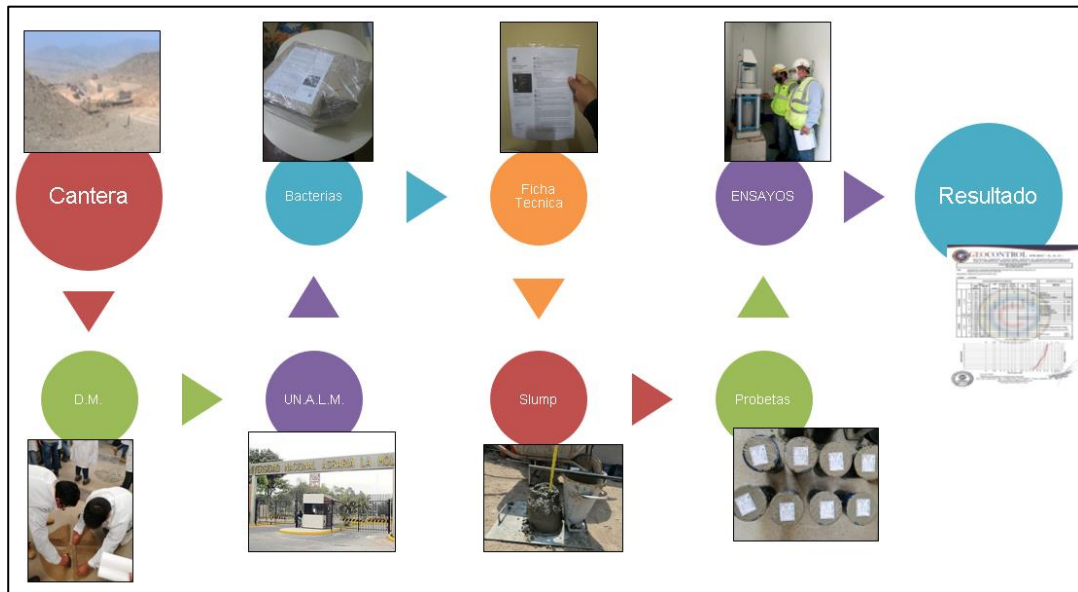


Figura 6. Procedimiento de elaboración.

3.6. Método de análisis de datos

Para la ejecución del procedimiento que utilizaremos diseños de mezcla normalizados, así como la dosificación de los procedimientos de la metodología ASTM 2014 y el análisis se presentara a través de certificados de pruebas de calidad de ensayos de laboratorio.

3.7. Aspectos éticos

El investigador es responsable de respetar y comprometerse a la veracidad del contenido y de los resultados que se mostraran al final del mismo. Por lo tanto, se señala que se han realizado las citas debidamente reconociendo a los autores responsables del marco teórico y que son parte del sustento integro de toda esta investigación. Serán verificable los resultados de las pruebas de ensayo de laboratorio, así como de los individuos e instituciones

involucrados en los estudios realizados a lo largo del proceso de esta investigación.

IV. Resultados

4.1. Ubicación del laboratorio

La investigación se denomina “Influencia de la batería Sporosarcina Pasteurii en la resistencia mecánica del concreto f'c 210kg/cm², Lima, Ate - 2020”. Fue realizado en el laboratorio GEOCONTROL PERÚ S.A.C. ubicado en el distrito de Ate, Provincia de Lima, Departamento de Lima. Más detalle en la Figura 7.



Figura 7. Ubicación del laboratorio.

La adquisición de agregados se realizó en la cantera de la Molina, ubicado entre el distrito de la Molina y Pachacamac a la altura del poblado Musa y luego llevados al laboratorio Geo Control Perú S.A.C. para realizaras el ensayo de los agregados, ver Figura 8.



Figura 8. Cantera La Molina, Departamento de Lima.

4.2. Especificaciones Técnicas de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii*

La bacteria *Sporosarcina Pasteurii* con población bacteriana de 10^7 , 10^8 , 10^9 células/ml cultivados por la Fundación para el Desarrollo Agrario, adquiridos y enviados al laboratorio Geo Control Perú S.A.C., en la Figura 9 se muestra una vista macroscópica de la cepa bacteriana en cuestión.

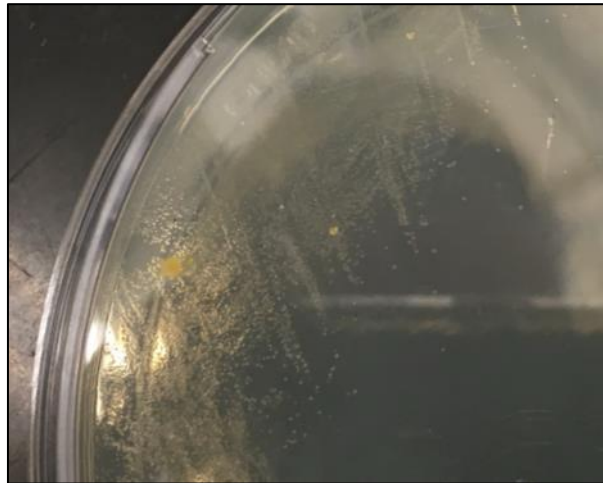


Figura 9. Cepa bacteriana de *Sporosarcina Pasteurii*.

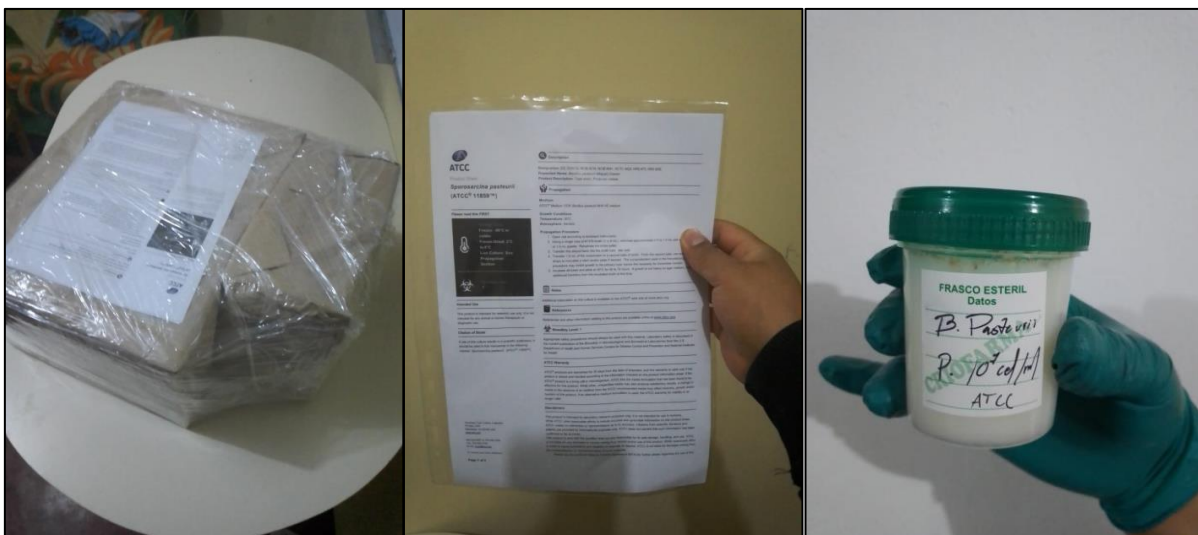


Figura 10. Ficha técnica de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii*.

En la Figura 10, se aprecia la ficha técnica del medio de cultivo empleado para la bacteria *Sporosarcina Pasteurii*, donde el documento prima leer y tener en cuenta que la temperatura de almacenamiento debe ser menor a ochenta

grados centígrados (-80 C⁰), liofilizado (proceso de conservación de alimentos con el cual se congela un alimento a presión atmosférica baja) de dos hasta ocho grados centígrados (2^o C - 8^o C), y que el procedimiento y la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* pertenecen al nivel de bioseguridad 1.

De acuerdo al Manual de Bioseguridad en el Laboratorio de la Organización Mundial de la Salud (2005), dice en la sección de clasificación de los microorganismos infecciosos por grupo de riesgo, respecto al grupo de riesgo 1, se consideran los: “[...]Microorganismo que tiene pocas probabilidades de provocar enfermedades en el ser humano o los animales.” (p. 1). Es decir que, los microorganismos catalogados en el grupo de riesgo 1 presentan un riesgo individual y poblacional escaso o nulo, como se muestra en la siguiente figura 11.

Cuadro 2. Relación de los grupos de riesgo con los niveles de bioseguridad, las prácticas y el equipo

GRUPO DE RIESGO	NIVEL DE BIOSEGURIDAD	TIPO DE LABORATORIO	PRÁCTICAS DE LABORATORIO	EQUIPO DE SEGURIDAD
1	Básico Nivel 1	Enseñanza básica, investigación	TMA	Ninguno; trabajo en mesa de laboratorio al descubierto
2	Básico Nivel 2	Servicios de atención primaria; diagnóstico, investigación	TMA y ropa protectora; señal de riesgo biológico	Trabajo en mesa al descubierto y CSB para posibles aerosoles
3	Contención Nivel 3	Diagnóstico especial, investigación	Prácticas de nivel 2 más ropa especial, acceso controlado y flujo direccional del aire	CSB además de otros medios de contención primaria para todas las actividades
4	Contención máxima Nivel 4	Unidades de patógenos peligrosos	Prácticas de nivel 3 más cámara de entrada con cierre hermético, salida con ducha y eliminación especial de residuos	CSB de clase III o trajes presurizados junto con CSB de clase II, autoclave de doble puerta (a través de la pared), aire filtrado

TMA: técnicas microbiológicas apropiadas (Véase la parte IV del presente manual). CSB: cámara de seguridad biológica.

Figura 11. Relación de grupos de riesgo con los niveles de bioseguridad.

También se puede apreciar en la Figura 11 el tipo de laboratorio para un nivel de bioseguridad 1, corresponde a un laboratorio de enseñanza básica y de investigación, el mismo que tendrá un equipamiento básico como se muestra en la siguiente figura.

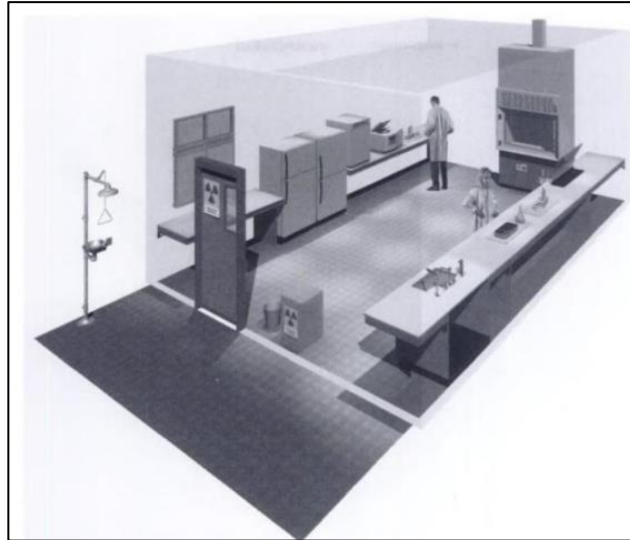


Figura 12. Laboratorio típico de nivel de bioseguridad 1.

4.3. Propiedades físicas de los agregados

4.3.1. Características físicas del agregado fino

En la Tabla 6, se presentan las propiedades físicas del agregado fino procedente de la cantera de la Molina; los datos obtenidos de dicho agregado están dentro de los estándares solicitados en las normas NTP 400.037 y ASTM C29/C29M-2009.

Tabla 6. Características físicas del agregado fino.

CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO FINO	
Peso Específico (Tn/m ³)	2.65
Peso Unitario Suelto (Tn/m ³)	1.483
Peso Unitario Varillado (Tn/m ³)	1.076
Contenido de Agua (%)	2.00
Absorción (%)	2.88
módulo de finura	2.76

Fuente: elaboración propia

Según el módulo de finura obtenida de 2.76, se puede observar que, cumple según lo especificado por la norma técnica el cual varía entre 2.3

y 3.1, por lo que debe precisarse que, un módulo de finura entre este rango es el más favorable para concreto de alta resistencia.

A continuación, en la Tabla 7 se aprecia el análisis granulométrico del agregado fino con sus respectivos porcentajes retenido en cada maya, también en la Figura 13 se aprecia la curva granulométrica del agregado fino procedente de la cantera La Molina.

Tabla 7. Análisis granulométrico de agregado fino.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINOS											
			MALLAS		PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)		
			SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)							
FRACCIÓN GRUESA	GRAVA	FINA	1/2"	12.700	-	-	-	-	ASTM C 136		
			3/8"	9.525	-	-	-	-	100.0		
			1/4"	6.350	-	-	-	100.0	-		
			N° 4	4.750	42.0	4.92	4.92	95.08	95-100		
			N° 6	3.360	-	-	-	-	-		
FRACCIÓN FINA	ARENA GRUESA		N° 8	2.360	65.0	7.6	12.5	87.5	80-100		
			N° 10	2.000	-	-	-	-	-		
	ARENA	MEDIA		N° 16	1.180	171.0	20.0	32.6	67.4	50-85	
				N° 20	0.850	-	-	-	-	-	
				N° 30	0.600	198.0	23.2	55.8	44.2	25-60	
				N° 40	0.425	-	-	-	-	-	
		FINA			N° 50	0.300	204.0	23.9	79.7	20.3	10-30
					N° 80	0.180	-	-	-	-	-
					N° 100	0.150	88.0	10.3	90.0	10.0	2-10
					N° 200	0.075	60.3	7.0	97.1	2.9	-
				-200	-	25.0	2.9	100.0	-	-	

Fuente: elaboración propia

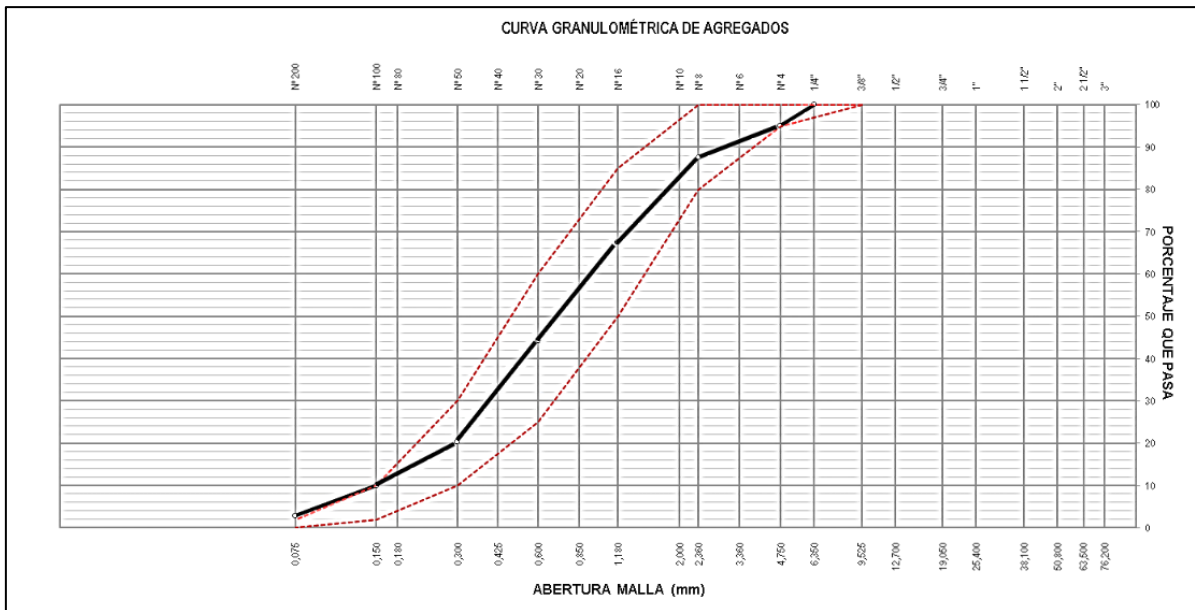


Figura 13. Curva granulométrica del agregado fino.

En la Tabla 7 podemos apreciar los pesos retenidos en cada malla, así como su porcentaje respecto al total de la muestra, del mismo modo en la Figura 13 se ve la curva granulométrica del agregado fino, por lo que podemos determinar que la muestra se encuentra bien graduada. Estos procedimientos fueron realizados de acuerdo a la NTP 400.012 y ASTM C 136.

4.3.2. Características físicas del agregado grueso

En la Tabla 8, se presentan las propiedades físicas del agregado grueso procedente de la cantera de la Molina; los datos se obtuvieron de los materiales extraídos de la cantera La Molina y ensayados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos Geo Control Perú S.A.C., los resultados de los agregados satisfacen los estándares solicitados en las normas NTP 400.037 y ASTM C29/C29M-2009.

Tabla 8. Características físicas del agregado grueso

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO	
Peso Específico (Tn/m ³)	2.92
Peso Unitario Suelto (Tn/m ³)	1.48
Peso Unitario Varillado (Tn/m ³)	1.661
Contenido de Humedad (%)	0.99
Absorción (%)	2.4
Módulo de Finura	63.83
Porcentaje Pasa Malla Nro 200	0
Perfil	ANGULAR

Fuente: elaboración propia

Con respecto al contenido de la humedad, se debe aclarar que, estará en función al clima, se observa en este caso un porcentaje de 0.99%.

Se observa que cumple con la especificación respecto al material más fino que pasa por la malla Nro 200 de un máximo de 1%, el cual cumple con lo requerido.

Se aprecia que la resistencia de la absorción es de un 0.52%, el cual cumple con la norma que indica un máximo de 50% de desgaste. Además, éste número nos indica que el agregado grueso es de buena calidad.

A continuación, en la Tabla 9 se aprecia el análisis granulométrico del agregado grueso con sus respectivos porcentajes retenido en cada maya, también en la Figura 14 se aprecia la curva granulométrica del agregado grueso procedente de la cantera La Molina.

Tabla 9. Análisis granulométrico de agregado grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS									
	MALLAS		PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)		
	SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)							
FRACCION GRUESA	GRAVA	GRUESA	2"	50.800	-	-	-	-	ASTM C 136
			1 1/2"	38.100	-	-	-	-	100
			1"	25.400	-	-	-	100.0	90-100
			3/4"	19.050	2873	6.5	6.5	55.0	40-85
		FINA	1/2"	12.700	1377	9.6	16.1	33.4	10-40
			3/8"	9.525	1394	6.6	22.8	11.6	0-15
			1/4"	6.350	739	8.9	31.7	-	-
			N° 4	4.750	-	-	-	-	0-5

Fuente: elaboración propia

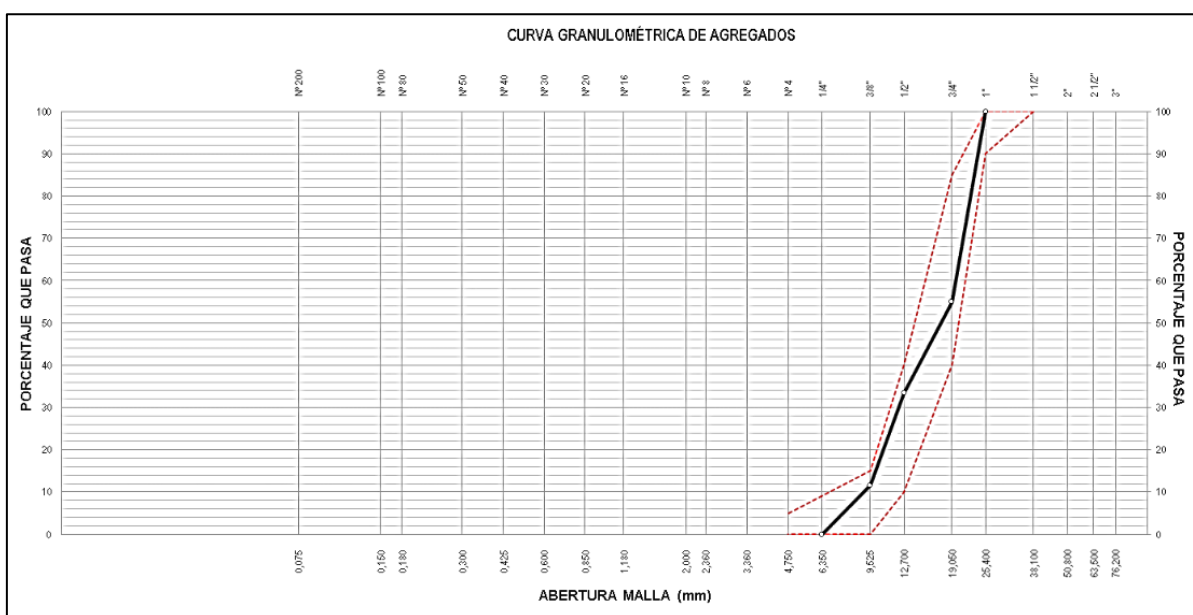


Figura 14. Curva granulométrica del agregado grueso.

En la Tabla 9 podemos apreciar los pesos retenidos en cada malla, así como su porcentaje respecto al total de la muestra, del mismo modo en la Figura 14 se ve la curva granulométrica del agregado grueso, por lo que podemos determinar que la muestra se encuentra bien gradada. Estos

procedimientos fueron realizados de acuerdo a la NTP 400.012 y ASTM C 136.

4.4. Diseño de mezclas por el método ACI

a) Diseño patrón (sin adición de población bacteriana)

- Cemento sol tipo I
- $F'c$ diseño = 210kg/cm²
- Peso específico cemento = 2.88 gr/cm³
- Slump = 4"
- Peso específico del agua (H₂O) = 1000kg/m³

1. Calculo del $F'cr$ (resistencia promedio requerida)

Para empezar a calcular la dosificación de la muestra patrón, en primer lugar, se tiene en cuenta la resistencia deseada, de acuerdo la Tabla 10.

Tabla 10. Factor de seguridad

FACTOR DE SEGURIDAD	
$F'c$	$F'cr$
Menos de 210	$F'c + 70$
210 - 350	$F'c + 84$
> 350	$F'c + 98$

Fuente: Tabla factor de seguridad comité 211 del A.C.I.

De acuerdo a la tabla $F'cr = F'c + 84$, debido a que nuestra resistencia promedio deseada es de $F'c = 210$ kg/cm²

$$F'cr = 210\text{kg/cm}^2 + 84$$

$$F'cr = 294\text{kg/cm}^2$$

2. Calculo del contenido del aire atrapado

Para la presente tesis el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de $\frac{3}{4}$ ", por consiguiente, el contenido de aire atrapado esta determinara de acuerdo a la Tabla 11.

Tabla 11. *Contenido de aire*

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	Aire Atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
4"	0.20%

Fuente: Tabla elaborada por el comité 211 del A.C.I

Debido al tamaño máximo nominal del agregado grueso de 4", se tiene aire atrapado = 2.00%

3. Calculo de contenido de agua

De acuerdo a la tabla se tiene que el contenido de agua = 205 Lt/m³ ya que el slump tendrá un valor de 4" y el tamaño máximo nominal es de $\frac{3}{4}$ ", en concordancia con la Tabla 12.

Tabla 12. Volumen unitario del agua

VOLUME UNITARIO DE AGUA								
	Agua en V m3. para los tamaños maximos de agregado grueso y consistencia indiado							
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160
concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154

Fuente: Elaborado por el comité 211 del A.C.I.

4. Relación agua cemento a/c

Para determinar la relación agua cemento se tuvo en cuenta los datos registrados a continuación en la Tabla 13.

Tabla 13. Relación agua cemento

RELACION AGUA / CEMENTO POR RESISTENCIA		
f'c (kg/cm ²)	Relación agua / cemento en peso	
	concretos sin aire incorporado	concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: Elaborada por el comité 211 del A.C.I.

Calculando, tenemos:

250 ----- 0.62

$$\begin{array}{l} 294\text{-----} X \\ 300\text{-----} 0.55 \end{array}$$

$$X = \frac{300 - 294}{0.55 - X} = \frac{300 - 250}{0.55 - 0.62}$$

$$\frac{6}{0.55 - X} = \frac{50}{-0.07}$$

$$0.55 - X = \frac{6(-0.07)}{50}$$

$$0.55 - X = \frac{-0.42}{50}$$

$$0.55 - X = -0.0084$$

$$-X = -0.0084 - 0.55$$

$$X = 0.558 = a/c$$

$$\frac{a}{c} = 0.56$$

De acuerdo a Génesis (2011): “La relación A/C [...], influye mucho en la consistencia de la mezcla, pues cuanto mayor cantidad de agua, mayor fluidez en la mezcla, mayor plasticidad y mayor trabajabilidad.” (p.85). Por lo tanto, la consistencia de la mezcla depende proporcionalmente a medida que la relación agua cemento sea mayor, tal como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Influencia de la relación agua/cemento en la resistencia del concreto.

A/C	F'C (Kg/cm ²)
0.36	420
0.40	370
0.45	340
0.50	295
0.55	275
0.60	230
0.65	220
0.70	185
0.75	165
0.80	140

Fuente: elaboración propia

5. Contenido del cemento

$$\frac{a}{c} = 0.558$$

$$\frac{205 \text{ Lt/m}^3}{c} = 0.56 \%$$

$$\frac{205}{0.558} = c$$

$$c = 367.384 \text{ kg}$$

$$\text{factor } c = \frac{367.384 \text{ kg}}{42.5 \text{ kg}} = 8.6 \text{ bolsas}$$

6. Peso del agregado grueso

En la Tabla 15 se aprecia los datos para el cálculo del peso del agregado grueso por unidad de volumen, teniendo en cuenta el módulo de finura del agregado fino.

Tabla 15. Peso del agregado grueso

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO				
	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino.(b / br)			
Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Tabla elaborada por el comité 211 del A.C.I.

Calculando, tenemos:

$$2.80 \text{-----} 0.62$$

$$2.76 \text{-----} X$$

$$2.60 \text{-----} 0.64$$

$$X = \frac{2.80 - 2.76}{0.62 - X} = \frac{2.80 - 2.60}{0.62 - 0.64}$$

$$\frac{0.04}{0.62 - X} = \frac{0.20}{-0.02}$$

$$0.62 - X = \frac{0.04(-0.02)}{0.20}$$

$$0.62 - X = \frac{-0.0008}{0.20}$$

$$0.62 - X = -0.004$$

$$-X = -0.004 - 0.62$$

$$X = 0.624$$

peso del agregado grueso = 0.624 m³ × peso unitario seco compactado

peso del agregado grueso = 0.624 m³ × 1661 kg/m³

peso del agregado grueso = 1036.46 kg

7. Volumen absoluto

cemento = 367.384 kg

$$\text{cemento} = \frac{367.384 \text{ kg}}{2.88 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 1000} = 0.127 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{205 \text{ kg}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{2.00}{100} = 0.020 \text{ m}^3$$

$$\text{vol. a. g.} = \frac{1036.464 \text{ kg}}{2920 \text{ kg/m}^3} = 0.355 \text{ m}^3$$

$$\Sigma = 0.707 \text{ m}^3$$

$$\text{vol. a. f.} = 1 \text{ m}^3 - 0.707 \text{ m}^3 = 0.293 \text{ m}^3$$

8. Calculo del peso de agregado

$$\text{vol. a. f.} = 0.293\text{m}^3 \times 2650 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 776.45 \text{ kg}$$

9. Diseño en estado seco

Cemento	=	367.38 kg
Agregado fino	=	776.45 kg
Agregado grueso	=	1036.46 kg
Agua	=	205 Lt.

10. Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Peso seco} = \left(\frac{W\%}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Agregado fino} = 776.45 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 776.45 \text{ kg} \times \left(\frac{2}{100} + 1 \right) = 791.979 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 1036.464 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 1036.464 \text{ kg} \times \left(\frac{0.99}{100} + 1 \right) = 1046.724 \text{ kg}$$

11. Aportes del agua a la mezcla

$$\left(\frac{W\% - \%abs \times \text{Agregado seco}}{100} \right)$$

$$\text{Agregado fino} = \left(\frac{(2 - 2.88) \times 791.979}{100} \right) = -6.969 \text{ Lt}$$

$$\text{Agregado grueso} = \left(\frac{(0.99 - 2.4) \times 1046.724}{100} \right) = -14.759 \text{ Lt}$$

$$\Sigma = -21.728 \text{ Lt}$$

12. Agua efectiva

$$Agua = 205Lt - (-21.728Lt) = 226.728 Lt$$

13. Proporciónamiento del diseño

El proporciónamiento del diseño patrón se detalla en la Tabla 16.

Tabla 16. Proporciónamiento de diseño para 1 m³ de mezcla

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
367.384 kg	791.979 kg	1046.724 kg	226.728 Lt

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la proporción de la mezcla patrón será:

$$Cemento = \left(\frac{367.384}{367.384}\right) = 1$$

$$Agregado fino = \left(\frac{791.979}{367.384}\right) = 2.156$$

$$Agregado grueso = \left(\frac{1046.724}{367.384}\right) = 2.849$$

$$Agua = \left(\frac{226.728}{8.644}\right) = 26.229 Lt$$

4.4.1. Proporción de población bacteriana para la muestra modificada

Teniendo como resultado los volúmenes en del diseño de mezclas de la muestra patrón, y teniendo en cuenta que la población bacteriana que va desde 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml sumergido en el nutriente de lactato de calcio, se incluirá directamente a la mezcla en reemplazo del % de agua dosificada en la muestra patrón, y mezclada directamente la mezcla como se detalla en la Tabla 2:

Tabla 2. Dosificación de diseño de mezclas patrón y modificado por m³.

Concentración bacteriana (células/ml)	Cemento Portland I (Kg/m ³)	Agua (Lt/m ³)	Población Bacteriana (50% agua) (Lt/m ³)	Agregado Grueso (kg/m ³)	Agregado Fino (kg/m ³)
0	367.384	226.786	0	1046.724	791.979
10 ⁷	367.384	113.393	113.393	1046.724	791.979
10 ⁸	367.384	113.393	113.393	1046.724	791.979
10 ⁹	367.384	113.393	113.393	1046.724	791.979

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que, el nutriente de lactato de calcio donde se alojan las bacterias de *Sporosarcina Pasteurii*, es una mezcla del agua con la sal altamente soluble de lactato de calcio, el cual cuenta con las siguientes características fisicoquímicas mostradas en la Tabla 17 y detallados en el Anexo 12.

Tabla 17. Características físico químicas del lactato de calcio.

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN
Apariencia		Polvo blanco homogéneo.
Pureza	%	98.3
Tamaño de partícula (30mesh)	---	≥ 90%
Ca Contenido	%wt	13.4
Solubilidad en agua	g/100ml	≥ 9.0
Pérdida por secado	%	22 - 27
pH		6 - 8

Fuente: Ficha técnica lactato de calcio Mixo Lab

Por consiguiente, tenemos las distintas dosificaciones que para los diseños de mezcla tales como: diseño patrón, diseño con modificación bacteria de 10⁷ células/ml, diseño con modificación bacteria de 10⁸ células/ml y diseño con modificación bacteria de 10⁹ células/ml, con porcentajes detallados en las siguientes graficas:

En las Figuras 15 se tienen las proporciones porcentuales de los agregados para un volumen de mezcla de 1m³ para la mezcla patrón,

donde el agregado fino representa el 33% (791.979 kg) respecto al total, el agregado grueso representa el 43% (1046.724 kg) respecto al total, el cemento Portland I representa el 15% (367.384 kg) respecto al total, y el agua representa el 9% (226.786 litros) respecto al total.

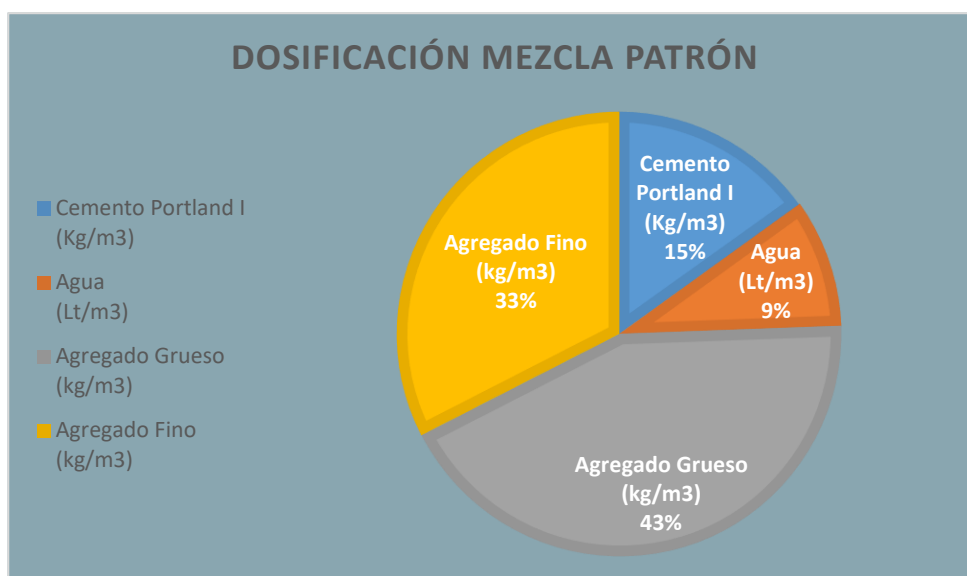


Figura 15. Dosificación mezcla patrón

En las Figuras 16 se tienen las proporciones porcentuales de los agregados para un volumen de mezcla de 1m³ para la mezcla modificada con población bacteriana de 10⁷ células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*, donde el agregado fino representa el 33% (791.979 kg) respecto al total, el agregado grueso representa el 43% (1046.724 kg) respecto al total, el cemento Portland I representa el 15% (367.384 kg) respecto al total, el agua representa el 4.5% (113.393 litros) y el nutriente de lactato de calcio con contenido de población bacteriana de 10⁷ células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* que representa 4.5 % (113.393 litros) respecto al total.

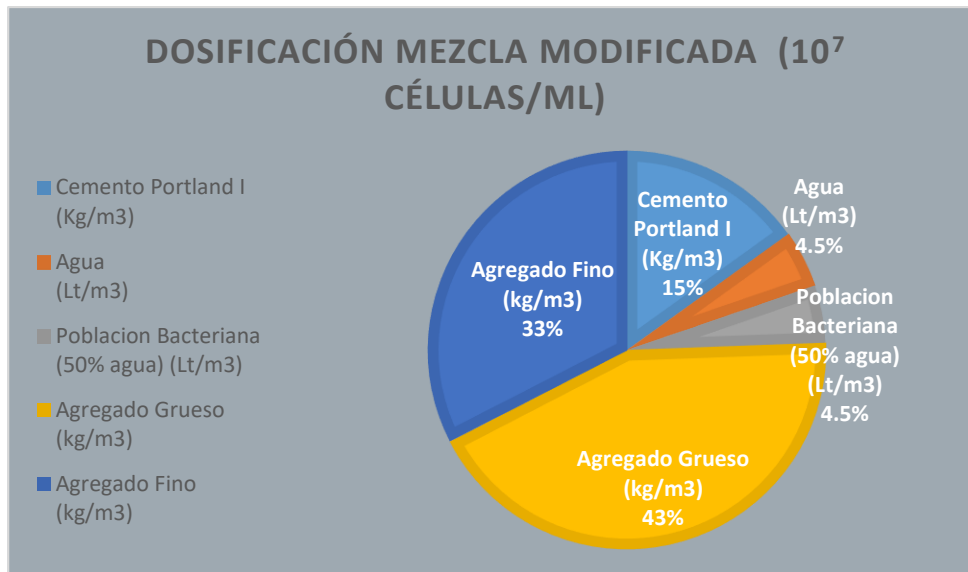


Figura 16. Dosificación mezcla con modificación bacteriana de 10^7 células/ml.

En las Figuras 17 se tienen las proporciones porcentuales de los agregados para un volumen de mezcla de 1m^3 para la mezcla modificada con población bacteriana de 10^8 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*, donde el agregado fino representa el 33% (791.979 kg) respecto al total, el agregado grueso representa el 43% (1046.724 kg) respecto al total, el cemento Portland I representa el 15% (367.384 kg) respecto al total, el agua representa el 4.5% (113.393 litros) y el nutriente de lactato de calcio con contenido de población bacteriana de 10^8 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* que representa 4.5 % (113.393 litros) respecto al total.

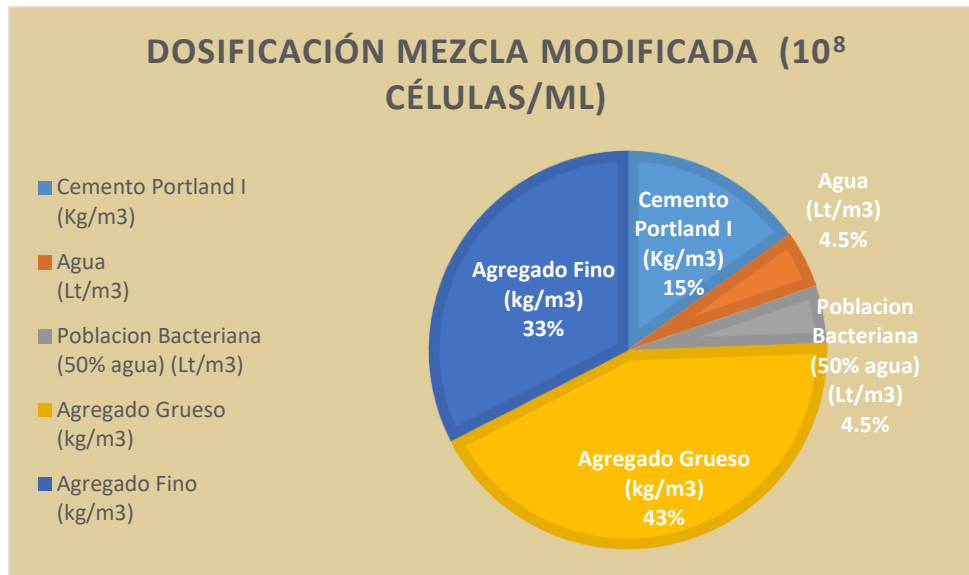


Figura 17. Dosificación mezcla con modificación bacteriana de 10^8 células/ml.

En las Figuras 18 se tienen las proporciones porcentuales de los agregados para un volumen de mezcla de 1m^3 para la mezcla modificada con población bacteriana de 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*, donde el agregado fino representa el 33% (791.979 kg) respecto al total, el agregado grueso representa el 43% (1046.724 kg) respecto al total, el cemento Portland I representa el 15% (367.384 kg) respecto al total, el agua representa el 4.5% (113.393 litros) y el nutriente de lactato de calcio con contenido de población bacteriana de 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* que representa 4.5 % (113.393 litros) respecto al total.

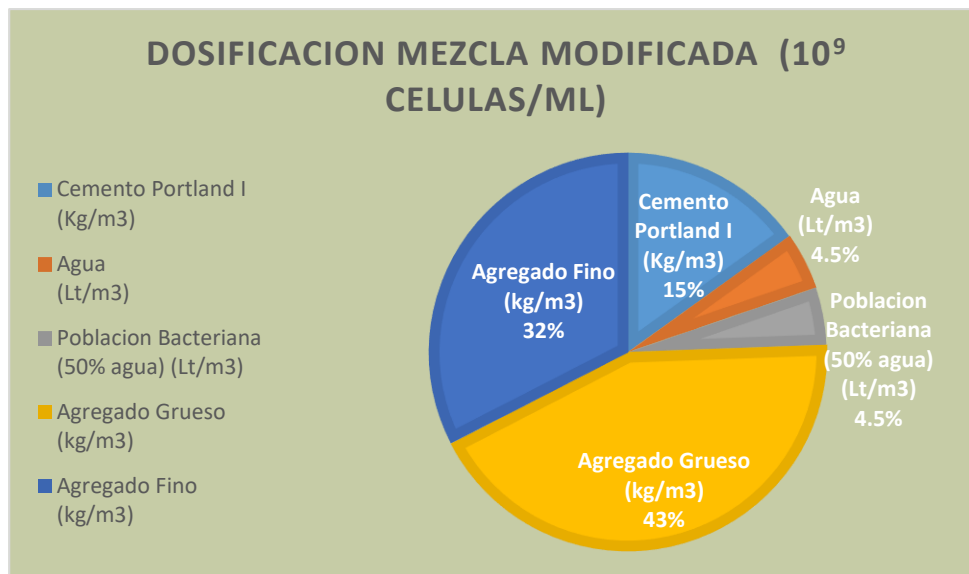


Figura 18. Dosificación mezcla con modificación bacteriana de 10⁹ células/ml.

Entonces, podemos deducir que la dosificación por probeta cilíndrica de 4" x 8" representando 0.00165 m³ será como muestra la Tabla 18:

Tabla 18. Dosificación de diseño de mezclas patrón y modificado por probeta.

Concentración bacteriana (células/ml)	Cemento Portland I (Kg/probeta)	Agua (Lt/probeta)	Población Bacteriana (50% agua) (Lt/probeta)	Agregado Grueso (kg/probeta)	Agregado Fino (kg/probeta)
0	0.6052	0.3736	0	1.7244	1.3047
10 ⁷	0.6052	0.187	0.187	1.7244	1.3047
10 ⁸	0.6052	0.187	0.187	1.7244	1.3047
10 ⁹	0.6052	0.187	0.187	1.7244	1.3047

Fuente: Elaboración propia

Para cada probeta de 0.00165 m³ con:

- Población bacteriana de 10⁷ células/ml = 0.187 litros de lactato de calcio (haciendo un total de 1,868,044,623 células de *Sporosarcina Pasteurii*).

- Población bacteriana de 10^8 células/ml = 0.187 litros de lactato de calcio (haciendo un total de 18,680,446,232 células de *Sporosarcina Pasteurii*).
- Población bacteriana de 10^9 células/ml = 0.187 litros de lactato de calcio (haciendo un total de 186,804,462,324 células de *Sporosarcina Pasteurii*).

Por lo tanto, los volúmenes para un total de 96 probetas de concreto de 4" x 8" equivalentes a 0.158 m³, será de acuerdo a la Tabla 19:

Tabla 19. *Dosificación de diseño de mezclas patrón y modificado por total de probetas.*

Concentración bacteriana (células/ml)	Cemento Portland I (Kg)	Agua (Lt)	Población Bacteriana (50% agua) (Lt)	Agregado Grueso (kg)	Agregado Fino (kg)
0	58.1022	35.8665	0	165.5406	125.2524
10^7	58.1022	17.9332	17.933	165.5406	125.2524
10^8	58.1022	17.9332	17.933	165.5406	125.2524
10^9	58.1022	17.9332	17.933	165.5406	125.2524

Fuente: Elaboración propia

Para un volumen de mezcla de 0.158 m³ con:

- Población bacteriana de 10^7 células/ml = 17.933 litros de lactato de calcio (haciendo un total de 179,332,283,831 células de *Sporosarcina Pasteurii*).
- Población bacteriana de 10^8 células/ml = 17.933 litros de lactato de calcio (haciendo un total de 1,793,322,838,307 células de *Sporosarcina Pasteurii*).
- Población bacteriana de 10^9 células/ml = 17.933 litros de lactato de calcio (haciendo un total de 17,933,228,383,070 células de *Sporosarcina Pasteurii*).

4.5. Resultado de ensayos de asentamiento de concreto (ASTM C-143)

4.5.1. Consistencia (ASTM C-143, NTP 339.035)

La consistencia se define como la capacidad que posee una mezcla que permite la manipulación, trabajabilidad y traslado al punto de empleo el cual se determina en función al tiempo. Se mide por medio del ensayo de asentamiento o Slump, utilizando el cono de Abrams. Consiste en llenar el molde un troncónico en tres capas, compactando con una varilla lisa metálica normalizada, aplicando 25 golpes entre capa y capa uniformemente distribuidas.

Los resultados del ensayo de consistencia se aprecian la Figura 14.

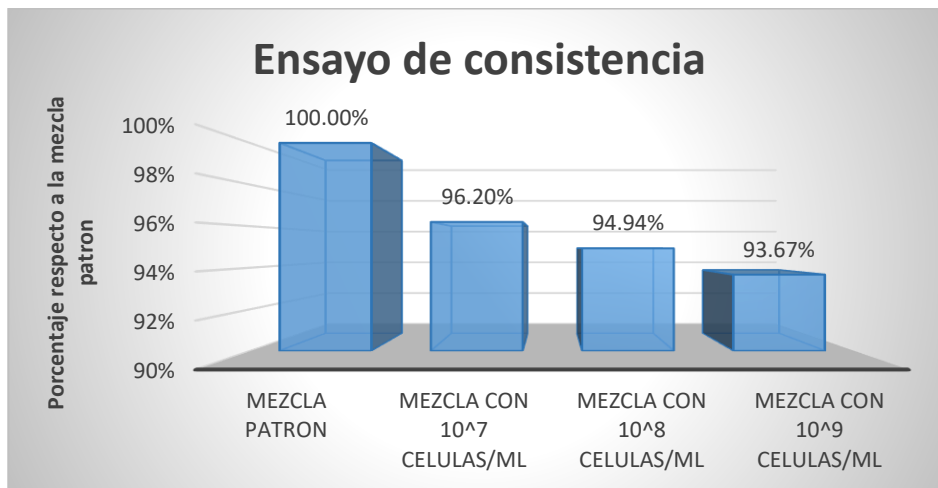


Figura 19. Resultados de ensayo de consistencia slump.

Tabla 20. Resultados del ensayo de consistencia

ENSAYO DE CONSISTENCIA			
Mezcla	SLUMP (Plug.)	%	Dif. %
Mezcla patrón	3.95	100.00%	0
Mezcla con 10 ⁷ células/ml	3.80	96.20%	-3.80%
Mezcla con 10 ⁸ células/ml	3.75	94.94%	-5.06%
Mezcla con 10 ⁹ células/ml	3.70	93.67%	-6.33%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Tabla 20, en los ensayos de asentamiento obtenidos que consta de seis ensayos por diseño y modificación por población bacteriana, se obtuvo una diferencia de 3.8% modificado con una población bacteriana de 10^7 con respecto al patrón.

En contraste con los ensayos de asentamiento obtenidos que consta de seis ensayos por diseño y modificación por población bacteriana, se obtuvo una diferencia de 5.06% modificado con una población bacteriana de 10^8 con respecto al patrón.

En contraste con los ensayos de asentamiento obtenidos que consta de seis ensayos por diseño y modificación por población bacteriana, se obtuvo una diferencia de 6.33% modificado con una población bacteriana de 10^9 con respecto al patrón.

4.6. Calculo de los resultados de la resistencia a compresión

Conversión de KN a Kg sabiendo que:

$$1 \text{ KN} = 101.972 \text{ kg}$$

Entonces:

$$1 \text{ KN} \text{ -----} 101.972$$

$$137.46 \text{ KN} \text{ -----} X$$

$$X = \frac{137.46 \text{ KN} \times 101.972 \text{ Kg}}{1 \text{ KN}}$$

$$X = \frac{14017.071 \text{ KN} \times \text{Kg}}{1 \text{ KN}}$$

$$X = 14017.071 \text{ Kg}$$

Calculando el área del espécimen

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi \times 5.055^2$$

$$A = 80.277 \text{ cm}^2$$

Sabiendo que:

14017.071 kg será aplicado a 80.277 cm^2

$$14014.071 \text{ kg} / 80.277 \text{ cm}^2$$

$$X = 1 \text{ cm}^2$$

$$X = \frac{14014.071 \text{ KG} \times 1 \text{ cm}^2}{80.277 \text{ cm}^2}$$

$$X = \frac{14014.071 \text{ KG} \times \text{cm}^2}{80.277 \text{ cm}^2}$$

$$X = 174.571 \text{ kg/cm}^2$$

Si para 7 días:

$$F'c = 174.571 \text{ kg/cm}^2$$

$$174.571 \text{ kg/cm}^2 \text{ ----- } 83.12 \%$$

$$X \text{ ----- } 100.00\%$$

$$X = \frac{174.571 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 100\%}{83.12\%}$$

Entonces a los 28 días tendremos:

$$X = 210.0228 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

4.6.1. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días de fraguado

En la Tabla 21 se muestra los datos obtenidos en el laboratorio durante las pruebas de ensayo a la compresión realizadas a las probetas cilíndricas de la mezcla patrón y las mezclas con modificación de población bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* a una edad de 7 días.

Tabla 21. Resultado de ensayos de compresión a los 7 días.

1. IDENTIFICACION DE CARACTERISTICAS DE PROBETA												2. RESISTENCIA A LA COMPRESION					
N	MUESTREO PROBETA			f'c kg/cm ²	PESO (g)	SLUMP (Pulg)	Øprom mm	Hprom cm	AREA cm ²	VOL. m ³	DENS. Kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROMEDIO	
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	LECT (kg)	f'ce	f'cr	%
1			IDENT.:														
	P001-C	17/09/2020	DOSIFICACION CONVENCIONAL	210	3.872	3.95	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	24/09/2020	7	13,851 Kg	172.5321	172.8567	82.31
	P002-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			14,011 Kg	174.8735		
	P003-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			13,741 Kg	171.1645		
2			IDENT.:														
	P013-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁷ CEL/ML	210	3.872	3.80	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	01/10/2020	7	14,156 Kg	176.3335	175.93443	83.78
	P014-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			14,086 Kg	175.8139		
	P015-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			14,102 Kg	175.6558		
3			IDENT.:														
	P025-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁸ CEL/ML	210	3.872	3.75	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	01/10/2020	7	14,567 Kg	181.4490	179.32279	85.39
	P026-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			14,227 Kg	177.5748		
	P027-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			14,366 Kg	178.9445		
4			IDENT.:														
	P037-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁹ CEL/ML	210	3.872	3.70	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	01/10/2020	7	14,764 Kg	183.9002	183.64618	87.45
	P038-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			14,632 Kg	182.6317		
	P039-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			14,804 Kg	184.4066		

Fuente: Elaboración propia.

4.6.2. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 14 días de fraguado

En la Tabla 22 se muestra los datos obtenidos en el laboratorio durante las pruebas de ensayo a la compresión realizadas a las probetas cilíndricas de la mezcla patrón y las mezclas con modificación de población bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* a una edad de 14 días.

Tabla 22. Resultado de ensayos de compresión a los 14 días.

1. IDENTIFICACION DE CARACTERISTICAS DE PROBETA												2. RESISTENCIA A LA COMPRESION					
N	MUESTREO PROBETA			f'c kg/cm ²	PESO (g)	SLUMP (Pulg)	Øprom mm	Hprom cm	AREA cm ²	VOL. m ³	DENS. Kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROMEDIO	
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	LECT (kg)	f'ce	f'cr	%
5			IDENT.:														
	P004-C	17/09/2020	DOSIFICACION CONVENCIONAL	210	3.872	4.00	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	01/10/2020	14	15,255 Kg	190.03	190.08077	90.51
	P005-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			15,395 Kg	192.14		
	P006-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			15,098 Kg	188.07		
6			IDENT.:														
	P016-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁷ CEL/ML	210	3.872	3.85	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	08/10/2020	14	15,572 Kg	193.97	193.52787	92.16
	P017-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			15,495 Kg	193.40		
	P018-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			15,512 Kg	193.22		
7			IDENT.:														
	P028-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁸ CEL/ML	210	3.872	3.80	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	08/10/2020	14	16,292 Kg	202.94	200.55838	95.50
	P029-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			15,912 Kg	198.60		
	P030-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			16,067 Kg	200.14		
8			IDENT.:														
	P040-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁹ CEL/ML	210	3.872	3.80	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	08/10/2020	14	17,019 Kg	212.00	211.70323	100.81
	P041-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			16,868 Kg	210.53		
	P042-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			17,066 Kg	212.58		

Fuente: Elaboración propia.

4.6.3. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 21 días de fraguado

En la Tabla 23 se muestra los datos obtenidos en el laboratorio durante las pruebas de ensayo a la compresión realizadas a las probetas cilíndricas de la mezcla patrón y las mezclas con modificación de población bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* a una edad de 21 días.

Tabla 23. Resultado de ensayos de compresión a los 21 días.

1. IDENTIFICACION DE CARACTERISTICAS DE PROBETA												2. RESISTENCIA A LA COMPRESION					
N	MUESTREO PROBETA			f'c kg/cm ²	PESO (g)	SLUMP (Pulg)	Øprom mm	Hprom cm	AREA cm ²	VOL. m ³	DENS. Kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROMEDIO	
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	LECT (kg)	f'ce	f'cr	%
9			IDENT.:														
	P007-C	17/09/2020	DOSIFICACION CONVENCIONAL	210	3.872	4.00	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	08/10/2020	21	16,284 Kg	202.84	202.89521	96.62
	P008-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			16,432 Kg	205.10		
	P009-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			16,116 Kg	200.75		
10			IDENT.:														
	P019-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁷ CEL/ML	210	3.872	3.90	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	15/10/2020	21	16,810 Kg	209.40	208.92213	99.49
	P020-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			16,727 Kg	208.78		
	P021-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			16,746 Kg	208.59		
11			IDENT.:														
	P031-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁸ CEL/ML	210	3.872	3.85	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	15/10/2020	21	17,825 Kg	222.04	219.43446	104.49
	P032-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			17,410 Kg	217.30		
	P033-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			17,579 Kg	218.97		
12			IDENT.:														
	P043-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁹ CEL/ML	210	3.872	3.80	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	15/10/2020	21	18,864 Kg	234.98	234.659	111.74
	P044-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			18,697 Kg	233.36		
	P045-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			18,916 Kg	235.63		

Fuente: Elaboración propia.

4.6.4. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días de fraguado

En la Tabla 24 se muestra los datos obtenidos en el laboratorio durante las pruebas de ensayo a la compresión realizadas a las probetas cilíndricas de la mezcla patrón y las mezclas con modificación de población bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* a una edad de 28 días.

Tabla 24. Resultado de ensayos de compresión a los 28 días.

1. IDENTIFICACION DE CARACTERISTICAS DE PROBETA												2. RESISTENCIA A LA COMPRESION					
N	MUESTREO PROBETA			f'c kg/cm ²	PESO (g)	SLUMP (Pulg)	Øprom mm	Hprom cm	AREA cm ²	VOL. m ³	DENS. Kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROMEDIO	
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	LECT (kg)	f'ce	f'cr	%
13			IDENT.:														
	P010-C	17/09/2020	DOSIFICACION CONVENCIONAL	210	3.872	4.00	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	15/10/2020	28	17,141 Kg	213.51	213.5739	101.70
	P011-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			17,297 Kg	215.89		
	P012-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			16,964 Kg	211.31		
14			IDENT.:														
	P022-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁷ CEL/ML	210	3.872	3.80	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	22/10/2020	28	17,695 Kg	220.42	219.91803	104.72
	P023-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			17,608 Kg	219.77		
	P024-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			17,627 Kg	219.57		
15			IDENT.:														
	P034-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁸ CEL/ML	210	3.872	3.80	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	22/10/2020	28	19,167 Kg	238.75	235.95103	112.36
	P035-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			18,720 Kg	233.65		
	P036-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			18,902 Kg	235.45		
16			IDENT.:														
	P046-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁹ CEL/ML	210	3.872	3.75	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	22/10/2020	28	20,505 Kg	255.42	255.06413	121.46
	P047-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			20,323 Kg	253.66		
	P048-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			20,561 Kg	256.12		

Fuente: Elaboración propia.

4.6.5. Resultado de los ensayos de resistencia a la compresión

En la Tabla 25 podemos apreciar el resumen de resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión, a las que fueron sometidas las probetas cilíndricas de concreto de la muestra patrón y muestras con modificación de población bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*.

Tabla 25. Resultados de la resistencia a la compresión

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
TIPOS DE MEZCLA	7 DÍAS		14 DÍAS		21 DÍAS		28 DÍAS		Diferencias en (kg/cm ²)	Diferencias en (%)	
	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm ²)	Porcentaje Obtenido (%)	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm ²)	Porcentaje Obtenido (%)	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm ²)	Porcentaje Obtenido (%)	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm ²)	Porcentaje Obtenido (%)			
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	172.86	82.31	190.08	90.51	202.90	96.62	213.57	101.70	0	0	
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^7 células/ml	175.93	83.78	193.53	92.16	208.92	99.49	219.92	104.72	6.34	3.02	
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^8 células/ml	179.32	85.39	200.56	95.50	219.43	104.49	235.95	112.36	22.38	10.66	
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^9 células/ml	183.65	87.45	211.70	100.81	234.66	111.74	255.06	121.46	41.49	19.76	
									Promedio	17.55	8.36

Fuente: elaboración propia

Los ensayos a compresión de concreto en el laboratorio han sido realizados con los testigos circulares de 4" x 8", obtenidos del diseño de mezcla de concreto según los porcentajes calculados en el diseño de mezclas y luego ensayados acorde con la norma técnica A.S.T.M. C-39 39M-2005e2, a las edades indicadas

En la Figura 20 se muestra la resistencia promedio de los ensayos a compresión del concreto fraguado con una edad de 7 días y comparado porcentualmente en relación a la resistencia a la compresión de la mezcla patrón desarrollado a su respectiva edad.

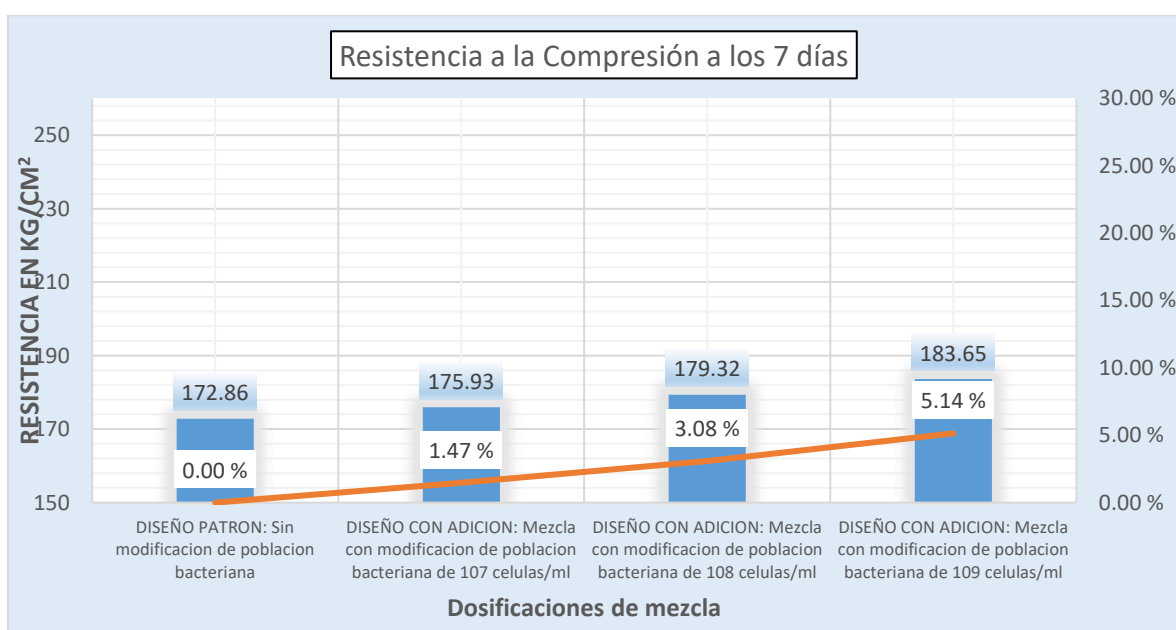


Figura 20. Resistencia a la Compresión a los 7 días.

En la Figura 21 se muestra la resistencia promedio de los ensayos a compresión del concreto fraguado con una edad de 14 días y comparado porcentualmente en relación a la resistencia a la compresión de la mezcla patrón desarrollado a su respectiva edad.

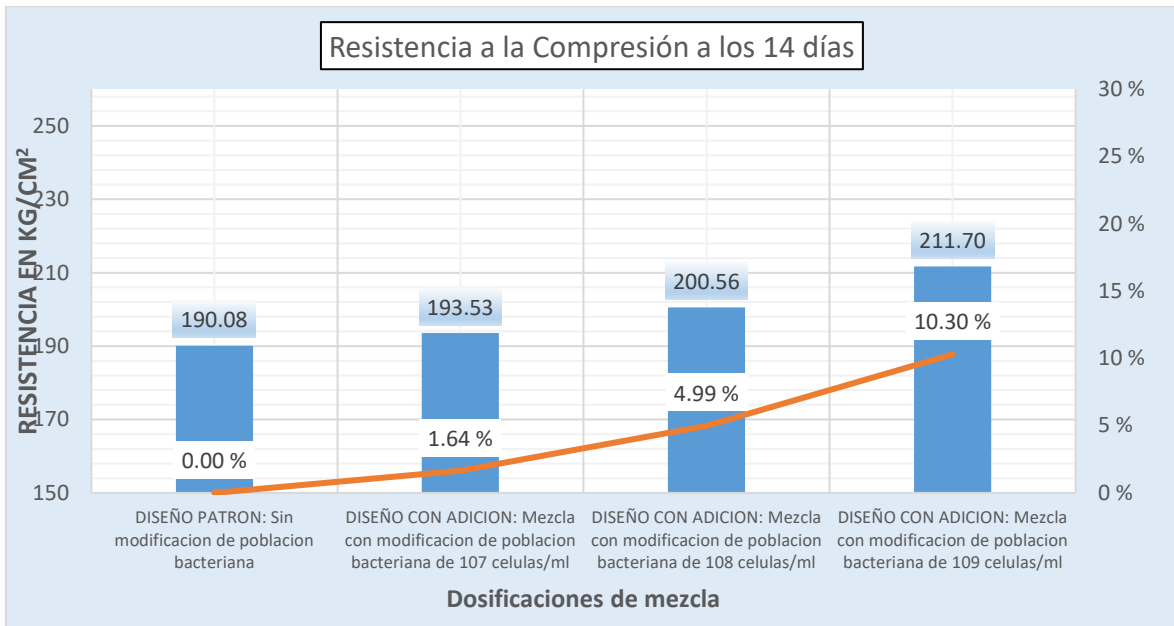


Figura 21. Resistencia a la Compresión a los 14 días.

En la Figura 22 se muestra la resistencia promedio de los ensayos a compresión del concreto fraguado con una edad de 21 días y comparado porcentualmente en relación a la resistencia a la compresión de la mezcla patrón desarrollado a su respectiva edad.

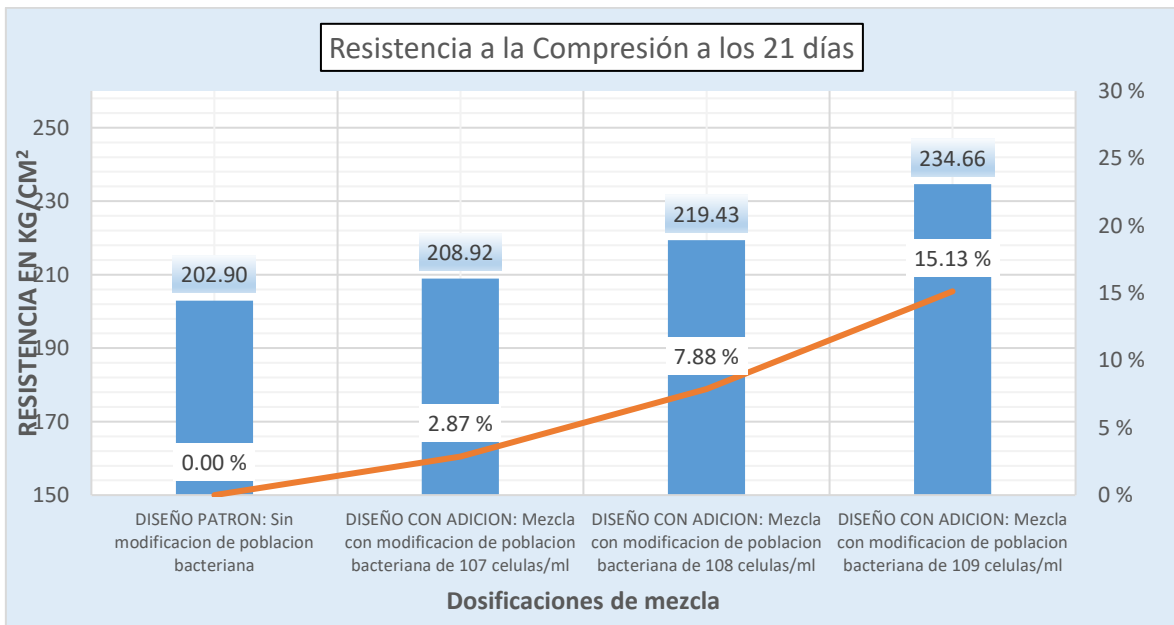


Figura 22. Resistencia a la Compresión a los 21 días.

En la Figura 23 se muestra la resistencia promedio de los ensayos a compresión del concreto fraguado con una edad de 28 días y comparado porcentualmente en relación a la resistencia a la compresión de la mezcla patrón desarrollado a su respectiva edad.

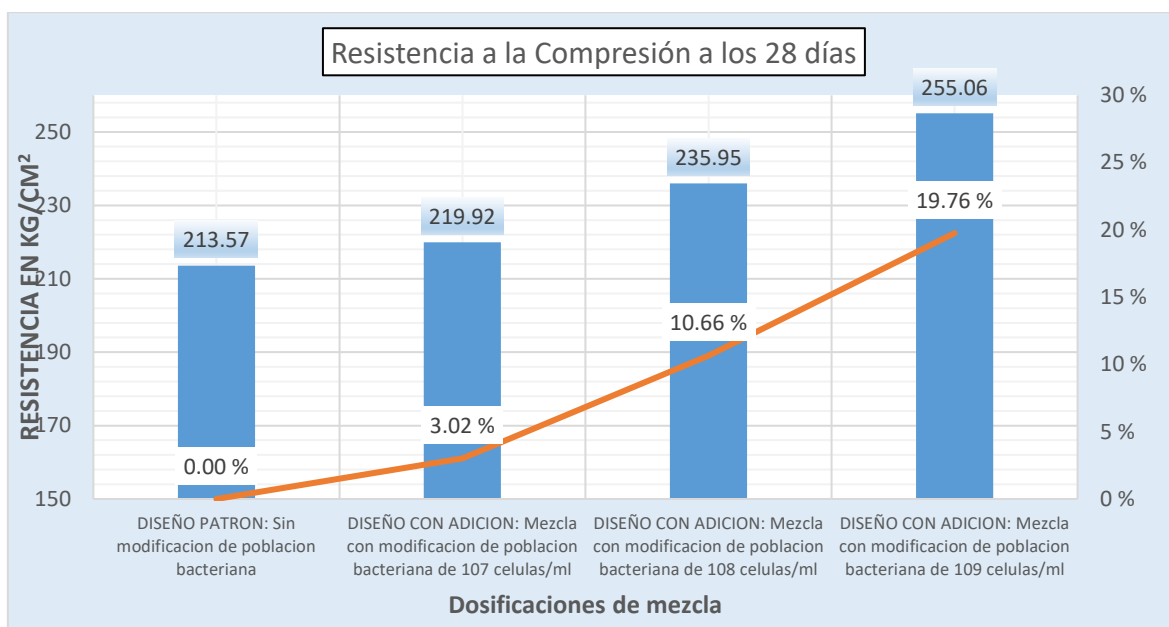


Figura 23. Resistencia a la Compresión a los 28 días.

Del mismo modo, se realizó el comparativo de la resistencia a compresión obtenida durante las edades de 7, 14, 21 y 28 días de los concretos de la mezcla patrón y las mezclas con modificación de población bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*. logrando apreciar que el concreto con modificación bacteriana de 10^9 obtuvo mejores resultados en comparación con la mezcla patrón y demás mezclas con modificación bacteriana, ver Figura 22.

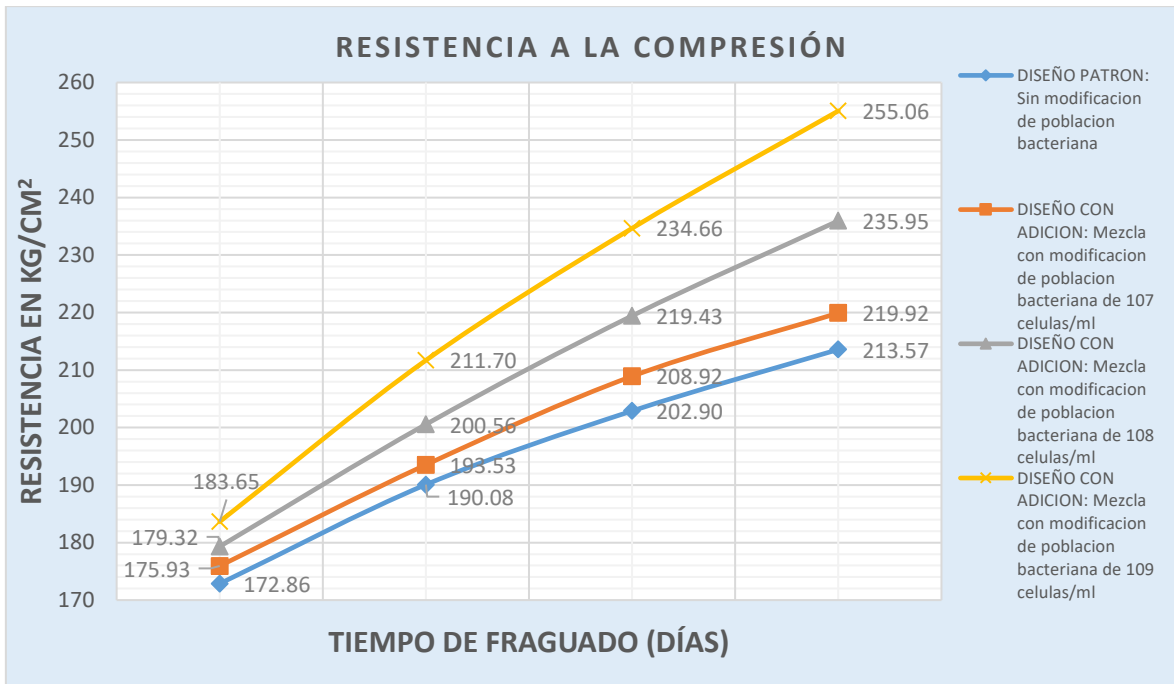


Figura 22. Comparación de resultados Resistencia a la Compresión 01.

En la Figura 23 se aprecia que el concreto de diseño con modificación bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml tiene mayor resistencia a compresión a las edades de 7, 14, 21 y 28 días con respecto a la muestra patrón que desarrollo una alta resistencia inicial.

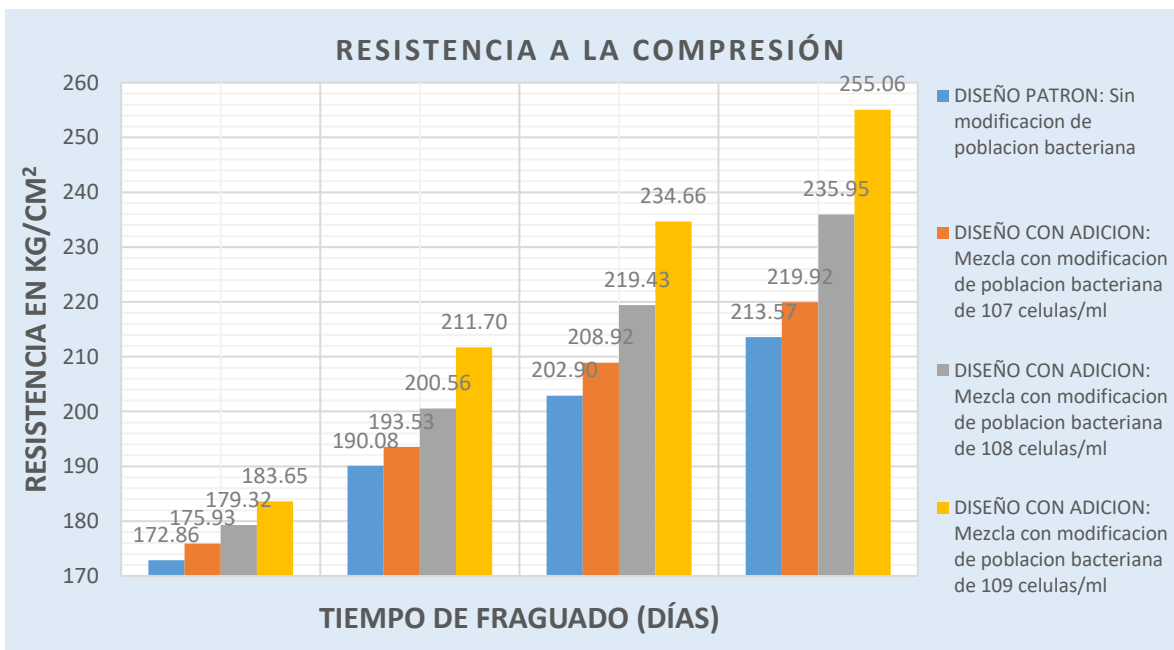


Figura 23. Comparación de resultados Resistencia a la Compresión 02.

Por lo tanto, se puede deducir que el concreto con modificación bacteriana de 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* obtuvo mayor resistencia a la compresión en comparación de la mezcla patrón y las mezclas con modificación de población bacteriana de 10^7 y 10^8 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*.

4.7. Calculo de los resultados de resistencia a la tracción

Conversión de KN a Kg sabiendo que:

$$1 \text{ KN} = 101.972 \text{ kg}$$

Entonces:

$$1 \text{ KN} \text{ -----} 101.972$$

$$70.91 \text{ KN} \text{ -----} X$$

$$X = \frac{70.91 \text{ KN} \times 101.972 \text{ Kg}}{1 \text{ KN}}$$

$$X = \frac{7,231 \text{ KN} \times \text{Kg}}{1 \text{ KN}}$$

$$X = 7,231 \text{ Kg}$$

Conociendo las dimensiones de la probeta cilíndrica

$$\text{Diametro: } D = 10.11 \text{ cm}$$

$$\text{Longitud del cilindro: } L = 20.32 \text{ cm}$$

Sabiendo que:

$$RT = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde:

RT= Resistencia a la tracción indirecta (kg/cm²)

P= Carga máxima aplicada (kg)

L= Longitud del cilindro (cm)

D= Diámetro del cilindro (cm)

Calculando tenemos:

$$RT = \frac{2 \times 14462 \text{ KG}}{\pi \times cm \times cm}$$

$$RT = 22.41 \frac{kg}{cm^2}$$

Si para 7 días:

$$F'c = 22.41 \text{ kg/cm}^2$$

$$22.41 \text{ kg/cm}^2 \text{ ----- } 78.49 \%$$

$$X \text{ ----- } 100.00\%$$

$$X = \frac{22.41 \frac{kg}{cm^2} \times 100\%}{78.49\%}$$

Entonces a los 28 días tendremos:

$$X = 28.551 \frac{kg}{cm^2}$$

4.7.1. Resultados de los ensayos de resistencia a la tracción a los 7 días de fraguado

En la Tabla 26 se muestra los datos obtenidos en el laboratorio durante las pruebas de ensayo a la tracción realizadas a las probetas cilíndricas de la mezcla patrón y las mezclas con modificación de población bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* a una edad de 7 días.

Tabla 26. Resultado de ensayos de tracción a los 7 días.

1. IDENTIFICACION DE CARACTERISTICAS DE PROBETA												2. RESISTENCIA A LA TRACCION						
N	MUESTREO PROBETA			f'c kg/cm ²	PESO (g)	SLUMP (Pulg)	Øprom mm	Hprom cm	AREA cm ²	VOL. m ³	DENS. Kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROMEDIO		
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	LECT (kg)	f'ce	f'cr	%	
1			IDENT.:															
	P001-C	17/09/2020	DOSIFICACION CONVENCIONAL	28.55	3.872	3.95	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	24/09/2020	7	7,231 Kg	22.41	23.33529	81.73	
	P002-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163				2.479	7,611 Kg			23.58
	P003-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163				2.379	7,749 Kg			24.01
2			IDENT.:															
	P013-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁷ CEL/ML	28.55	3.872	3.85	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	01/10/2020	7	7,627 Kg	23.64	24.00664	84.09	
	P014-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163				2.479	7,881 Kg			24.42
	P015-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163				2.379	7,733 Kg			23.96
3			IDENT.:															
	P025-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁸ CEL/ML	28.55	3.872	3.90	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	01/10/2020	7	7,837 Kg	24.28	24.137423	84.54	
	P026-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163				2.479	7,630 Kg			23.64
	P027-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163				2.379	7,901 Kg			24.48
4			IDENT.:															
	P037-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁹ CEL/ML	28.55	3.872	3.85	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	01/10/2020	7	7,936 Kg	24.59	24.556279	86.01	
	P038-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163				2.479	7,771 Kg			24.08
	P039-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163				2.379	8,066 Kg			25.00

Fuente: Elaboración propia

4.7.2. Resultados de los ensayos de resistencia a la tracción a los 14 días de fraguado

En la Tabla 27 se muestra los datos obtenidos en el laboratorio durante las pruebas de ensayo a la tracción realizadas a las probetas cilíndricas de la mezcla patrón y las mezclas con modificación de población bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* a una edad de 14 días.

Tabla 27. Resultado de ensayos de tracción a los 14 días.

1. IDENTIFICACION DE CARACTERISTICAS DE PROBETA												2. RESISTENCIA A LA TRACCION					
N	MUESTREO PROBETA			f'c kg/cm ²	PESO (g)	SLUMP (Pulg)	Øprom mm	Hprom cm	AREA cm ²	VOL. m ³	DENS. Kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROMEDIO	
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	LECT (kg)	f'ce	f'cr	%
5			IDENT.:														
	P004-C	17/09/2020	DOSIFICACION CONVENCIONAL	28.55	3.872	4.00	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	01/10/2020	14	7,945 Kg	24.62	25.64001	89.81
	P005-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			8,362 Kg	25.91		
	P006-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			8,515 Kg	26.39		
6			IDENT.:														
	P016-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁷ CEL/ML	28.55	3.872	3.95	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	08/10/2020	14	8,390 Kg	26.00	26.407304	92.49
	P017-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			8,669 Kg	26.86		
	P018-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			8,506 Kg	26.36		
7			IDENT.:														
	P028-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁸ CEL/ML	28.55	3.872	3.80	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	08/10/2020	14	8,765 Kg	27.16	26.995802	94.56
	P029-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			8,534 Kg	26.44		
	P030-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			8,836 Kg	27.38		
8			IDENT.:														
	P040-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁹ CEL/ML	28.55	3.872	3.80	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	08/10/2020	14	8,901 Kg	27.58	27.670872	96.92
	P041-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			8,716 Kg	27.01		
	P042-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			9,171 Kg	28.42		

Fuente: Elaboración propia

4.7.3. Resultados de los ensayos de resistencia a la tracción a los 21 días de fraguado

En la Tabla 28 se muestra los datos obtenidos en el laboratorio durante las pruebas de ensayo a la tracción realizadas a las probetas cilíndricas de la mezcla patrón y las mezclas con modificación de población bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* a una edad de 21 días.

Tabla 28. Resultado de ensayos de tracción a los 21 días.

1. IDENTIFICACION DE CARACTERISTICAS DE PROBETA												2. RESISTENCIA A LA TRACCION					
N	MUESTREO PROBETA			f'c kg/cm ²	PESO (g)	SLUMP (Pulg)	Øprom mm	Hprom cm	AREA cm ²	VOL. m ³	DENS. Kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROMEDIO	
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	LECT (kg)	f'ce	f'cr	%
9			IDENT.:														
	P007-C	17/09/2020	DOSIFICACION CONVENCIONAL	28.55	3.872	3.90	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	08/10/2020	21	8,481 Kg	26.28	27.36855	95.86
	P008-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			8,926 Kg	27.66		
	P009-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			9,089 Kg	28.17		
10			IDENT.:														
	P019-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁷ CEL/ML	28.55	3.872	3.85	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	15/10/2020	21	9,057 Kg	28.07	28.507885	99.85
	P020-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			9,359 Kg	29.00		
	P021-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			9,183 Kg	28.46		
11			IDENT.:														
	P031-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁸ CEL/ML	28.55	3.872	3.85	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	15/10/2020	21	9,590 Kg	29.72	29.536583	103.46
	P032-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			9,337 Kg	28.93		
	P033-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			9,668 Kg	29.96		
12			IDENT.:														
	P043-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁹ CEL/ML	28.55	3.872	3.75	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	15/10/2020	21	9,866 Kg	30.57	30.671328	107.43
	P044-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			9,661 Kg	29.94		
	P045-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			10,166 Kg	31.50		

Fuente: Elaboración propia

4.7.4. Resultados de los ensayos de resistencia a la tracción a los 28 días de fraguado

En la Tabla 29 se muestra los datos obtenidos en el laboratorio durante las pruebas de ensayo a la tracción realizadas a las probetas cilíndricas de la mezcla patrón y las mezclas con modificación de población bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* a una edad de 28 días.

Tabla 29. Resultado de ensayos de tracción a los 28 días.

1. IDENTIFICACION DE CARACTERISTICAS DE PROBETA												2. RESISTENCIA A LA TRACCION					
N	MUESTREO PROBETA			f'c kg/cm ²	PESO (g)	SLUMP (Pulg)	Øprom mm	Hprom cm	AREA cm ²	VOL. m ³	DENS. Kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROMEDIO	
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	LECT (kg)	f'ce	f'cr	%
13			IDENT.:														
	P010-C	17/09/2020	DOSIFICACION CONVENCIONAL	28.55	3.872	4.00	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	15/10/2020	28	8,927 Kg	27.66	28.809	100.91
	P011-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			9,396 Kg	29.12		
	P012-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			9,567 Kg	29.65		
14			IDENT.:														
	P022-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁷ CEL/ML	28.55	3.872	3.85	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	22/10/2020	28	9,534 Kg	29.54	30.0083	105.11
	P023-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			9,851 Kg	30.53		
	P024-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			9,666 Kg	29.95		
15			IDENT.:														
	P034-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁸ CEL/ML	28.55	3.872	3.80	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	22/10/2020	28	10,311 Kg	31.95	31.759767	111.24
	P035-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			10,039 Kg	31.11		
	P036-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			10,396 Kg	32.21		
16			IDENT.:														
	P046-C	24/09/2020	DOSIFICACION MODIFICADA CON POBLACION BACTERIANA 10 ⁹ CEL/ML	28.55	3.872	3.80	101.1	20.32	80.28	0.00163	2.374	22/10/2020	28	10,724 Kg	33.23	33.3384	116.77
	P047-C				4.036		101.1	20.32	80.12	0.00163	2.479			10,501 Kg	32.54		
	P048-C				3.88		101.1	20.32	80.28	0.00163	2.379			11,050 Kg	34.24		

Fuente: Elaboración propia

4.7.5. Resultado de los ensayos de resistencia a la tracción

En la Tabla 30 podemos apreciar el resumen de resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la tracción, a las que fueron sometidas las probetas cilíndricas de concreto de la muestra patrón y muestras con modificación de población bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*.

Tabla 30. Resultados de la resistencia a la tracción

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN											
TIPOS DE MEZCLA	7 DÍAS		14 DÍAS		21 DÍAS		28 DÍAS		Diferencias en (kg/cm ²)	Diferencias en (%)	
	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm ²)	Porcentaje Obtenido (%)	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm ²)	Porcentaje Obtenido (%)	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm ²)	Porcentaje Obtenido (%)	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm ²)	Porcentaje Obtenido (%)			
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	23.34	81.73	25.64	89.81	27.37	95.86	28.81	100.91	0	0	
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^7 células/ml	24.01	84.09	26.41	92.49	28.51	99.85	30.01	105.11	1.20	4.20	
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^8 células/ml	24.14	84.54	27.00	94.56	29.54	103.46	31.76	111.24	2.95	10.34	
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^9 células/ml	24.56	86.01	27.67	96.92	30.67	107.43	33.34	116.77	4.53	15.86	
									Promedio	2.17	7.60

Fuente: Elaboración propia

Los ensayos a tracción de concreto en el laboratorio han sido realizados con los testigos circulares de 4" x 8", obtenidos del diseño de mezcla de concreto según los porcentajes calculados en el diseño de mezclas y luego ensayados acorde con la norma técnica ASTM C 496, a las edades indicadas

En la Figura 26 se muestra la resistencia promedio de los ensayos a tracción del concreto fraguado con una edad de 7 días y comparado porcentualmente en relación a la resistencia de la mezcla patrón desarrollado a su respectiva edad.

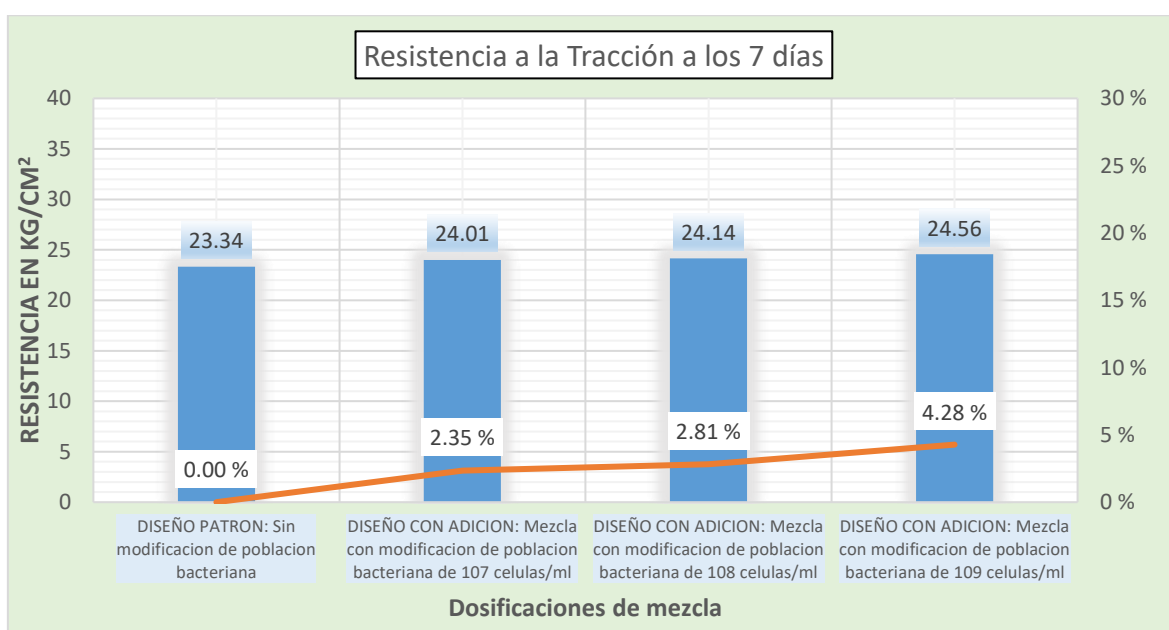


Figura 26. Resistencia a la Tracción a los 7 días.

En la Figura 27 se muestra la resistencia promedio de los ensayos a tracción del concreto fraguado con una edad de 14 días y comparado porcentualmente en relación a la resistencia de la mezcla patrón desarrollado a su respectiva edad.

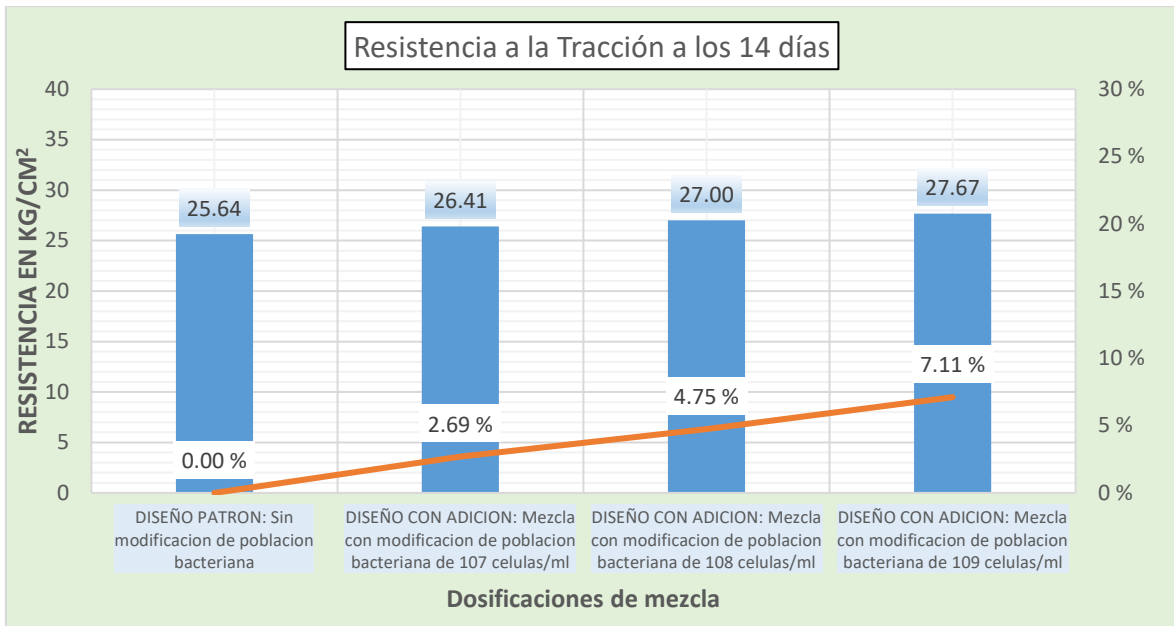


Figura 27. Resistencia a la Tracción a los 14 días.

En la Figura 28 se muestra la resistencia promedio de los ensayos a tracción del concreto fraguado con una edad de 21 días y comparado porcentualmente en relación a la resistencia de la mezcla patrón desarrollado a su respectiva edad.

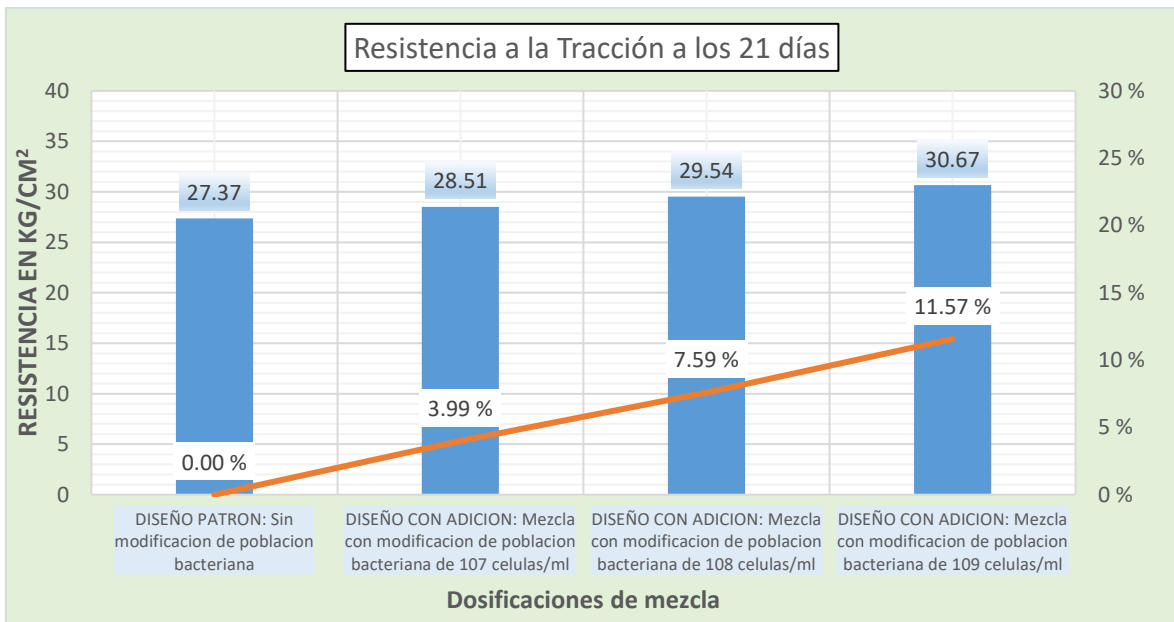


Figura 28. Resistencia a la Tracción a los 21 días.

En la figura 29 se muestra la resistencia promedio de los ensayos a tracción del concreto fraguado con una edad de 28 días y comparado porcentualmente en relación a la resistencia de la mezcla patrón desarrollado a su respectiva edad.

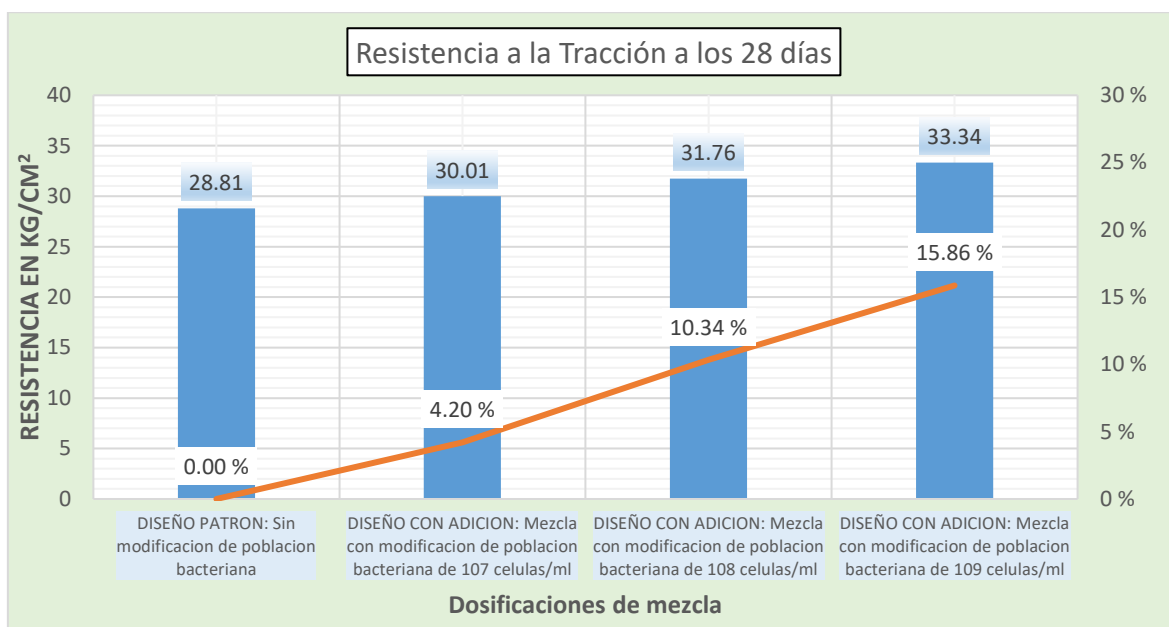


Figura 29. Resistencia a la Tracción a los 28 días.

Del mismo modo, se realizó el comparativo de la resistencia a tracción obtenida durante las edades de 7, 14, 21 y 28 días de los concretos de la mezcla patrón y las mezclas con modificación de población bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*. logrando apreciar que el concreto con modificación bacteriana de 10^9 obtuvo mejores resultados en comparación con la mezcla patrón y demás mezclas con modificación bacteriana.

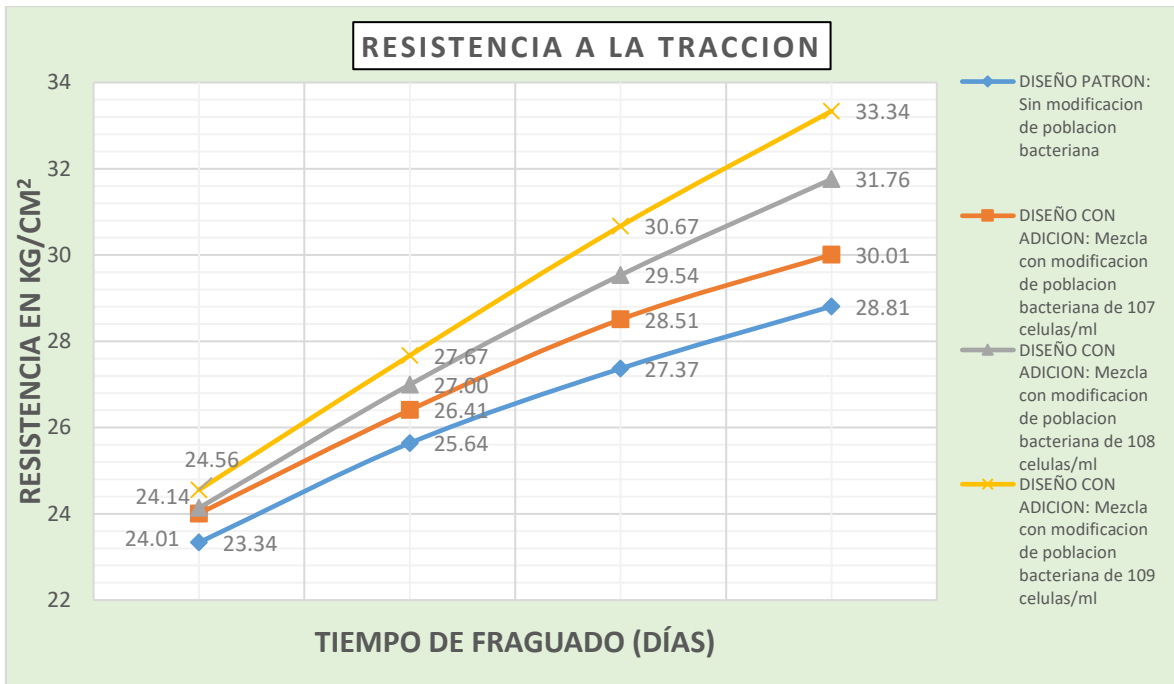


Figura 30. Comparación de resultados Resistencia a la Tracción 01

En la Figura 31 se aprecia que el concreto de diseño con modificación bacteriana de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml tiene mayor resistencia a tracción a las edades de 7, 14, 21 y 28 días con respecto a la muestra patrón que desarrollo una alta resistencia inicial.

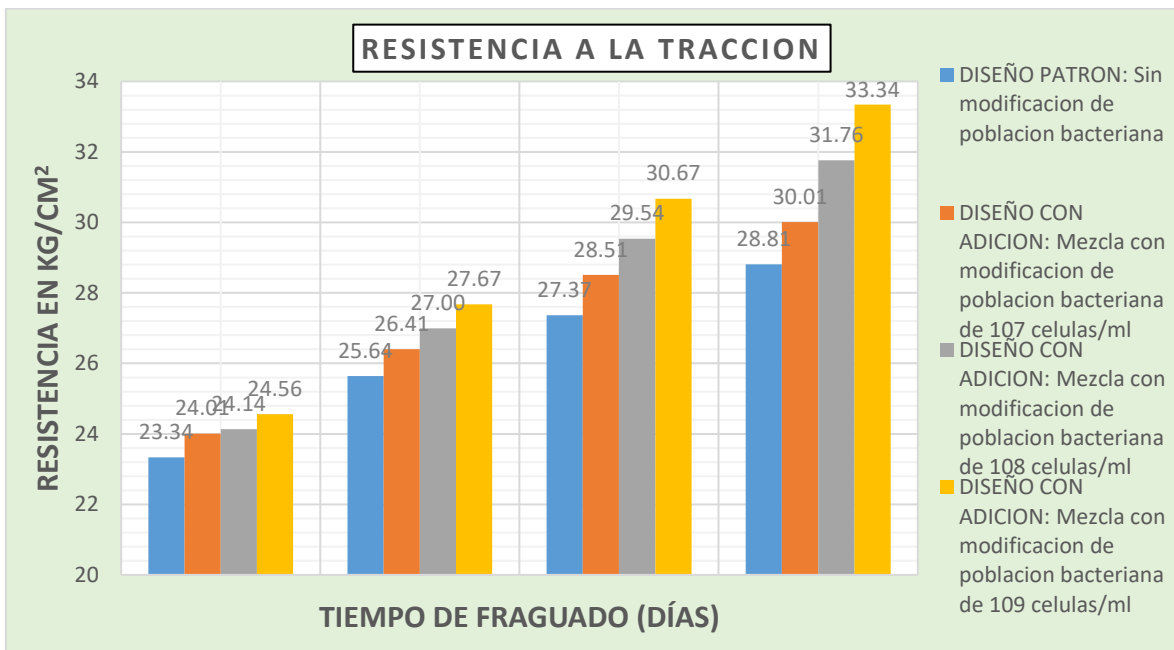


Figura 31. Comparación de resultados Resistencia a la Tracción 02

Por lo tanto, se puede deducir que el concreto con modificación bacteriana de 10^9 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* obtuvo mayor resistencia a la tracción en comparación de la mezcla patrón y las mezclas con modificación de población bacteriana de 10^7 y 10^8 células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*.

4.8. Cálculo estadístico e interpretación de los resultados

Para el análisis estadístico de los resultados obtenido de los ensayos de laboratorio, se utilizó el programa IBM SPSS Statistics 23.

4.8.1. Análisis estadístico descriptivo de la resistencia mecánica a los 7 días

En el análisis estadístico descriptivo se calculó la media de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio tanto para la resistencia a la compresión como para la resistencia a la tracción, como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31. Análisis descriptivo de la resistencia mecánica a los 7 días.

Resistencia mecánica de testigos cilíndricos (kg/cm ²)									
	Dosificación	N	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Desv. Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo
				Limite Inferior	Limite superior				
Resistencia a la compresión	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	172.8533	168.1931	177.5136	1.8760	1.0831	171.16	174.48
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	3	175.9333	175.0599	176.8068	0.3516	0.2030	175.66	176.33
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	3	179.4319	174.4319	184.2081	1.9677	1.1360	177.57	181.45
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	3	183.0000	181.3696	185.9237	0.9166	0.5292	182.63	184.41
Resistencia a la tracción	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	23.3333	21.2764	25.3903	0.8280	0.4780	22.41	24.01
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	3	24.0067	23.0327	24.9807	0.3920	0.2263	23.64	24.42
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	3	24.1333	23.0433	25.2233	0.4387	0.2533	23.64	24.48
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	3	24.4467	23.4117	25.7016	0.4609	0.2661	24.08	25.00

Fuente: IBM SPSS Estatistics 23.

Del mismo modo, se determinó las medias de la resistencia a la compresión a una edad de 7 días de fraguado, obteniendo la media de la muestra patrón de 172.85 kg/cm² y la media de las muestras con modificación de población bacteriana de 179.46 kg/cm², como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32. *Análisis descriptivo de la resistencia a la compresión a los 7 días.*

Resistencia mecánica de testigos cilíndricos (kg/cm ²)								
Dosificación	N	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Desv. Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo
			Limite Inferior	Limite superior				
DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	172.8533	168.1931	177.5136	1.876	1.0831	171.16	174.48
DISEÑO CON ADICION: adiccion de poblacion bacteriana a los 7 días	9	179.4551	176.9538	182.3129	1.0786	0.6227	178.62	180.73
Total	12	177.8046	174.7636	181.1131	1.2780	0.7378	176.76	179.17

Fuente: IBM SPSS Statistics 23.

Simultáneamente, se determinó las medias de la resistencia a la tracción a una edad de 7 días de fraguado, obteniendo la media de la muestra patrón de 23.33 kg/cm² y la media de las muestras con modificación de población bacteriana de 24.20 kg/cm², como se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33. *Análisis descriptivo de la resistencia a la tracción a los 7 días.*

Resistencia mecánica de testigos cilíndricos (kg/cm ²)								
Dosificación	N	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Desv. Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo
			Limite Inferior	Limite superior				
DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	23.3333	21.2764	25.3903	0.8280	0.4780	22.41	24.01
DISEÑO CON ADICION: adiccion de poblacion bacteriana a los 7 días	9	24.1956	23.1626	25.3019	0.4305	0.2486	23.79	24.63
Total	12	23.9800	22.6910	25.3240	0.5299	0.3059	23.44	24.48

Fuente: IBM SPSS Statistics 23.

4.8.2. Prueba de normalidad de datos resistencia mecánica a los 7 días

Contraste de normalidad

Considerando la hipótesis alterna:

Ha: la incorporación de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en poblaciones bacterianas de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml incrementará la

resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² para edades de 7, 14, 21 y 28 días, Ate, Lima – 2020.

Se determinó la semejanza con la función gaussiana, de acuerdo a la regla:

Si: Sig. \leq 0.05; entonces, hay un comportamiento no paramétrico.

Si: Sig. $>$ 0.05; entonces, hay un comportamiento paramétrico.

Como se aprecia en los resultados de la prueba de normalidad de la resistencia a la compresión a los 7 días de la Tabla 34, el diseño patrón tiene el valor de sig. (0.714), por lo que se deduce que tiene un comportamiento paramétrico, de la misma forma, el diseño con adición de población bacteriana tiene un valor de sig. (0.543), por lo cual se asume que tiene un comportamiento paramétrico.

Tabla 34. Prueba de normalidad resistencia a la compresión a los 7 días.

Pruebas de normalidad (Resistencia a la compresión)						
Descripción de Muestras	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	0.235	3	-	0.978	3	0.714
DISEÑO CON ADICION: adición de población bacteriana a los 7 días	0.274	9	-	0.941	9	0.543

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

Como se aprecia en los resultados de la prueba de normalidad de la resistencia a la tracción a los 7 días de la Tabla 35, el diseño patrón tiene el valor de sig. (0.502), por lo que se deduce que tiene un comportamiento paramétrico, de la misma forma, el diseño con adición de población bacteriana tiene un valor de sig. (0.707), por lo cual se asume que tiene un comportamiento paramétrico.

Tabla 35. Prueba de normalidad resistencia a la tracción a los 7 días.

Pruebas de normalidad (Resistencia a la tracción)						
Descripción de Muestras	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	0.284	3	-	0.933	3	0.502
DISEÑO CON ADICION: adición de población bacteriana a los 7 días	0.236	9	-	0.957	9	0.707

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

En la Figura se puede apreciar el diagrama de cajas de los resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días. Donde (.00) corresponde a la muestra patrón, (1.00) muestra con población bacteriana de 10^7 células/ml, (2.00) muestra con población bacteriana de 10^8 células/ml y (3.00) muestra con población bacteriana de 10^9 células/ml.

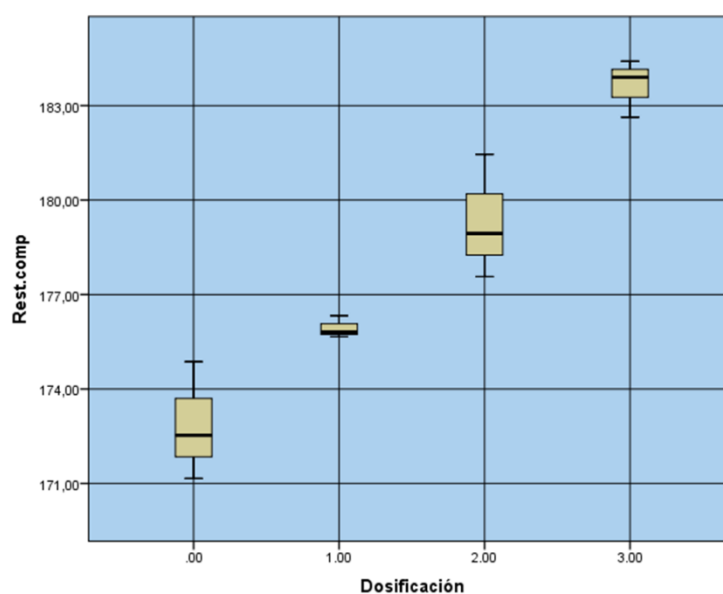


Figura 32. Diagrama de cajas compresión 7 días

En la Figura 33 se puede apreciar el diagrama de cajas de los resultados de la resistencia a la tracción a los 7 días. Donde (.00) corresponde a la muestra patrón, (1.00) muestra con población bacteriana de 10^7

células/ml, (2.00) muestra con población bacteriana de 10^8 células/ml y (3.00) muestra con población bacteriana de 10^9 células/ml.

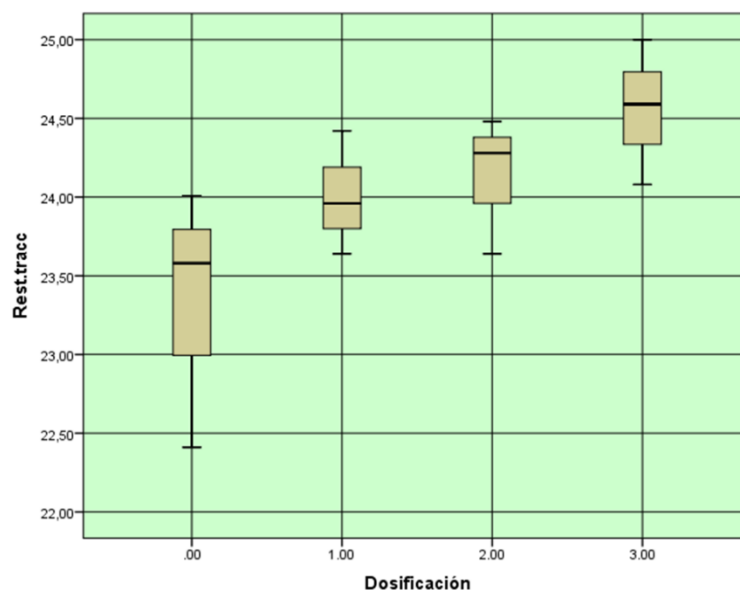


Figura 33. Diagrama de cajas tracción 7 días

4.8.3. Análisis inferencial prueba de hipótesis de resistencia mecánica a los 7 días

Teniendo como hipótesis nula:

H₀: La bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en poblaciones bacterianas de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml no incrementará la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² para edades de 7, 14, 21 y 28 días, Ate, Lima – 2020.

Y teniendo como regla la aceptación o rechazo de la Hipótesis nula:

Si: Sig. \leq 0.05; entonces, se rechaza la hipótesis nula.

Si: Sig. $>$ 0.05; entonces, se acepta la hipótesis nula.

Al tratarse de un comportamiento paramétrico se realizó la prueba de T student, como se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36. Prueba de T student de resistencia mecánica a los 7 días.

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación Estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza para la media				
				Limite Inferior	Limite superior			
Par 1: Dosificación - Resistencia Compresión	-176.43833	3.26864	0.94358	-178.5151	-174.3615	-186.989	12	0.000
Par 2: Dosificación - Resistencia Tracción	-22.50750	0.87461	0.25248	-23.0632	-21.9518	-89.146	12	0.000

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

Dado los resultados de T student en la Tabla 36 para la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² evaluado a los 7 días, se obtuvieron resultados en la significancia de (0.000), se pudo deducir que, al ser la significancia un valor menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula aceptando así la hipótesis alterna, que la incorporación de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en poblaciones bacterianas de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml incrementará la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² para edades de 7, 14, 21 y 28 días, Ate, Lima – 2020.

4.8.4. Comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 7 días.

Se realizó la comparación múltiple de la resistencia a la compresión a una edad de 7 días del diseño patrón con los diseños con adición de diferente población bacteriana en células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*. De la prueba post-hoc de Tukey, podemos observar que el diseño patrón y el diseño con adición de población bacteriana de 10⁷, presentan una significancia de (0.115) el cual es mayor a (0.05) lo que significa que no existe una diferencia significativa entre el diseño patrón y la muestra con adición bacteriana de 10⁷ células/ml. De la misma forma, se observa que existen diferencias significativas entre el diseño patrón y los diseños con adición de población bacteriana de 10⁸ y 10⁹, los cuales presentan una significancia de (0.003) y (0.000) los cuales son menores a (0.05), lo que indica que si hay diferencia entre el diseño patrón y los diseños con mayores contenidos de población bacteriana. Ver Tabla 37.

Tabla 37. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la compresión a los 7 días.

Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos (kg/cm ²) - HSD Tukey						
(I) Dosificación	(J) Dosificación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza para la media	
					Limite inferior	Limite superior
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁷ células/ml	-3.08000	1.18006	0.115	-6.8590	0.6990
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁸ células/ml	-6.46667	1.18006	0.003	-10.2456	-2.6877
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁹ células/ml	-10.79333	1.18006	0.000	-14.5723	-7.0144
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁷ células/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	3.08000	1.18006	0.115	-0.6990	6.8590
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁸ células/ml	-3.38667	1.18006	0.080	-7.1656	0.3923
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁹ células/ml	-7.71333	1.18006	0.001	-11.4923	-3.9344
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁸ células/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	6.46667	1.18006	0.003	2.6877	10.2456
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁷ células/ml	3.38667	1.18006	0.080	-0.3923	7.1656
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁹ células/ml	-4.32667	1.18006	0.026	-8.1056	-0.5477
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁹ células/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	10.79333	1.18006	0.000	7.0144	14.5723
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁷ células/ml	7.71333	1.18006	0.001	3.9344	11.4923
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁸ células/ml	4.32667	1.18006	0.026	0.5477	8.1056

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

Del mismo modo, se realizó la comparación múltiple de la resistencia a la tracción a una edad de 7 días del diseño patrón con los diseños con adición de diferente población bacteriana en células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*.

De la prueba post-hoc de Tukey, podemos observar que el diseño patrón y el diseño con adición de población bacteriana de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ presentan una significancia de (0.491), (0.358) y (0.104) el cual es mayor a (0.05) lo que significa que no existe una diferencia significativa entre el

diseño patrón y la muestra con adición bacteriana de 10^7 10^8 y 10^9 células/ml. Lo que indica que no hay diferencia entre el diseño patrón y los diseños con mayores contenidos de población bacteriana. Ver Tabla 38.

Tabla 38. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la tracción a los 7 días.

Resistencia a la tracción de testigos cilindricos (kg/cm ²)						
(I) Dosificación	(J) Dosificación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza para la media	
					Limite Inferior	Limite superior
DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^7 celulas/ml	-0.67333	0.45540	0.491	-2.1317	0.7850
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^8 celulas/ml	-0.80000	0.45540	0.358	-2.2584	0.6584
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^9 celulas/ml	-1.22333	0.45540	0.104	-2.6817	0.2350
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^7 celulas/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	0.67333	0.45540	0.491	-0.7850	2.1317
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^8 celulas/ml	-0.12667	0.45540	0.992	-1.5850	1.3317
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^9 celulas/ml	-0.55000	0.45540	0.639	-2.0084	0.9084
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^8 celulas/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	0.80000	0.45540	0.358	-0.6584	2.2584
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^7 celulas/ml	0.12667	0.45540	0.992	-1.3317	1.5850
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^9 celulas/ml	-0.42333	0.45540	0.791	-1.8817	1.0350
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^9 celulas/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	1.22333	0.45540	0.104	-0.2350	2.6817
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^7 celulas/ml	0.55000	0.45540	0.639	-0.9084	2.0084
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^8 celulas/ml	0.42333	0.45540	0.791	-1.0350	1.8817

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

En la Figura 34, se puede observar los resultados de grafico de medias de la prueba T student, donde se verificaron las medias de la resistencia a la compresión de testigos en (kg/cm²) el mismo que representa una

variación progresiva entre el diseño patrón, y diseño con adición de población bacteriana de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* en la resistencia a la compresión a los 7 días.

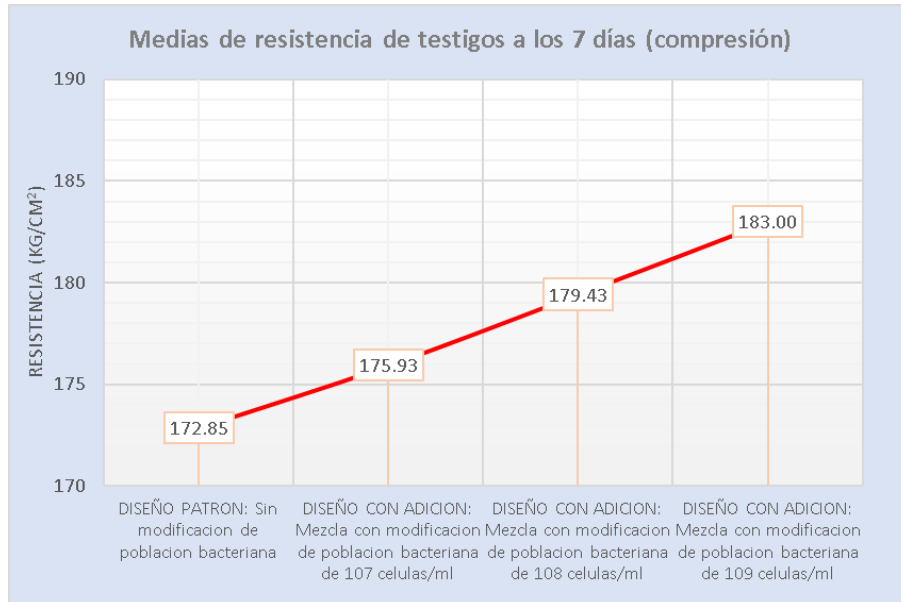


Figura 34. Medias de resistencia de testigos a los 7 días (compresión)

En la Figura 35, se puede observar los resultados de grafico de medias de la prueba T student, donde se verificaron las medias de la resistencia a la compresión de testigos en (kg/cm²) el mismo que representa una variación progresiva entre el diseño patrón, y diseño con adición de población bacteriana de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml de *Sporosarcina Pasteurii* en la resistencia a la compresión a los 7 días.

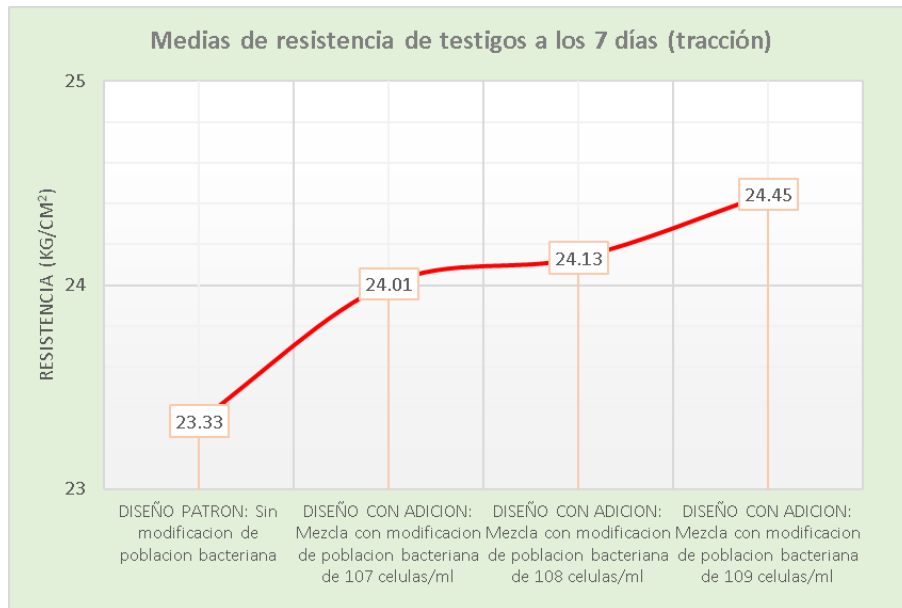


Figura 35. Medias de resistencia de testigos a los 7 días (tracción)

4.8.5. Análisis estadístico descriptivo de la resistencia mecánica a los 14 días

En el análisis estadístico descriptivo se calculó la media de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio tanto para la resistencia a la compresión como para la resistencia a la tracción, como se muestra en la Tabla 39.

Tabla 39. Análisis descriptivo de la resistencia mecánica a los 14 días.

Resistencia mecánica de testigos cilíndricos (kg/cm ²)									
	Dosificación	N	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Desv. Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo
				Limite Inferior	Limite superior				
Resistencia a la compresión	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	190.0800	185.0236	195.1364	2.0355	1.1752	188.07	192.01
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	3	193.5300	192.5574	194.5026	0.3915	0.2261	193.22	193.97
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	3	200.5600	195.0942	206.0258	2.2003	1.2703	198.60	202.94
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	3	211.7033	209.0783	214.3283	1.0567	0.6101	210.53	212.58
Resistencia a la tracción	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	25.6400	23.3661	27.9139	0.9154	0.5285	24.62	26.39
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	3	26.4067	25.3338	27.4796	0.4319	0.2494	26.00	26.86
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	3	26.9933	25.7720	28.2147	0.4917	0.2839	26.44	27.38
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	3	27.8489	25.8489	29.5311	0.7412	0.4279	27.01	28.48

Fuente: IBM SPSS Estatistics 23.

Del mismo modo, se determinó las medias de la resistencia a la compresión a una edad de 14 días de fraguado, obteniendo la media de la muestra patrón de 192.07 kg/cm² y la media de las muestras con modificación de población bacteriana de 203.16 kg/cm², como se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40. Análisis descriptivo de la resistencia a la compresión a los 14 días.

Resistencia mecánica de testigos cilindricos (kg/cm ²)								
Dosificación	N	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Desv. Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo
			Limite Inferior	Limite superior				
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	3	190.08	185.0236	195.1364	2.03546	1.17517	188.07	192.014
DISEÑO CON ADICION: adición de población bacteriana a los 14 días	9	201.9311	198.9100	204.9522	1.2162	0.7022	200.78	203.16
Total	12	198.9683	195.4384	202.4983	1.4210	0.8204	197.61	200.38

Fuente: IBM SPSS Statistics 23.

Simultáneamente, se determinó las medias de la resistencia a la tracción a una edad de 14 días de fraguado, obteniendo la media de la muestra patrón de 26.39 kg/cm² y la media de las muestras con modificación de población bacteriana de 27.57 kg/cm², como se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41. Análisis descriptivo de la resistencia a la tracción a los 14 días.

Resistencia mecánica de testigos cilindricos (kg/cm ²)								
Dosificación	N	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Desv. Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo
			Limite Inferior	Limite superior				
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	3	25.6400	23.3661	27.9139	0.9154	0.5285	24.62	26.39
DISEÑO CON ADICION: adición de población bacteriana a los 14 días	9	27.0830	25.6516	28.4085	0.5549	0.3204	26.48	27.57
Total	12	26.7222	25.0802	28.2848	0.6450	0.3724	26.02	27.28

Fuente: IBM SPSS Statistics 23.

4.8.6. Prueba de normalidad de datos resistencia mecánica a los 14 días

Contraste de normalidad

Considerando la hipótesis alterna:

Ha: la incorporación de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en poblaciones bacterianas de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml incrementará la

resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² para edades de 7, 14, 21 y 28 días, Ate, Lima – 2020.

Se determinó la semejanza con la función gaussiana, de acuerdo a la regla:

Si: Sig. \leq 0.05; entonces, hay un comportamiento no paramétrico.

Si: Sig. $>$ 0.05; entonces, hay un comportamiento paramétrico.

Como se aprecia en los resultados de la prueba de normalidad de la resistencia a la compresión a los 14 días de la Tabla 42, el diseño patrón tiene el valor de sig. (0.959), por lo que se deduce que tiene un comportamiento paramétrico, de la misma forma, el diseño con adición de población bacteriana tiene un valor de sig. (0.552), por lo cual se asume que tiene un comportamiento paramétrico.

Tabla 42. Prueba de normalidad resistencia a la compresión a los 14 días.

Pruebas de normalidad (Resistencia a la compresión)						
Descripción de Muestras	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	0.178	3	-	1.000	3	0.959
DISEÑO CON ADICION: adición de población bacteriana a los 14 días	0.272	9	-	0.944	9	0.552

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

Como se aprecia en los resultados de la prueba de normalidad de la resistencia a la tracción a los 14 días de la Tabla 43, el diseño patrón tiene el valor de sig. (0.507), por lo que se deduce que tiene un comportamiento paramétrico, de la misma forma, el diseño con adición de población bacteriana tiene un valor de sig. (0.669), por lo cual se asume que tiene un comportamiento paramétrico.

Tabla 43. Prueba de normalidad resistencia a la tracción a los 14 días.

Pruebas de normalidad (Resistencia a la tracción)						
Descripción de Muestras	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	0.283	3	-	0.935	3	0.507
DISEÑO CON ADICION: adición de población bacteriana a los 14 días	0.245	9	-	0.963	9	0.669

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

En la Figura 36 se puede apreciar el diagrama de cajas de los resultados de la resistencia a la compresión a los 14 días. Donde (.00) corresponde a la muestra patrón, (1.00) muestra con población bacteriana de 10^7 células/ml, (2.00) muestra con población bacteriana de 10^8 células/ml y (3.00) muestra con población bacteriana de 10^9 células/ml.

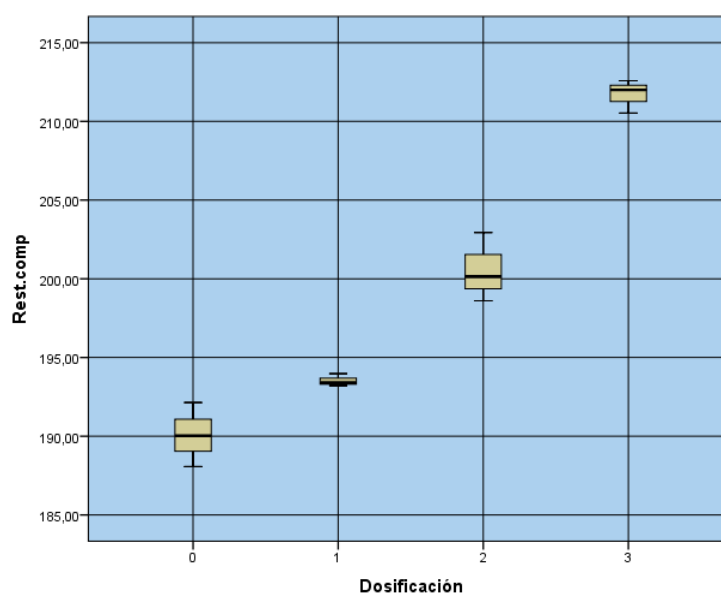


Figura 36. Diagrama de cajas compresión 14 días

En la Figura 37 se puede apreciar el diagrama de cajas de los resultados de la resistencia a la tracción a los 14 días. Donde (0) corresponde a la muestra patrón, (1) muestra con población bacteriana de 10^7 células/ml,

(2) muestra con población bacteriana de 10^8 células/ml y (3) muestra con población bacteriana de 10^9 células/ml.

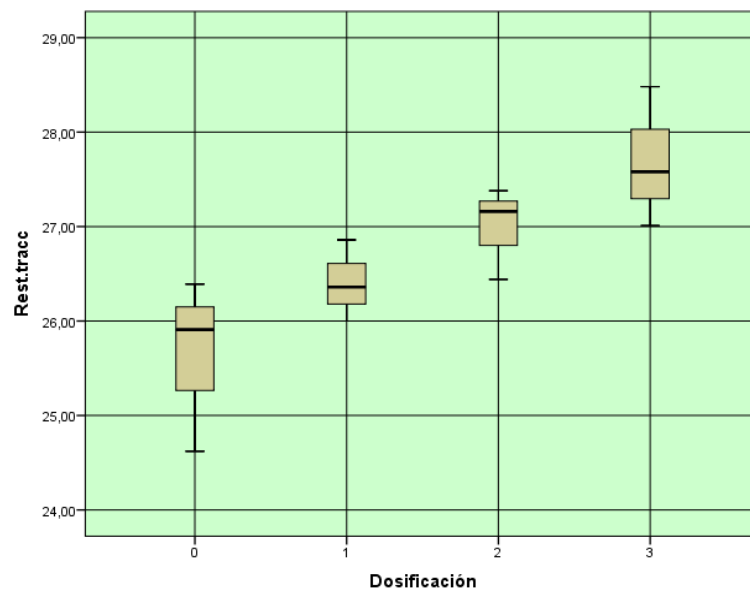


Figura 37. Diagrama de cajas compresión 14 días

4.8.7. Análisis inferencial prueba de hipótesis de resistencia mecánica a los 14 días

Teniendo como hipótesis nula:

H₀: La bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en poblaciones bacterianas de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml no incrementará la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² para edades de 7, 14, 21 y 28 días, Ate, Lima – 2020.

Y teniendo como regla la aceptación o rechazo de la Hipótesis nula:

Si: Sig. \leq 0.05; entonces, se rechaza la hipótesis nula.

Si: Sig. $>$ 0.05; entonces, se acepta la hipótesis nula.

Al tratarse de un comportamiento paramétrico se realizó la prueba de T student, como se muestra en la Tabla 44.

Tabla 44. Prueba de T student de resistencia mecánica a los 14 días.

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación Estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza para la media				
				Limite Inferior	Limite superior			
Par 1: Dosificación - Resistencia Compresión	-197.46833	7.62581	2.20138	-202.3135	-192.6231	-89.702	12	0.000
Par 2: Dosificación - Resistencia Tracción	-25.18250	0.69050	0.19933	-25.6212	-24.7438	-126.336	12	0.000

Fuente: IBM SPSS Estatistics 23

Dado los resultados de T student en la Tabla 44 para la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² evaluado a los 14 días, se obtuvieron resultados en la significancia de (0.000), se pudo deducir que, al ser la significancia un valor menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula aceptando así la hipótesis alterna, que la incorporación de la bacteria Sporosarcina Pasteurii en poblaciones bacterianas de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml incrementará la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² para edades de 7, 14, 21 y 28 días, Ate, Lima – 2020.

4.8.8. Comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 14 días.

Se realizó la comparación múltiple de la resistencia a la compresión a una edad de 14 días del diseño patrón con los diseños con adición de diferente población bacteriana en células/ml de Sporosarcina Pasteurii. De la prueba post-hoc de Tukey, podemos observar que el diseño patrón y el diseño con adición de población bacteriana de 10⁷, presentan una significancia de (0.111) el cual es mayor a (0.05) lo que significa que no existe una diferencia significativa entre el diseño patrón y la muestra con adición bacteriana de 10⁷ células/ml. De la misma forma, se observa que existen diferencias significativas entre el diseño patrón y los diseños con adición de población bacteriana de 10⁸ y 10⁹, los cuales presentan una significancia de (0.000) y (0.000) los cuales son menores a (0.05), lo que indica que si hay diferencia entre el diseño patrón y los diseños con mayores contenidos de población bacteriana. Ver Tabla 45.

Tabla 45. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la compresión a los 14 días.

Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos (kg/cm ²) - HSD Tukey						
(I) Dosificación	(J) Dosificación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza para la media	
					Limite inferior	Limite superior
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁷ células/ml	-3.45000	1.30730	0.111	-7.6364	0.7364
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁸ células/ml	-10.48000	1.30730	0.000	-14.6664	-6.2936
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁹ células/ml	-21.62333	1.30730	0.000	-25.8098	-17.4369
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁷ células/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	3.45000	1.30730	0.111	-0.7364	7.6364
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁸ células/ml	-7.03000	1.30730	0.003	-11.2164	-2.8436
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁹ células/ml	-18.17333	1.30730	0.000	-22.3598	-13.9869
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁸ células/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	10.48000	1.30730	0.000	6.2936	14.6664
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁷ células/ml	7.03000	1.30730	0.003	2.8436	11.2164
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁹ células/ml	-11.14333	1.30730	0.000	-15.3298	-6.9569
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁹ células/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	21.62333	1.30730	0.000	17.4369	25.8098
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁷ células/ml	18.17333	1.30730	0.000	13.9869	22.3598
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10 ⁸ células/ml	11.14333	1.30730	0.000	6.9569	15.3298

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

Del mismo modo, se realizó la comparación múltiple de la resistencia a la tracción a una edad de 14 días del diseño patrón con los diseños con adición de diferente población bacteriana en células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*.

De la prueba post-hoc de Tukey, podemos observar que el diseño patrón y el diseño con adición de población bacteriana de 10⁷ y 10⁸ presentan una significancia de (0.536) y (0.142) los cuales son mayores a (0.05) lo que significa que no existe una diferencia significativa entre el diseño

patrón y la muestra con adición bacteriana de 10^7 y 10^8 células/ml. De mismo modo, podemos observar que el diseño patrón y el diseño con adición de población bacteriana de 10^9 presentan una significancia de (0.024) el cual es menor a (0.05) lo que significa que si existe una diferencia significativa entre el diseño patrón y la muestra con adición bacteriana de 10^9 células/ml. Lo que indica que si hay diferencia entre el diseño patrón y los diseños con mayores contenidos de población bacteriana. Ver Tabla 46.

Tabla 46. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la tracción a los 14 días.

Resistencia a la tracción de testigos cilindricos (kg/cm^2)						
(I) Dosificación	(J) Dosificación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza para la media	
					Limite Inferior	Limite superior
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^7 células/ml	-0.76667	0.55007	0.536	-2.5282	0.9949
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^8 células/ml	-1.35333	0.55007	0.142	-3.1149	0.4082
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^9 células/ml	-2.05000	0.55007	0.024	-3.8115	-0.2885
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^7 células/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	0.76667	0.55007	0.536	-0.9949	2.5282
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^8 células/ml	-0.58667	0.55007	0.718	-2.3482	1.1749
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^9 células/ml	-1.28333	0.55007	0.169	-3.0449	0.4782
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^8 células/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	1.35333	0.55007	0.142	-0.4082	3.1149
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^7 células/ml	0.58667	0.55007	0.718	-1.1749	2.3482
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^9 células/ml	-0.69667	0.55007	0.606	-2.4582	1.0649
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^9 células/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	2.05000	0.55007	0.024	0.2885	3.8115
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^7 células/ml	1.28333	0.55007	0.169	-0.4782	3.0449
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^8 células/ml	0.69667	0.55007	0.606	-1.0649	2.4582

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

En la Figura 38, se puede observar los resultados de grafico de medias de la prueba T student, donde se verificaron las medias de la resistencia a la compresión de testigos en (kg/cm²) el mismo que representa una variación progresiva entre el diseño patrón, y diseño con adición de población bacteriana de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml de Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la compresión a los 14 días.

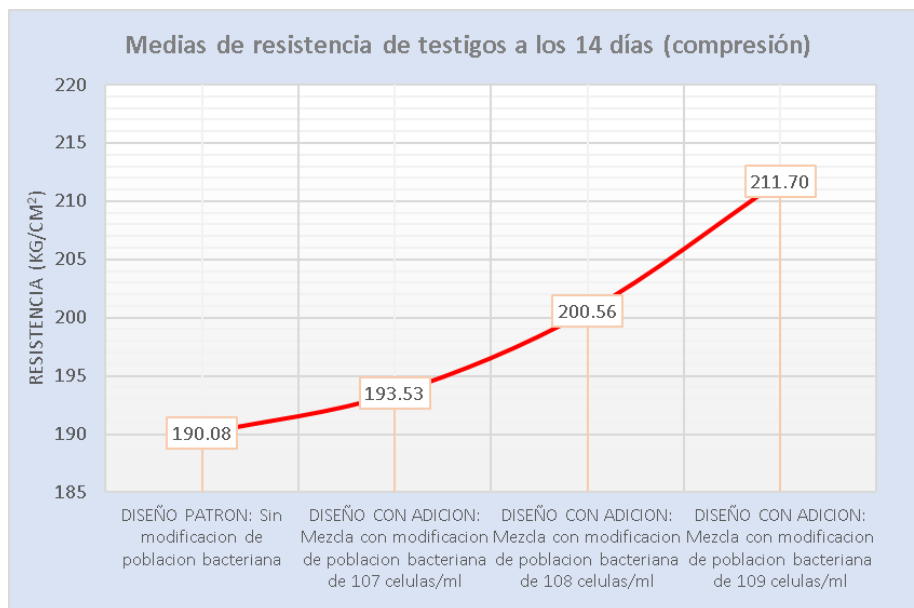


Figura 38. Medias de resistencia de testigos a los 14 días (compresión)

En la Figura 39, se puede observar los resultados de grafico de medias de la prueba T student, donde se verificaron las medias de la resistencia a la compresión de testigos en (kg/cm²) el mismo que representa una variación progresiva entre el diseño patrón, y diseño con adición de población bacteriana de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml de Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la compresión a los 14 días.

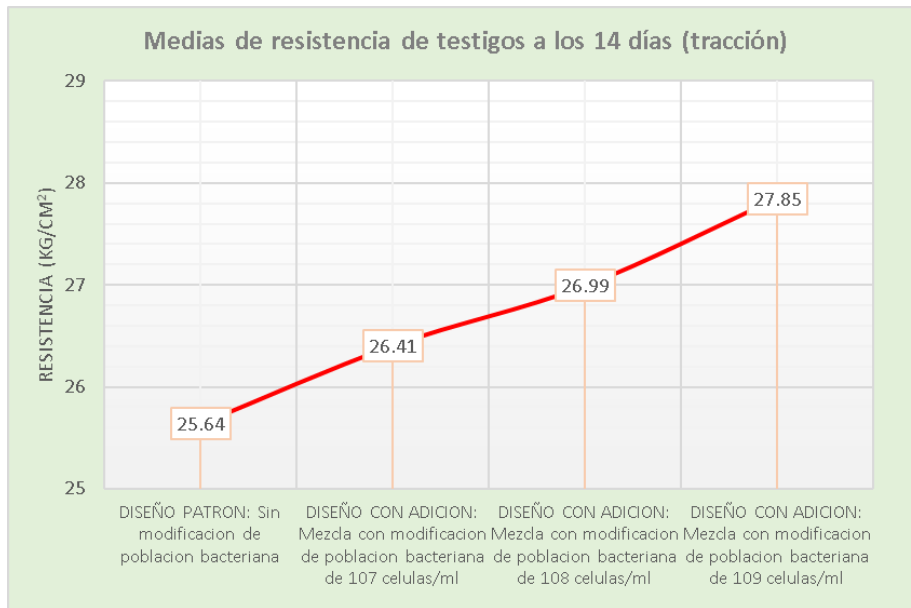


Figura 39. Medias de resistencia de testigos a los 14 días (tracción)

4.8.9. Análisis estadístico descriptivo de la resistencia mecánica a los 21 días

En el análisis estadístico descriptivo se calculó la media de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio tanto para la resistencia a la compresión como para la resistencia a la tracción, como se muestra en la Tabla 47.

Tabla 47. Análisis descriptivo de la resistencia mecánica a los 21 días.

Resistencia mecánica de testigos cilíndricos (kg/cm ²)									
	Dosificación	N	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Desv. Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo
				Límite Inferior	Límite superior				
Resistencia a la compresión	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	202.7500	197.2900	208.2100	2.1960	1.2680	200.75	205.10
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	3	208.9233	207.8711	209.9756	0.4236	0.2446	208.59	209.40
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	3	219.4367	213.4643	225.4091	2.4042	1.3881	217.30	222.04
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	3	234.6567	231.7526	237.5607	1.1690	0.6749	233.36	235.63
Resistencia a la tracción	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	27.3700	24.9410	29.7990	0.9778	0.5645	26.28	28.17
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	3	28.5100	27.3499	29.6701	0.4670	0.2696	28.07	29.00
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	3	29.5367	28.1979	30.8754	0.5389	0.3111	28.93	29.96
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	3	30.6700	28.7205	32.6195	0.7848	0.4531	29.94	31.50

Fuente: IBM SPSS Estatistics 23.

Del mismo modo, se determinó las medias de la resistencia a la compresión a una edad de 21 días de fraguado, obteniendo la media de la muestra patrón de 202.75 kg/cm² y la media de las muestras con modificación de población bacteriana de 221.01 kg/cm², como se muestra en la Tabla 48.

Tabla 48. Análisis descriptivo de la resistencia a la compresión a los 21 días.

Resistencia mecanica de testigos cilindricos (kg/cm ²)								
Dosificación	N	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Desv. Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo
			Limite Inferior	Limite superior				
DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	202.75	197.29	208.21	2.196	1.268	200.75	205.1
DISEÑO CON ADICION: adicon de poblacion bacteriana a los 21 días	9	221.0056	217.6960	224.3151	1.3323	0.7692	219.75	222.36
Total	12	216.4417	212.5945	220.2889	1.5482	0.8939	215.00	218.04

Fuente: IBM SPSS Estatistics 23.

Simultáneamente, se determinó las medias de la resistencia a la tracción a una edad de 21 días de fraguado, obteniendo la media de la muestra patrón de 28.17 kg/cm² y la media de las muestras con modificación de población bacteriana de 30.15 kg/cm², como se muestra en la Tabla 49.

Tabla 49. Análisis descriptivo de la resistencia a la tracción a los 21 días.

Resistencia mecanica de testigos cilindricos (kg/cm ²)								
Dosificación	N	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Desv. Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo
			Limite Inferior	Limite superior				
DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	27.3700	24.9410	29.7990	0.9778	0.5645	26.28	28.17
DISEÑO CON ADICION: adicon de poblacion bacteriana a los 21 días	9	29.5722	28.0894	31.0550	0.5969	0.3446	28.98	30.15
Total	12	29.0217	27.3023	30.7410	0.6921	0.3996	28.31	29.66

Fuente: IBM SPSS Estatistics 23.

4.8.10. Prueba de normalidad de datos resistencia mecánica a los 21 días contraste de normalidad

Considerando la hipótesis alterna:

Ha: la incorporación de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en poblaciones bacterianas de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml incrementará la

resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² para edades de 7, 14, 21 y 28 días, Ate, Lima – 2020.

Se determinó la semejanza con la función gaussiana, de acuerdo a la regla:

Si: Sig. \leq 0.05; entonces, hay un comportamiento no paramétrico.

Si: Sig. $>$ 0.05; entonces, hay un comportamiento paramétrico.

Como se aprecia en los resultados de la prueba de normalidad de la resistencia a la compresión a los 21 días de la Tabla 50, el diseño patrón tiene el valor de sig. (0.736), por lo que se deduce que tiene un comportamiento paramétrico, de la misma forma, el diseño con adición de población bacteriana tiene un valor de sig. (0.549), por lo cual se asume que tiene un comportamiento paramétrico.

Tabla 50. Prueba de normalidad resistencia a la compresión a los 21 días.

Pruebas de normalidad (Resistencia a la compresión)						
Descripción de Muestras	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	0.230	3	-	0.981	3	0.736
DISEÑO CON ADICION: adición de población bacteriana a los 21 días	0.273	9	-	0.943	9	0.549

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

Como se aprecia en los resultados de la prueba de normalidad de la resistencia a la tracción a los 21 días de la Tabla 51, el diseño patrón tiene el valor de sig. (0.504), por lo que se deduce que tiene un comportamiento paramétrico, de la misma forma, el diseño con adición de población bacteriana tiene un valor de sig. (0.680), por lo cual se asume que tiene un comportamiento paramétrico.

Tabla 51. Prueba de normalidad resistencia a la tracción a los 21 días.

Pruebas de normalidad (Resistencia a la tracción)						
Descripción de Muestras	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	0.283	3	-	0.934	3	0.504
DISEÑO CON ADICION: adición de población bacteriana a los 21 días	0.242	9	-	0.964	9	0.680

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

En la Figura 40 se puede apreciar el diagrama de cajas de los resultados de la resistencia a la compresión a los 21 días. Donde (.00) corresponde a la muestra patrón, (1.00) muestra con población bacteriana de 10^7 células/ml, (2.00) muestra con población bacteriana de 10^8 células/ml y (3.00) muestra con población bacteriana de 10^9 células/ml.

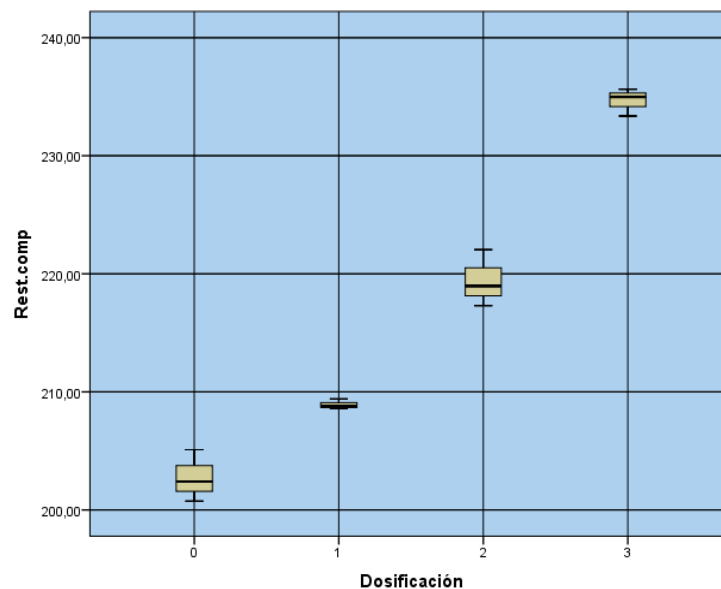


Figura 40. Diagrama de cajas compresión 21 días

En la Figura 41 se puede apreciar el diagrama de cajas de los resultados de la resistencia a la tracción a los 21 días. Donde (.00) corresponde a la muestra patrón, (1.00) muestra con población bacteriana de 10^7 células/ml, (2.00) muestra con población bacteriana de 10^8 células/ml y (3.00) muestra con población bacteriana de 10^9 células/ml.

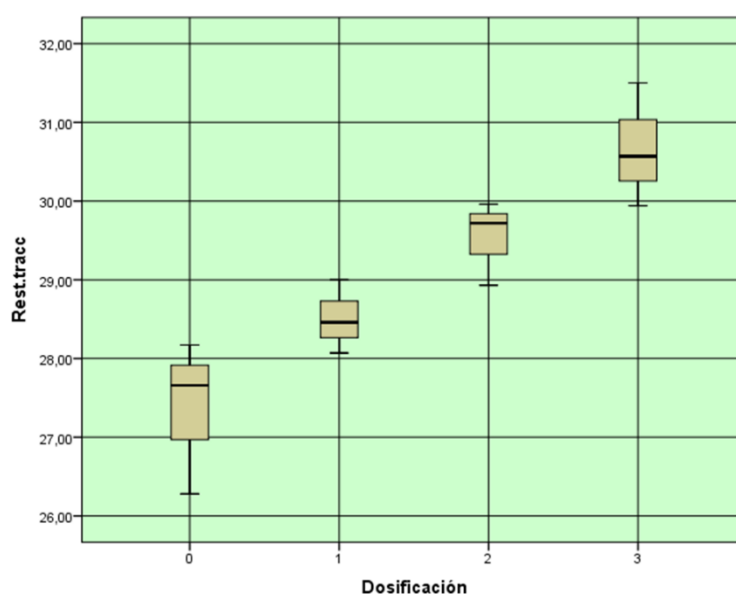


Figura 41. Diagrama de cajas tracción 21 días

4.8.11. Análisis inferencial prueba de hipótesis de resistencia mecánica a los 21 días

Teniendo como hipótesis nula:

H₀: La bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en poblaciones bacterianas de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml no incrementará la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² para edades de 7, 14, 21 y 28 días, Ate, Lima – 2020.

Y teniendo como regla la aceptación o rechazo de la Hipótesis nula:

Si: Sig. \leq 0.05; entonces, se rechaza la hipótesis nula.

Si: Sig. $>$ 0.05; entonces, se acepta la hipótesis nula.

Al tratarse de un comportamiento paramétrico se realizó la prueba de T student, como se muestra en la Tabla 52.

Tabla 52. Prueba de T student de resistencia mecánica a los 21 días.

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación Estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza para la media				
				Limite Inferior	Limite superior			
Par 1: Dosificación - Resistencia Compresión	-24.94167	11.57909	3.34259	-222.2987	-207.5847	-64.304	12	0.000
Par 2: Dosificación - Resistencia Tracción	-27.52167	0.62502	0.18043	-27.9188	-27.1246	-152.535	12	0.000

Fuente: IBM SPSS Estatistics 23

Dado los resultados de T student en la Tabla 52 para la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² evaluado a los 21 días, se obtuvieron resultados en la significancia de (0.000), se pudo deducir que, al ser la significancia un valor menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula aceptando así la hipótesis alterna, que la incorporación de la bacteria Sporosarcina Pasteurii en poblaciones bacterianas de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml incrementará la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² para edades de 7, 14, 21 y 28 días, Ate, Lima – 2020.

4.8.12. Comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 21 días.

Se realizó la comparación múltiple de la resistencia a la compresión a una edad de 21 días del diseño patrón con los diseños con adición de diferente población bacteriana en células/ml de Sporosarcina Pasteurii. De la prueba post-hoc de Tukey, podemos observar que el diseño patrón y los diseño con adición de población bacteriana de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ presentan una significancia de (0.011), (0.000) y (0.000) los cuales son mayores a (0.05), lo que indica que si hay diferencia entre el diseño patrón y los diseños con contenidos de población bacteriana. Ver Tabla 53.

Tabla 53. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la compresión a los 21 días.

Resistencia a la compresión de testigos cilindricos (kg/cm ²) - HSD Tukey						
(I) Dosificación	(J) Dosificación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza para la media	
					Limite inferior	Limite superior
DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	-6.17333	1.42295	0.011	-10.7301	-1.6165
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	-16.68667	1.42295	0.000	-21.2435	-12.1299
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	-31.90667	1.42295	0.000	-36.4635	-27.3499
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	6.17333	1.42295	0.011	1.6165	10.7301
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	-10.51333	1.42295	0.000	-15.0701	-5.9565
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	-25.73333	1.42295	0.000	-30.2901	-21.1765
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	16.68667	1.42295	0.000	12.1299	21.2435
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	10.51333	1.42295	0.000	5.9565	15.0701
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	-15.22000	1.42295	0.000	-19.7768	-10.6632
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	31.90667	1.42295	0.000	27.3499	36.4635
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	25.73333	1.42295	0.000	21.1765	30.2901
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	15.22000	1.42295	0.000	10.6632	19.7768

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

Del mismo modo, se realizó la comparación múltiple de la resistencia a la tracción a una edad de 21 días del diseño patrón con los diseños con adición de diferente población bacteriana en células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*.

De la prueba post-hoc de Tukey, podemos observar que el diseño patrón y el diseño con adición de población bacteriana de 10⁷ presentan una significancia de (0.287) el cual es mayores a (0.05) lo que significa que no existe una diferencia significativa entre el diseño patrón y la muestra

con adición bacteriana de 10^7 células/ml. De mismo modo, podemos observar que el diseño patrón y el diseño con adición de población bacteriana de 10^8 y 10^9 presentan una significancia de (0.026) y (0.002) el cual es menor a (0.05) lo que significa que si existe una diferencia significativa entre el diseño patrón y la muestra con adición bacteriana de 10^8 y 10^9 células/ml. Lo que indica que si hay diferencia entre el diseño patrón y los diseños con mayores contenidos de población bacteriana. Ver tabla 54.

Tabla 54. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la tracción a los 21 días.

Resistencia a la tracción de testigos cilindricos (kg/cm ²)						
(I) Dosificación	(J) Dosificación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza para la media	
					Limite Inferior	Limite superior
DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^7 celulas/ml	-1.14000	0.58886	0.287	-3.0257	0.7457
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^8 celulas/ml	-2.16667	0.58886	0.026	-4.0524	-0.2809
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^9 celulas/ml	-3.30000	0.58886	0.002	-5.1857	-1.4143
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^7 celulas/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	1.14000	0.58886	0.287	-0.7457	3.0257
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^8 celulas/ml	-1.02667	0.58886	0.364	-2.9124	0.8591
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^9 celulas/ml	-2.16000	0.58886	0.260	-4.0457	-0.2743
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^8 celulas/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	2.16667	0.58886	0.260	0.2809	4.0524
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^7 celulas/ml	1.02667	0.58886	0.364	-0.8591	2.9124
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^9 celulas/ml	-1.13333	0.58886	0.291	-3.0191	0.7524
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^9 celulas/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3.30000	0.58886	0.002	1.4143	5.1857
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^7 celulas/ml	2.16000	0.58886	0.026	0.2743	4.0457
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10^8 celulas/ml	1.13333	0.58886	0.291	-0.7524	3.0191

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

En la Figura 42, se puede observar los resultados de grafico de medias de la prueba T student, donde se verificaron las medias de la resistencia a la compresión de testigos en (kg/cm²) el mismo que representa una variación progresiva entre el diseño patrón, y diseño con adición de población bacteriana de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml de Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la compresión a los 21 días.

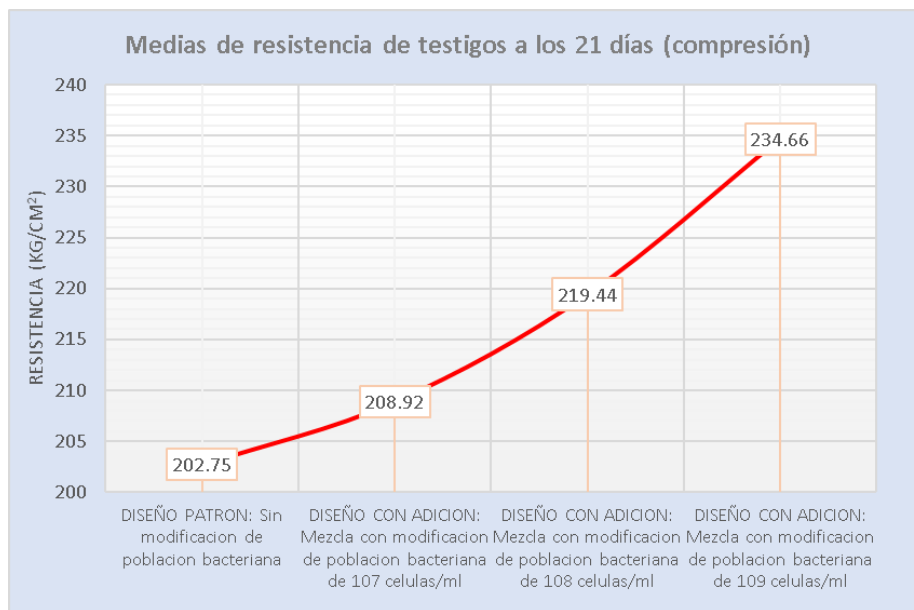


Figura 42. Medias de resistencia de testigos a los 21 días (compresión)

En la Figura 43, se puede observar los resultados de grafico de medias de la prueba T student, donde se verificaron las medias de la resistencia a la compresión de testigos en (kg/cm²) el mismo que representa una variación progresiva entre el diseño patrón, y diseño con adición de población bacteriana de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml de Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la compresión a los 21 días.

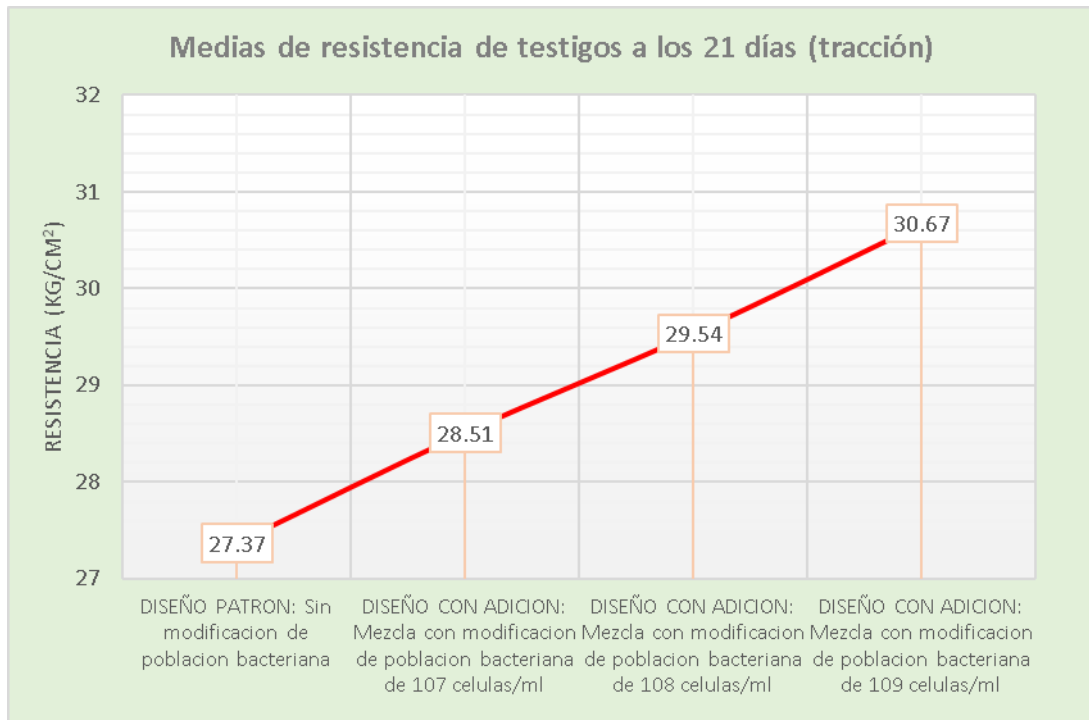


Figura 43. Medias de resistencia de testigos a los 21 días (tracción)

4.8.13. Análisis estadístico descriptivo de la resistencia mecánica a los 28 días

En el análisis estadístico descriptivo se calculó la media de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio tanto para la resistencia a la compresión como para la resistencia a la tracción, como se muestra en la Tabla 55.

Tabla 55. Análisis descriptivo de la resistencia mecánica a los 28 días.

Resistencia mecánica de testigos cilíndricos (kg/cm ²)									
	Dosificación	N	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Desv. Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo
				Limite Inferior	Limite superior				
Resistencia a la compresión	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	213.5700	207.8799	219.2601	2.2906	1.3225	211.31	215.89
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	3	219.9200	218.8160	221.0240	0.4444	0.2566	219.57	220.42
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	3	235.9500	229.5248	242.3752	2.5865	1.4933	233.65	238.75
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	3	255.0667	251.9180	258.2153	1.2675	0.7318	253.66	253.12
Resistencia a la tracción	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	28.8100	26.2499	31.3701	1.0306	0.5950	27.66	29.65
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	3	30.0067	28.7710	31.2423	0.4974	0.2872	29.54	30.53
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	3	31.7567	30.3285	33.1848	0.5749	0.3319	31.11	32.21
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	3	33.3367	21.2127	35.4606	0.8550	0.4936	32.54	34.24

Fuente: IBM SPSS Estatistics 23.

Del mismo modo, se determinó las medias de la resistencia a la compresión a una edad de 28 días de fraguado, obteniendo la media de la muestra patrón de 213.57 kg/cm² y la media de las muestras con modificación de población bacteriana de 236.98 kg/cm², como se muestra en la Tabla 56.

Tabla 56. *Análisis descriptivo de la resistencia a la compresión a los 28 días.*

Resistencia mecanica de testigos cilindricos (kg/cm ²)								
Dosificación	N	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Desv. Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo
			Limite Inferior	Limite superior				
DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	213.57	207.8799	219.2601	2.29059	1.32247	211.31	215.89
DISEÑO CON ADICION: adiccion de poblacion bacteriana a los 28 días	9	236.98	233.4196	240.5382	1.4328	0.8272	235.63	237.43
Total	12	231.1267	227.0347	235.2187	1.6472	0.9510	229.55	232.05

Fuente: IBM SPSS Estatistics 23.

Simultáneamente, se determinó las medias de la resistencia a la tracción a una edad de 28 días de fraguado, obteniendo la media de la muestra patrón de 28.81 kg/cm² y la media de las muestras con modificación de población bacteriana de 30.70 kg/cm², como se muestra en la Tabla 57.

Tabla 57. *Análisis descriptivo de la resistencia a la tracción a los 28 días.*

Resistencia mecanica de testigos cilindricos (kg/cm ²)								
Dosificación	N	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Desv. Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo
			Limite Inferior	Limite superior				
DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	3	28.81	26.2499	31.3701	1.0306	0.5950	27.66	29.65
DISEÑO CON ADICION: adiccion de poblacion bacteriana a los 28 días	9	31.70	26.7707	33.2959	0.6425	0.3709	31.06	32.33
Total	12	30.9775	26.6405	32.8145	0.7395	0.4269	30.21	31.66

Fuente: IBM SPSS Estatistics 23.

4.8.14. Prueba de normalidad de datos resistencia mecánica a los 28 días contraste de normalidad

Considerando la hipótesis alterna:

Ha: la incorporación de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en poblaciones bacterianas de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml incrementará la

resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² para edades de 7, 14, 21 y 28 días, Ate, Lima – 2020.

Se determinó la semejanza con la función gaussiana, de acuerdo a la regla:

Si: Sig. \leq 0.05; entonces, hay un comportamiento no paramétrico.

Si: Sig. $>$ 0.05; entonces, hay un comportamiento paramétrico.

Como se aprecia en los resultados de la prueba de normalidad de la resistencia a la compresión a los 28 días de la Tabla 58, el diseño patrón tiene el valor de sig. (0.957), por lo que se deduce que tiene un comportamiento paramétrico, de la misma forma, el diseño con adición de población bacteriana tiene un valor de sig. (0.549), por lo cual se asume que tiene un comportamiento paramétrico.

Tabla 58. Prueba de normalidad resistencia a la compresión a los 28 días.

Pruebas de normalidad (Resistencia a la compresión)						
Descripción de Muestras	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	0.178	3	-	0.999	3	0.957
DISEÑO CON ADICION: adición de población bacteriana a los 28 días	0.273	9	-	0.943	9	0.549

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

Como se aprecia en los resultados de la prueba de normalidad de la resistencia a la tracción a los 28 días de la Tabla 59, el diseño patrón tiene el valor de sig. (0.497), por lo que se deduce que tiene un comportamiento paramétrico, de la misma forma, el diseño con adición de población bacteriana tiene un valor de sig. (0.680), por lo cual se asume que tiene un comportamiento paramétrico.

Tabla 59. Prueba de normalidad resistencia a la tracción a los 28 días.

Pruebas de normalidad (Resistencia a la tracción)						
Descripción de Muestras	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	0.285	3	-	0.932	3	0.497
DISEÑO CON ADICION: adición de población bacteriana a los 28 días	0.242	9	-	0.964	9	0.680

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

En la Figura 44 se puede apreciar el diagrama de cajas de los resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días. Donde (0) corresponde a la muestra patrón, (1) muestra con población bacteriana de 10^7 células/ml, (2) muestra con población bacteriana de 10^8 células/ml y (3) muestra con población bacteriana de 10^9 células/ml.

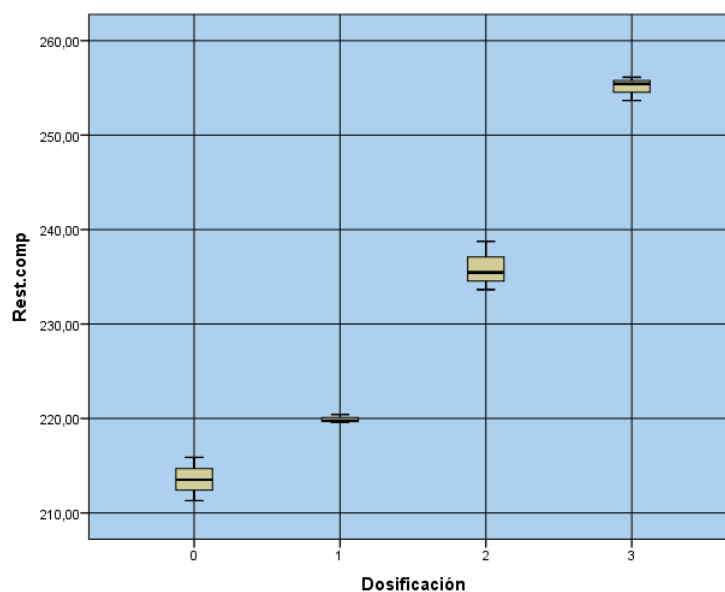


Figura 44. Diagrama de cajas compresión 28 días

En la Figura 45 se puede apreciar el diagrama de cajas de los resultados de la resistencia a la tracción a los 28 días. Donde (0) corresponde a la muestra patrón, (1) muestra con población bacteriana de 10^7 células/ml,

(2) muestra con población bacteriana de 10^8 células/ml y (3) muestra con población bacteriana de 10^9 células/ml.

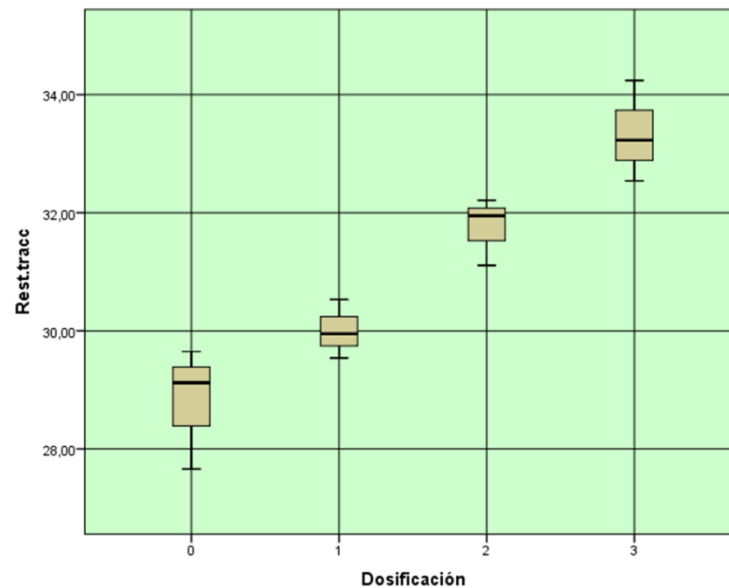


Figura 45. Diagrama de cajas tracción 28 días

4.8.15. Análisis inferencial prueba de hipótesis de resistencia mecánica a los 28 días

Teniendo como hipótesis nula:

H₀: La bacteria *Sporosarcina Pasteurii* en poblaciones bacterianas de 10^7 , 10^8 y 10^9 células/ml no incrementará la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² para edades de 7, 14, 21 y 28 días, Ate, Lima – 2020.

Y teniendo como regla la aceptación o rechazo de la Hipótesis nula:

Si: Sig. \leq 0.05; entonces, se rechaza la hipótesis nula.

Si: Sig. $>$ 0.05; entonces, se acepta la hipótesis nula.

Al tratarse de un comportamiento paramétrico se realizó la prueba de T student, como se muestra en la Tabla 60.

Tabla 60. Prueba de T student de resistencia mecánica a los 28 días.

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación Estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza para la media				
				Limite Inferior	Limite superior			
Par 1: Dosificación - Resistencia Compresión	-229.62667	15.70050	4.53234	-239.6023	-219.6510	-50.661	12	0.000
Par 2: Dosificación - Resistencia Tracción	-29.47750	0.91414	0.26389	-30.0583	-28.8967	-111.704	12	0.000

Fuente: IBM SPSS Estatistics 23

Dado los resultados de T student en la Tabla 60 para la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² evaluado a los 28 días, se obtuvieron resultados en la significancia de (0.000), se pudo deducir que, al ser la significancia un valor menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula aceptando así la hipótesis alterna, que la incorporación de la bacteria Sporosarcina Pasteurii en poblaciones bacterianas de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml incrementará la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm² para edades de 7, 14, 21 y 28 días, Ate, Lima – 2020.

4.8.16. Comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 28 días.

Se realizó la comparación múltiple de la resistencia a la compresión a una edad de 28 días del diseño patrón con los diseños con adición de diferente población bacteriana en células/ml de Sporosarcina Pasteurii. De la prueba post-hoc de Tukey, podemos observar que el diseño patrón y los diseño con adición de población bacteriana de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ presentan una significancia de (0.013), (0.000) y (0.000) los cuales son mayores a (0.05), lo que indica que si hay diferencia entre el diseño patrón y los diseños con contenidos de población bacteriana. Ver Tabla 61.

Tabla 61. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la compresión a los 28 días.

Resistencia a la compresión de testigos cilindricos (kg/cm ²) - HSD Tukey						
(I) Dosificación	(J) Dosificación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza para la media	
					Limite inferior	Limite superior
DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	-6.35000	1.51332	0.013	-11.1962	-1.5038
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	-22.38000	1.51332	0.000	-27.2262	-17.5338
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	-41.49667	1.51332	0.000	-46.3429	-36.6505
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	6.35000	1.51332	0.013	1.5038	11.1962
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	-16.03000	1.51332	0.000	-20.8762	-11.1838
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	-35.14667	1.51332	0.000	-39.9929	-30.3005
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	22.38000	1.51332	0.000	17.5338	27.2262
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	16.03000	1.51332	0.000	11.1838	20.8762
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	-19.11667	1.51332	0.000	-23.9629	-14.2705
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁹ celulas/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificacion de poblacion bacteriana	41.49667	1.51332	0.000	36.6505	46.3429
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁷ celulas/ml	35.14667	1.51332	0.000	30.3005	39.9929
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificacion de poblacion bacteriana de 10 ⁸ celulas/ml	19.11667	1.51332	0.000	14.2705	23.9629

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

Del mismo modo, se realizó la comparación múltiple de la resistencia a la tracción a una edad de 28 días del diseño patrón con los diseños con adición de diferente población bacteriana en células/ml de *Sporosarcina Pasteurii*.

De la prueba post-hoc de Tukey, podemos observar que el diseño patrón y el diseño con adición de población bacteriana de 10⁷ y 10⁸ presentan una significancia de (0.299) y (0.070) el cual es mayores a (0.05) lo que significa que no existe una diferencia significativa entre el diseño patrón

y la muestra con adición bacteriana de 10^7 y 10^8 células/ml. De mismo modo, podemos observar que el diseño patrón y el diseño con adición de población bacteriana de 10^9 presentan una significancia de (0.000) el cual es menor a (0.05) lo que significa que si existe una diferencia significativa entre el diseño patrón y la muestra con adición bacteriana de 10^9 células/ml. Lo que indica que si hay diferencia entre el diseño patrón y los diseños con mayores contenidos de población bacteriana. Ver Tabla 62.

Tabla 62. Comparaciones múltiples con HSD Tukey de la resistencia a la tracción a los 28 días.

Resistencia a la tracción de testigos cilindricos (kg/cm^2)						
(I) Dosificación	(J) Dosificación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza para la media	
					Limite inferior	Limite superior
DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^7 células/ml	-1.19667	0.62864	0.299	-3.2098	0.8164
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^8 células/ml	-2.94667	0.62864	0.070	-4.9598	-0.9336
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^9 células/ml	-4.52667	0.62864	0.000	-6.5398	-2.5136
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^7 células/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	1.19667	0.62864	0.299	-0.8164	3.2098
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^8 células/ml	-1.75000	0.62864	0.090	-3.7631	0.2631
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^9 células/ml	-3.33000	0.62864	0.003	-5.3431	-1.3169
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^8 células/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	2.94667	0.62864	0.007	0.9336	4.9598
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^7 células/ml	1.75000	0.62864	0.090	-0.2631	3.7631
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^9 células/ml	-1.57000	0.62864	0.132	-3.5931	0.4331
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^9 células/ml	DISEÑO PATRON: Sin modificación de población bacteriana	4.52667	0.62864	0.000	2.5136	6.5398
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^7 células/ml	3.33000	0.62864	0.003	1.3169	5.3430
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con modificación de población bacteriana de 10^8 células/ml	1.58000	0.62864	0.132	-0.4331	3.5931

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

En la Figura 46, se puede observar los resultados de grafico de medias de la prueba T student, donde se verificaron las medias de la resistencia a la compresión de testigos en (kg/cm²) el mismo que representa una variación progresiva entre el diseño patrón, y diseño con adición de población bacteriana de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml de Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la compresión a los 28 días.

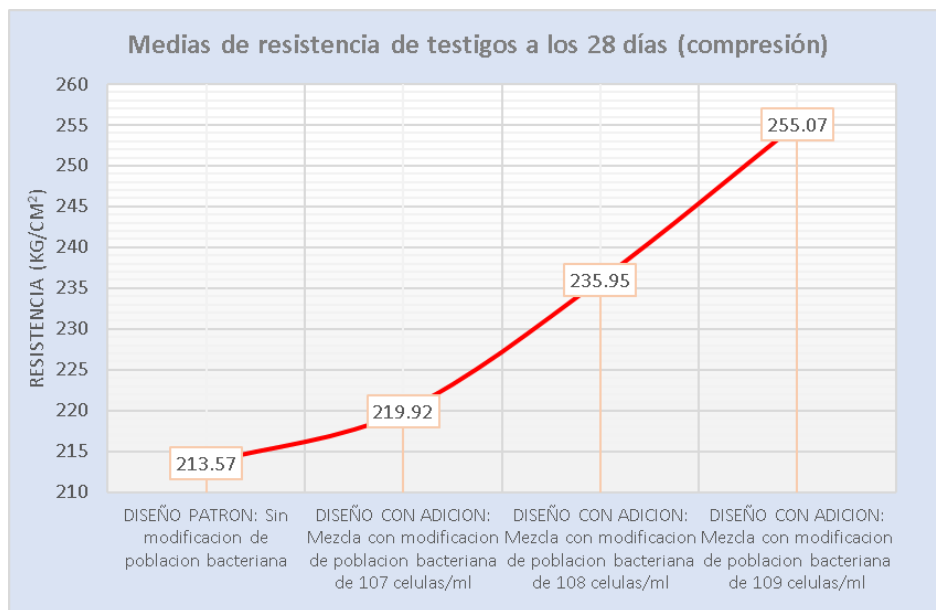


Figura 46. Medias de resistencia de testigos a los 28 días (compresión)

En la Figura 47, se puede observar los resultados de grafico de medias de la prueba T student, donde se verificaron las medias de la resistencia a la compresión de testigos en (kg/cm²) el mismo que representa una variación progresiva entre el diseño patrón, y diseño con adición de población bacteriana de 10⁷, 10⁸ y 10⁹ células/ml de Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la compresión a los 28 días.

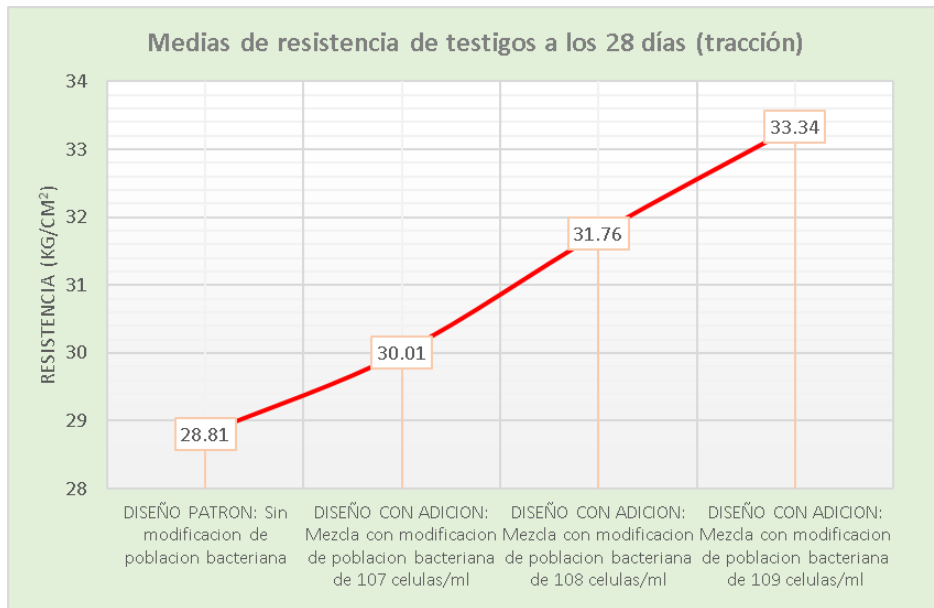


Figura 47. Medias de resistencia de testigos a los 28 días (tracción)

V. Discusión

De acuerdo a los resultados de Manzanares Cristina (España) en su tesis de doctorado donde se obtuvo a los 3 días de fraguado una optimización en la resistencia a la compresión en relación a la muestra de control de 30.76% (19.24 N/mm² – 196 kg/cm² a 25.16 N/mm² - 256.56 kg/cm²), a los 7 días de fraguado una aumento en la resistencia a la compresión en relación a la muestra de control de 46.15% (23.66 N/mm² – 241.26 kg/cm² a 34.58 N/mm² – 358.62 kg/cm²), a los 28 días de iniciado el fraguado una mejora en la resistencia a la compresión en relación a la muestra de control de 32.21% (34.52 N/mm² – 352.01 kg/cm² a 45.72 N/mm² – 466.21 kg/cm²). Por otra parte, a los 3 días de iniciado el fraguado una mejora en la resistencia a la tracción en relación a la muestra de control de 13.75% (3.78 N/mm² – 38.54 kg/cm² a 4.30 N/mm² – 43.85 kg/cm²), a los 7 días de iniciado el fraguado una mejora en la resistencia a la tracción en relación a la muestra de control de 14.28% (4.72 N/mm² – 48.13 kg/cm² a 5.28 N/mm² – 53.84 kg/cm²), a los 28 días de iniciado fraguado una mejora en la resistencia a la tracción en relación a la muestra de control de 18.15% (4.85 N/mm² – 49.46 kg/cm² a 5.74 N/mm² – 58.53 kg/cm²). Por lo que podemos deducir que, si bien se ha conseguido un aumento considerable tanto en la resistencia a la compresión como en la resistencia a la tracción con respecto a la muestra patrón, sin embargo, los resultados porcentuales son menores a los obtenidos en la tesis de Manzanares Cristina.

Por otra parte, los estudios realizados por Henk Jonkers (Holanda) el cual en su tesis de doctorado se define como objetivo identificar la efectividad de la bacteria bio precipitadoras de carbonato de calcio con una concentración bacteriana de 10⁹ células/ml, por intermedio de la aplicación de lactato de calcio que presentan propiedades de resistencia a la compresión amigables y compatibles con el concreto. Concluyendo que, en base a las pruebas de compresión de concreto, que los resultados mediante la técnica de encapsulamiento en el concreto de las bacterias, obtuvieron una mejora en un 20% en promedio en relación a la muestra de control.

Por lo tanto, se puede apreciar que existe una gran cercanía porcentual respecto a los resultados obtenidos por Henk Jonkers (20%) con respecto al mayor porcentaje obtenido en la presente tesis (19.76%).

VI. Conclusiones

1. Para el diseño patrón de resistencia promedio $f'c$ 210 kg/cm², en el ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos a los 7, 14, 21 y 28 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 172.86 kg/cm², 190.08 kg/cm², 202.90 kg/cm² y 213.57 kg/cm² respectivamente; equivalente al 82.31%, 90.51%, 96.62% y 101.70% de la resistencia especificada a los 7, 14, 21 y 28 días, superando así el porcentaje de resistencia estimada requerido de 80% para 7 días, 90% para los 14 días, 95% a los 21 días y 100% a los 28 días.
2. Para el diseño modificado con una población bacteriana de 10⁷ células/ml de Sporosarcina Pasteurii de resistencia promedio $f'c$ 210 kg/cm² en el ensayo de resistencia a compresión de testigos cilíndricos a los 7, 14, 21 y 28 días se obtuvo como resultado 175.93kg/cm²,193.53 kg/cm², 208.92 kg/cm² y 219.92 kg/cm² respectivamente; equivalente al 83.78%, 92.16%, 99.49%, 104.72% de la resistencia especificada a los 7, 14, 21 y 28 días, superando así el porcentaje de resistencia estimada requerido de 80% para 7 días, 90% para los 14 días, 95% a los 21 días y 100% a los 28 días.
3. Para el diseño modificado con una población bacteriana de 10⁸ células/ml de Sporosarcina Pasteurii de resistencia promedio $f'c$ 210 kg/cm² en el ensayo de resistencia a compresión de testigos cilíndricos a los 7, 14, 21 y 28 días se obtuvo como resultado 179.32kg/cm², 200.56 kg/cm², 219.43 kg/cm² y 235.95 kg/cm² respectivamente; equivalente al 85.39% , 95.50%, 104.49% y 112.36% de la resistencia especificada a los 7, 14, 21 y 28 días, superando así el porcentaje de resistencia estimada requerido de 80% para 7 días, 90% para los 14 días, 95% a los 21 días y 100% a los 28 días.
4. Para el diseño modificado con una población bacteriana de 10⁹ células/ml de Sporosarcina Pasteurii de resistencia promedio $f'c$ 210 kg/cm² en el ensayo de resistencia a compresión de testigos cilíndricos a los 7, 14, 21 y 28 días se obtuvo como resultado 183.65kg/cm², 211.70 kg/cm², 234.66 kg/cm² y 255.06 kg/cm² respectivamente; equivalente al 87.45%, 100.81%, 111.74% y 121.46% de la resistencia especificada a los 7, 14, 21 y 28 días, superando así el porcentaje de resistencia estimada requerida de 80% para 7 días, 90% para los 14 días, 95% a los 21 días y 100% a los 28 días.

5. Para el diseño patrón de resistencia a la tracción promedio $f'c$ 28.55 kg/cm², en el ensayo de resistencia a la tracción de testigos cilíndricos a los 7, 14, 21 y 28 se obtuvo como resultado 23.34 kg/cm², 25.64 kg/cm², 27.37 kg/cm², 28.81 kg/cm² respectivamente; equivalente al 81.73%, 89.81%, 95.86% y 100.91% de la resistencia estimada de 28.55 kg/cm² a los 28 días.
6. Para el diseño modificado con una población bacteriana de 10⁷ células/ml de Sporosarcina Pasteurii de resistencia a la tracción promedio $f'c$ 28.55 kg/cm² en el ensayo de resistencia a tracción de testigos cilíndricos a los 7, 14, 21 y 28 días se obtuvo como resultado 24.01kg/cm², 26.41 kg/cm², 28.51 kg/cm² y 30.01 kg/cm² respectivamente; equivalente al 84.09%, 92.49%, 99.85% y 105.11% de la resistencia estimada de 28.55 kg/cm² a los 28 días.
7. Para el diseño modificado con una población bacteriana de 10⁸ células/ml de Sporosarcina Pasteurii de resistencia a la tracción promedio $f'c$ 28.55 kg/cm² en el ensayo de resistencia a tracción de testigos cilíndricos a los 7, 14, 21 y 28 días se obtuvo como resultado 24.14 kg/cm², 27.00 kg/cm², 29.54 kg/cm² y 31.76 kg/cm² respectivamente; equivalente al 84.54%, 94.56%, 103.46%, 111.24% de la resistencia estimada de 28.55 kg/cm² a los 28 días.
8. Para el diseño modificado con una población bacteriana de 10⁹ células/ml de Sporosarcina Pasteurii de resistencia a la tracción promedio $f'c$ 28.55 kg/cm² en el ensayo de resistencia a tracción de testigos cilíndricos a los 7, 14, 21 y 28 días se obtuvo como resultado 24.56 kg/cm², 27.67 kg/cm², 30.67 kg/cm² y 33.34 kg/cm² respectivamente; equivalente al 86.01%, 96.92%, 107.43% y 116.77% de la resistencia estimada de 28.55 kg/cm² a los 28 días.
9. Luego de los resultados obtenidos en el laboratorio y el análisis estadístico, se puede deducir que:
 - a. La bacteria Sporosarcina Pasteurii influye positivamente en la resistencia mecánica del concreto $f'c$ 210 kg/cm², validando así la hipótesis general (HG) de la presente investigación.

- b. La bacteria *Sporosarcina Pasteurii* influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm², validando así la hipótesis específica 1 (HE 1) de la presente investigación.
- c. La bacteria *Sporosarcina Pasteurii* influye positivamente en la resistencia a la tracción del concreto $f'c$ 210 kg/cm², validando así la hipótesis específica 2 (HE 2) de la presente investigación.

VII. Recomendaciones

Se recomienda usar el nutriente de lactato de calcio con población bacteriana de 10^9 células/ml de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* ya con esta cantidad la resistencia mecánica del concreto aumenta en comparación a la muestra patrón y las demás adiciones.

Se recomienda usar el nutriente de lactato de calcio con población bacteriana de 10^9 células/ml de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* ya con esta cantidad la resistencia a la compresión supero el 100% de la resistencia a la compresión estimada de $f'c$ 210 kg/cm² a los 28 días.

Se recomienda usar el nutriente de lactato de calcio con población bacteriana de 10^9 células/ml de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* ya con esta cantidad la resistencia a la tracción supero el 100% de la resistencia a la tracción estimada de $f'c$ 28.55 kg/cm² a los 28 días.

Por consiguiente, observando el aumento a la resistencia mecánica del concreto con modificación de población bacteriana de *Sporosarcina Pasteurii*, en la presente investigación y rescatando estudios previos, se recomienda investigar el concreto con modificación bacteriana para concretos con resistencia diferente a $f'c$ 210 kg/cm².

Se recomienda continuar los estudios en concretos con adición de población bacteriana de *Sporosarcina Pasteurii* con respecto al crecimiento de cristales de carbonato de calcio para el curado de fisuras tanto a nivel microscópico como macroscópico.

Se recomienda continuar los estudios en concretos con adición de población bacteriana de *Sporosarcina Pasteurii* y su comportamiento con el acero de refuerzo.

Referencias

ALCARAZ, Jesús. PARRA, Carlos. Hormigones auto- regenerantes: mecanismos y procesos de autosellado de fisuras. Departamento de arquitectura y tecnología de la edificación [en línea]. Anuario de jóvenes investigadores, Vol. 8, 2015. [Fecha de consulta 17 de setiembre de 2020]

Disponible en <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5371/hac.pdf?sequence=1>

ANBU, Periasamy. KANG, Chang-Ho. SHIN, Yu-Jin. Formations of calcium carbonate minerals by bacteria and its multiple applications. Springer Plus. Republic of Korea [en línea]. Vol. 5. Article 250, 2016. [Fecha de consulta 17 de setiembre de 2020]

Disponible en <https://springerplus.springeropen.com/articles/10.1186/s40064-016-1869-2#citeas>

ARNALIZ, Carmen. ISAC, Laura. LEBRATO, Julian. Determinación de la biomasa en procesos biológicos. I. Métodos directos e indirectos. Grupo de tratamiento de aguas residuales. Escuela Universitaria Politécnica [en línea]. Universidad de Sevilla. Tecnología del agua, 2000. [Fecha de consulta 15 de agosto de 2020]

Disponible en https://www.researchgate.net/publication/323878369_Determinacion_de_la_biomasa_en_procesos_biologicos_I_Metodos_directos_e_indirectos

ARRIETA, Rodríguez, MARCO, Tulio. Biomineralización aplicada a la mitigación de procesos erosivos superficiales, en un suelo tropical de la ciudad de Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Maestría en Ingeniería – Geotecnia. Tesis de grado. En [línea] 2016. [Fecha de consulta 15 de agosto de 2020]

Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/11055327.pdf>

ATLAS, Ronald. Handbook of microbiological media. Taylor & Francis Group [línea]. Washington, D.C. Cuarta Edición. 2010. [Fecha de consulta 16 de agosto de 2020]

Disponible en

<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=NpbLBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=P>

[P1&dq=Handbook+of+microbiological+media.+Taylor+%26+Francis+Group&ots=QBh-u0WoEH&sig=Egt8giOS5CxSqeAgiJPA85EB1Ng#v=onepage&q=Handbook%20of%20microbiological%20media.%20Taylor%20%26%20Francis%20Group&f=false](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00036810802284444)

ISBN: 9781439804063

BANG, Sookie. GALINAT, Johnna. Calcite precipitation induced by polyurethane-immobilized *Bacillus pasteurii*. EEUU. Department of Chemistry and Chemical Engineering, South Dakota School of Mines and Technology [línea]. Elsevier, Vol. 28. 2001. [Fecha de consulta 16 de agosto de 2020]

Disponible en <https://europepmc.org/article/med/11240198>

BORJA, Manuel. Metodología de la Investigación Científica para ingenieros [línea]. Chiclayo, 2016. [Fecha de consulta 16 de agosto de 2020]

Disponible en

https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil

BRANDAO, Pedro. LIZARAZO, Juan. MONTAÑO, Sandra. Aislamiento de bacterias formadoras de calcita presentes en muestras de cemento de Colombia. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá [línea]. Trabajo de pregrado, Programa académico: Biología, 2013. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2020]

Disponible en

http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001083791

BRANDAO, Pedro. LIZARAZO, Juan. MONTAÑO, Sandra. Calcium carbonate induced precipitation by native bacteria with potential use in biotechnological applications. VI International Conference on Environmental, Industrial and Applied Microbiology BioMicroWorld2015 [línea]. Barcelona, España, 2015. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2020]

Disponible en

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001083791

CHAHAL, Navneet. SIDDIQUE, Rafat. RAJOR, Anita. Influence of bacteria on the compressive strength, water absorption and rapid chloride permeability of concrete incorporating silica fume. Punjab, India. Department of Biotechnology and Environmental Sciences [línea]. Thapar University. Elsevier, Vol. 37, 2012. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2020]

Disponible en

https://www.academia.edu/21994812/Influence_of_bacteria_on_the_compressive_strength_water_absorption_and_rapid_chloride_permeability_of_concrete_incorporating_silica_fume

CHAHAL, Navneet. SIDDIQUE, Rafat. RAJOR, Anita. Influence of bacteria on the compressive strength, water absorption and rapid chloride permeability of fly ash concrete [línea]. Punjab, India. Department of Biotechnology and Environmental Sciences, Thapar University. Elsevier, Vol. 28, 2011. [Fecha de consulta 24 de agosto de 2020]

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061811003965#:~:text=Bacteria%20S.,the%20age%20of%2028%20days.&text=The%20increase%20in%20compressive%20strength,bacterial%20induced%20calcium%20carbonate%20precipitation.>

DÁVILA, Gladys. El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales [línea]. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas, Venezuela. Revista de Educación Laurus, vol. 12, 2006. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2020]

Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>

DE MUYNCK, Willem. DE BELIE, Nele. VERSTRAETE, Willy. Microbial carbonate precipitation in construction materials [línea]. Ecological Engineering Vol. N° 36, 2010. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2020]

Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/223728526_Microbial_carbonate_precipitation_in_construction_materials_A_review

DE ROOIJ, Mario. VAN TITTELBOOM, Kim. DE BELIE, Nele. SCHLANGEN, Erik. Selfhealing Phenomena in Cement-Based Materials. State of the Art Report of RILEM Technical Committee 221-SHC, Selfhealing Phenomena in Cement Based Materials [línea]. Springer. Volumen N° 11, 2013. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2020]

Disponible en <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-6624-2>

ISBN: 9789400766235

ECHEVARRÍA, Yuri. Protección de especies de lantanidos por intercalación en silicatos y aluminosilicatos laminares [línea]. Universidad de Chile. Programa de doctorado en Química. Chile, 2011. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2020]

Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105219>

EGAS, Diego. Microscopía electrónica: Fundamentos, teoría y aplicaciones [línea]. Tesis de grado. Escuela politécnica nacional. Facultad de ingeniería eléctrica. Quito – Ecuador, 1998. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2020]

Disponible en <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10421>

EL ENEIN, Abo. TALKHAN, Fatma. Application of microbial biocementation to improve the physico-mechanical properties of cement mortar [línea]. Egipto. Housing and Building National Research Center. HBRC Journal. Vol. 9, 2013. [Fecha de consulta 21 de agosto de 2020]

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687404812000260>

GANENDRA, Giovanni. DE MUYNCK, Willem. HO, Adrian. [et.al.]. Formate oxidation Driven Calcium Carbonate Precipitation by Methylocystis parvus OBBP [línea]. Volume N° 80, 2014. [Fecha de consulta 10 de agosto de 2020]

Disponible en <https://aem.asm.org/content/80/15/4659.short>

GIRALDO, Nicolas. Autorreparación de fisuras en concreto rígido para pavimentos mediante la adición de bacterias bioprecipitadoras de carbonato de calcio -estado del arte y diseño experimental [línea]. Maestría en Ingeniería – Geotecnia. Tesis de grado. 2016. [Fecha de consulta 16 de agosto de 2020]

Disponible en <https://docplayer.es/71528017-Nicolas-giraldo-mora-directora-dra-gloria-ines-beltran-calvo-profesora-asociada-a-la-universidad-nacional-de-colombia.html>

HERNÁNDEZ, Roberto. FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del pilar. Metodología de la investigación [línea]. 6ta ed. México. MCGRAW-HILL, 2014. [Fecha de consulta 16 de agosto de 2020]

Disponible en

<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

ISBN: 9781456223960

HURTADO, Jacqueline. Metodología de la Investigación Holística [línea]. 3ra ed. Caracas. Fundacion Sypal, 2000. [Fecha de consulta 16 de agosto de 2020]

Disponible en <https://ayudacontextos.files.wordpress.com/2018/04/jacqueline-hurtado-de-barrera-metodologia-de-investigacion-holistica.pdf>

ISBN: 9806306066

MIHASHI Nishiwaki. Development of Engineered Self-Healing and Self-Repairing Concretell. Journal of Advanced Concrete Technology [línea]. Materials, Structures and Environment.2012. [Fecha de consulta 05 de agosto de 2020]

Disponible en https://www.jstage.jst.go.jp/article/jact/10/5/10_170/article/-char/ja/

JONKERS Henk, M. Bacteria based self-healing concrete [línea]. Delft University of Technology. Heron Journal. Vol. Nº 56, 2011. [Fecha de consulta 16 de agosto de 2020]

Disponible en <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43864057/1.pdf?1458321102>

JONKERS Henk, THIJSEN Arjan, MUYZER Gerard, [et. al.]. Application of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete [línea]. Department of Materials and Environment. Elsevier, 2008. [Fecha de consulta 15 de agosto de 2020]

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857409000202>

LAKSHMI, Meera. ELDHOSE, Cheriyan. Durability and Self-Healing Behaviour of bacterial impregnated concrete [línea]. India. International journal of innovative research in science, Engineering and Technology. Vol. 5, 2016. [Fecha de consulta 15 de agosto de 2020]

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817313752>

MARTINEZ, Diego. Concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraída de canteras localizadas en el sur de la sabana de Bogotá [línea]. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Maestría en Ingeniería Estructuras. Bogotá D.C. 2010. [Fecha de consulta 04 de agosto de 2020]

Disponible en <http://bdigital.unal.edu.co/8825/>

MENDES, José. Caracterización y estudio tecnológico de arcillas del estado de Bahía Brasil, para la obtención de materiales cerámicos tradicionales [línea]. Universidad de Santiago de Compostela. España, 2009. [Fecha de consulta 03 de agosto de 2020]

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=109703>

MOLINA, Kenneth. Evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de horno [línea]. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería Civil. Guatemala, 2006. [Fecha de consulta 03 de agosto de 2020]

Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2608_C.pdf

MONTOYA, Carolina. MÁRQUEZ, Marco. LÓPEZ, Jesús [et.al.]. Caracterización de cristales de calcita bioprecipitada por un aislamiento nativo de *Bacillus subtilis* [línea]. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Revista Colombiana de Biotecnología, Vol. 7, 2005. [Fecha de consulta 03 de agosto de 2020]

Disponible en

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/492/0>

MONTOYA, Laura. Evaluación del desempeño del cemento pórtland tipo III adicionado con sílice de diferentes tamaños de partícula [línea]. Tesis de pregrado Universidad Nacional de Colombia. Facultad de minas. Medellín, 2009. [Fecha de consulta 03 de agosto de 2020]

Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/11051312.pdf>

MORS, Renée. JONKERS, Henk. Bacteria based self-healing concrete an introduction. Universidad Tecnológica de Delft, facultad de Ingeniería Civil y Geociencias. V International Student Workshop on Durability of Reinforced Concrete: From Composition to Service Life Design [línea]. Amsterdam, the Netherlands, 2012. [Fecha de consulta 03 de agosto de 2020]

Disponible en <http://resolver.tudelft.nl/uuid:e8436dfd-3eb8-4105-a11b-a9cd0158e9f2>

ISBN: 9789513878993

Organización Mundial de la Salud. Manual de Bioseguridad en el Laboratorio [línea]. 3ª. ed. Ginebra. Ediciones de la OMS, 2005. [Fecha de consulta 03 de agosto de 2020]

Disponible en

https://books.google.com.pe/books?id=Z3NV_StRaF8C&pg=PA30&dq=niveles+de

[+bioseguridad&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiV-qeOiczAhVTKrkGHZ6hBowQ6AEwAHoECAEQAg#v=onepage&q&f=true](#)

ISBN: 9243546503

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: cuantitativa, cualitativa y mixta [en línea]. 1ra ed. Editorial San Marcos, Lima. 2010. [Fecha de consulta 03 de agosto de 2020]

Disponible en

<https://books.google.com.pe/books?id=LC4MxQEACAAJ&dq=valderrama+investigaci%C3%B3n+libro&hl=es->

[419&sa=X&ved=2ahUKEwj3_KG8yersAhUrK7kGHarOCUuQ6AEwAHoECAMQA](#)

[Q](#)

ISBN: 9786123028787

Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia

TÍTULO: INFLUENCIA DE LA BACTERIA SPOROSARCINA PASTEURII EN LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO F´C 210 KG/CM ² , ATE, LIMA - 2020						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE E INDICADORES			METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Tipo de investigación la investigación es aplicada
¿Cómo influye la Bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia mecánica del concreto f´c 210 kg/cm ² Ate, Lima - 2020	Determinar la influye la Bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia mecánica del concreto f´c 210 kg/cm ² , Ate, Lima - 2020	La Bacteria Sporosarcina Pasteurii influye positiva y beneficiosamente en la resistencia mecánica del concreto f´c 210 kg/cm ² Ate, Lima - 2020	Sporosarcina pasteurii	D1 Cultivo D2 Población	I1 Medios de cultivo (bacteriológica American Type Culture Collection (ATCC)) I2 Cantidad (células/ml)	Diseño de investigación experimental de corte transversal Metodo de investigacion aplicada/explicativo
Objetivos especificos:	Objetivos específicos	Hipótesis específica	Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Población concreto 210kg/cm ² concreto 210kg/cm ² con adición de la bacteria sporosarcina pasteurii (10 ⁷ , 10 ⁸ y 10 ⁹ células/ml) Muestreo certificados de ensayos de materiales Muestra 96 probetas cilíndricas de 4" x 8" de concreto f´c=210kg/cm ² convencional y con adición de población bacteriana
¿Cómo influye la Bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la compresión del concreto f´c 210 kg/cm ² , Ate, Lima - 2020	Determinar la influye la Bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la compresión del concreto f´c 210 kg/cm ² , Ate, Lima - 2020	La Bacteria Sporosarcina Pasteurii influye positiva y beneficiosamente en la resistencia a la compresión del concreto f´c 210 kg/cm ² , Ate, Lima - 2020	Resistencia mecánica	D1 Resistencia a la Compresión D2 Resistencia a la Tracción	I1: Kg/cm ² I2: Kg/cm ²	
¿Cómo influye la Bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la tracción del concreto f´c 210 kg/cm ² , Ate, Lima - 2020	Determinar la influye la Bacteria Sporosarcina Pasteurii en la resistencia a la tracción del concreto f´c 210 kg/cm ² , Ate, Lima - 2020	La Bacteria Sporosarcina Pasteurii influye positiva y beneficiosamente en la resistencia a la tracción del concreto f´c 210 kg/cm ² Ate, Lima - 2020				

Anexo 2: Certificado de máquina de ensayo tracción y compresión, verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 321 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2020.

7. Lugar de calibración

GEOCONTROL PERU SAC
Mza. E Lote.3 Asoc. Ricardo Palma - Distrito de Ate - Lima - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,0 °C	0,0 °C
Humedad Relativa	59 % HR	59 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-030-19A

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherido en el equipo.



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 321 - 2020**Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_1 (kN)	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	$F_{promedio}$ (kN)
10	100	99,5	99,7	99,6	99,6
20	200	200,2	200,3	200,3	200,3
30	300	301,0	301,1	301,1	301,1
40	400	400,4	400,5	400,4	400,4
50	500	500,2	500,4	500,4	500,3
60	600	600,0	600,1	600,2	600,1
70	700	698,8	699,0	699,0	698,9
80	800	798,4	798,7	798,7	798,6
90	900	897,3	897,4	897,5	897,4
100	1000	997,1	997,4	997,5	997,3
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100	0,37	0,15	---	0,10	0,23
200	-0,15	0,05	---	0,05	0,23
300	-0,35	0,07	---	0,03	0,23
400	-0,11	0,04	---	0,03	0,23
500	-0,07	0,05	---	0,02	0,23
600	-0,02	0,02	---	0,02	0,23
700	0,15	0,02	---	0,01	0,23
800	0,18	0,04	---	0,01	0,23
900	0,29	0,03	---	0,01	0,23
1000	0,27	0,03	---	0,01	0,23

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)

0,00 %

**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Anexo 3: Certificado de gravedad específica y absorción de los agregados.



GEOCONTROL PERÚ S.A.C.

PROYECTOS - ASESORÍA - CONSULTORÍA - SERVICIO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO Y PAVIMENTOS - ENSAYOS GEOTÉCNICOS - SUMINISTRO DE EQUIPO E INSUMOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS

TEMA : INFLUENCIA DE LA BACTERIA SPIROSAERINA PASTHUREI EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM² EN EL DISTRITO DE ATE

SOLICITANTE : ORMAECHE CELISTINO ANTONY ARIEL

CANTERA : LA MOLENA

FECHA : 17/09/2020

A GREGADO GRUESO

IDENTIFICACION				
A	PESO DE MAT. SAT. SUP. SECA EN AIRE gr.	2,435		
B	PESO DE MAT. SAT. SUP. SECA EN AGUA gr.	1,600		
C	VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS = A - B	835		
D	PESO MAT. SECO EN ESTUFA gr.	2,378		
E	VOL. DE MASA = C - (A - D)	778		
	P.c. BULK (BASE SECA) = D/C	2.85		
	P.c. BULK (BASE SATURADA) = A/C	2.92		
	P.c. APARENTE (BASE SECA) = D/E	3.06		
	% DE ABSORCION = ((A - D) - E) x 100	2.40		

A GREGADO FINO

IDENTIFICACION				
A	PESO DE MAT. SAT. SUP. SECA EN AIRE gr.	2,435		
B	PESO FRESCO + H2O gr.	1,600		
C	PESO FRESCO + H2O + A gr.	835		
D	PESO DEL MAT. + H2O EN EL FRESCO gr.	2,378		
E	VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS = C - D	778		
F	PESO MAT. SECO EN ESTUFA gr.	778		
G	VOL. DE MASA = E - (A - F)	778		
	P.c. BULK (BASE SECA) = F/E	2.85		
	P.c. BULK (BASE SATURADA) = A/E	2.92		
	P.c. APARENTE (BASE SECA) = F/G	3.06		
	% DE ABSORCION = ((A - F) - F) x 100	2.40		

Nota: las muestras fueron entregadas al laboratorio por el solicitante



José Adolfo Rodríguez Angullí
 JOSÉ ADOLFO RODRIGUEZ ANGULLI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIRAJ 98421

tel. (01) 3561901 / Rpc: 944549454 / Entel: 947103337
 geocontrolperu@hotmail.com
 www.geocontrolperu.com

Anexo 4: Certificado de peso unitario de los agregados.



GEOCONTROL PERÚ S.A.C.

PROYECTOS - ASESORÍA - CONSULTORÍA - SERVICIO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO Y PAVIMENTOS - ENSAYOS GEOTÉCNICOS - SUMINISTRO DE EQUIPO E INSUMOS

PESO UNITARIO DEL AGREGADO

TEMA : INFLUENCIA DE LA BACTERIA SPOROGARCINA PASTEURII EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO PC 110 KG/CM² EN EL DISTRITO DE ATE

SOLICITANTE : ORMAECHE CELESTINO ANTONY ABEL

CANTERA : LA MOLINA

FECHA : 17/09/2020

1. PESO UNITARIO SUELTO GRAVA

PESO DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (kg.)	4,592	4,535	4,570
PESO DEL RECIPIENTE (kg.)	0	0	0
PESO DE LA MUESTRA (kg.)	4,592	4,535	4,570
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	3,085	3,085	3,085
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1,488	1,470	1,481
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	1,480		

2. PESO UNITARIO COMPACTADO GRAVA

PESO DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (kg.)	5,154	5,098	5,120
PESO DEL RECIPIENTE (kg.)	0	0	0
PESO DE LA MUESTRA (kg.)	5,154	5,098	5,120
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	3,085	3,085	3,085
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1,671	1,653	1,660
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	1,661		

3. PESO UNITARIO SUELTO ARENA

PESO DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (kg.)	4,970	4,927	4,961
PESO DEL RECIPIENTE (kg.)	376	378	378
PESO DE LA MUESTRA (kg.)	4,594	4,549	4,583
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	3,085	3,085	3,085
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1,489	1,475	1,486
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	1,482		

Nota: las muestras fueron entregadas al laboratorio por el solicitante



JOSE ADOLFO RODRIGUEZ ANGULO
INGENIERO CIVIL
Reg.- C.O.B. 78653

Tel. (01) 3561901 / Rpc: 944549454 / Entel: 947103337
geocontrolope.ru@hotmail.com
www.geocontrolpe.ru.com

Anexo 5: Certificado de análisis granulométrico de agregado fino.



GEOCONTROL PERÚ S.A.C.

PROYECTOS - ASESORÍA - CONSULTORÍA - SERVICIO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO Y PAVIMENTOS - ENSAYOS GEOTÉCNICOS - SUMINISTRO DE EQUIPO E INSUMOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

TEMA : INFLUENCIA DE LA BACTERIA SPOROSARCINA PASTEUR EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO P C 230 KG/CM² EN EL DISTRITO DE ATE

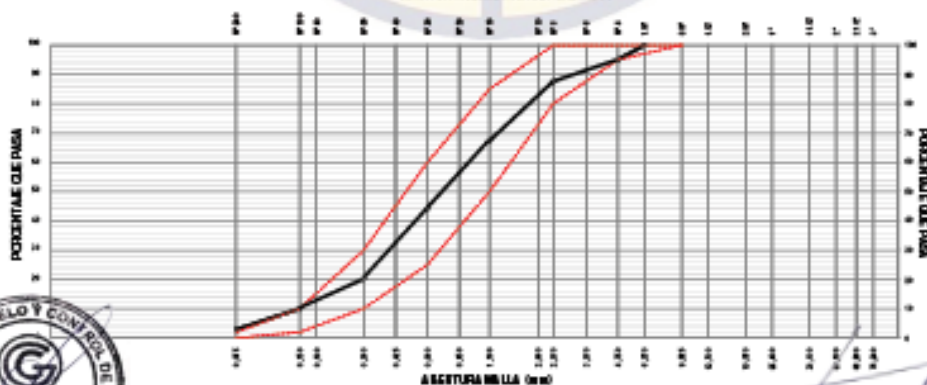
SOLICITANTE : OSMARCHE CELESTINO ANTONNY A.BEL

CANTERA : LA MOLENA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS							DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
MALLAS	MALLAS		PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	ARENA	
	SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)							
PRECEDENTE	GRUESA	7	75.00						
		210	63.50					ASTM	
		2	50.00						
		110	38.10						
		1	25.40						
	FINA	30	15.00						
		10	12.50						
		30	3.50				100		
		40	3.75				100		
		40	4.75	4.0	4.0	4.0	96.0	96.0	
PRECEDENTE	GRUESA	4	4.75	4.0	4.0	96.0	96.0		
		6	3.00						
		8	2.00	0.0	7.5	12.5	87.5	80.0	
		10	2.00						
		15	1.18	0.0	30.0	32.5	67.4	52.0	
	FINA	20	0.85						
		30	0.60	0.0	32.0	55.0	44.9	25.0	
		40	0.425						
		50	0.30	0.0	32.0	79.7	20.3	10.0	
		60	0.25	0.0					
PRECEDENTE	FINA	100	0.15	0.0	10.0	90.0	10.0	2.0	
		200	0.075	0.0	7.0	97.1	2.9		
		300	-	0.0	2.0	100.0	-		
		-	-	0.0	2.0	100.0	-		

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
ARENA	
MUESTRA N°	1
ANALIZADO POR	
FECHA EN QUE SE ANALIZÓ	17/05/2020
PESO ORIGINAL	653
PESO ESPECÍFICO	2.76
% DE ABSORCIÓN	2.65
PESO UNITARIO SEQUEADO	2.80
PESO UNITARIO VAPORADO	1403
% DE HIGROSCOPICIDAD	2
OBSERVACIONES:	
- La muestra fue sometida a un lavado por el estándar.	
- Más peso unitario para el lavado de secado, según ASTM D 155.	
Muestra de agregado:	José Adolfo Rodríguez Angulo Ingeniero Civil Reg. CIP N° 28413

CURVA GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS



Fecha de emisión:

El técnico asume toda la responsabilidad técnica de la información contenida en este documento.

Tel. (01) 3561901 / Rpc: 944549454 / Entel: 947103337
 geocontrolope@hotmai.com
 www.geocontrolope.com

JOSÉ ADOLFO RODRÍGUEZ ANGULO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 28413

Anexo 7: Certificado de diseño de mezclas para la dosificación patrón.



GEOCONTROL PERÚ S.A.C.

PROYECTOS - ASESORÍA - CONSULTORÍA - SERVICIO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO Y PAVIMENTOS - ENSAYOS GEOTÉCNICOS - SUMINISTRO DE EQUIPO E INSUMOS

DISEÑO DE MEZCLAS

TITULO : INFLUENCIA DE LA BACTERIA SÍMBIOSA *RYZHA PASTEURII* EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO P/C 210 KGF/CM² EN EL DISTRITO DE ATE

SOLICITANTE : ORMAECHE CELESTINO ANTONY ABEL

FECHA : 07/09/2020

DATOS PARA EL DISEÑO

	GRAVA	ARENA	CEMENTO
TAMAÑO MÁXIMO PULG.	3/4"	-	50L 1P
MÓDULO DE FINIZA	63.83	2.76	-
PESO UNITARIO SUELO	1.480	1.483	1.500
PESO UNITARIO VARIADO	1.361	1.076	-
PESO ESPECÍFICO	2.02	2.63	3.88
% DE ABSORCIÓN	2.4	2.9	-
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.06	2.0	-

Para 1'c	Stamp	3"	4"	210 Kgf/cm ²	
Relación agua/cemento Factor				0.538	
Agua				202 Li	
Cemento				367.394 Kg	
Peso del agregado grueso m ³				0.624	
Peso agregado grueso				1661 Kg/m ³	
VOLUMENES ABSOLUTOS					1.000 m ³
Agua				0.202 m ³	
Cemento				0.127 m ³	
Agregado Grueso				0.335 m ³	
Agr. almpale				0.02 m ³	
Agregado Fino				0.290 m ³	
CANTIDAD DE AGRREGADOS EN PESO ACI DE MEZCLA					
Agua				202 Li	
Cemento				367.394 kg	
Agregado Grueso				1036.404 kg	
Agregado Fino				776.450 kg	
CORRECCION POR HUMEDAD					
Agregado Grueso	1046.724 kg				
Agregado Fino	791.979 kg				
CORRECCION POR ABSORCION					
Agregado Grueso				-14.739 Li	
Agregado Fino				-6.969 Li	
				-21.728 Li	
CANTIDAD DE AGRREGADOS CORREGIDOS EN PESO PARA 1 M3 DE MEZCLA					
Agua				226.728 Li	
Cemento				367.394 Kg	50-60 galones 8.64 sacos
Agregado Grueso	1046.724 Kg				
Agregado Fino	791.979 Kg				
PROPORCIONES EN PESO					
Cemento				1	
Agregado Grueso				2.156	
Agregado Fino				2.949	
Agua				26.228	1 litro de cemento
1				2.156	2.949
PROPORCIONES EN VOLUMEN					
Cemento				367.394 Kg	1
Agregado Grueso	1046.724 Kg				2.156
Agregado Fino	791.979 Kg				2.949
Agua				26.228	1 litro de cemento
1				2.156	2.949

(Firma manuscrita)
JOSÉ ADOLFO RODRÍGUEZ ANGLU
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 28413



17 de setiembre del 2020

Tel. (01) 3561901 / Rpc: 944549454 / Entel: 947103337
 geocontrolperu@hotmail.com
 www.geocontrolperu.com

Anexo 8: Panel fotográfico.

Análisis Granulométrico:

Análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos proveniente de la cantera la Molina ubicado en el Distrito de la Molina, y elaborado en los ambientes del Laboratorio GEOCONTROL PERU S.A.C. de la Provincia de Lima, Distrito de Ate.



Agregado fino



Agregado grueso

Dosificación de mezcla por método ACI. Fue realizado en el laboratorio de GEOCONTROL PERÚ S.A.C. ubicado en la Mza. E Lote 3 Asociación Ricardo Palma del Distrito de Ate, Provincia y Departamento de Lima.



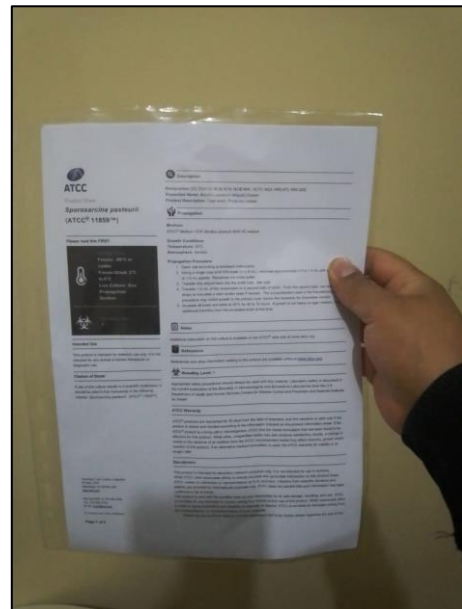
Peso de agregado fino kg/m³



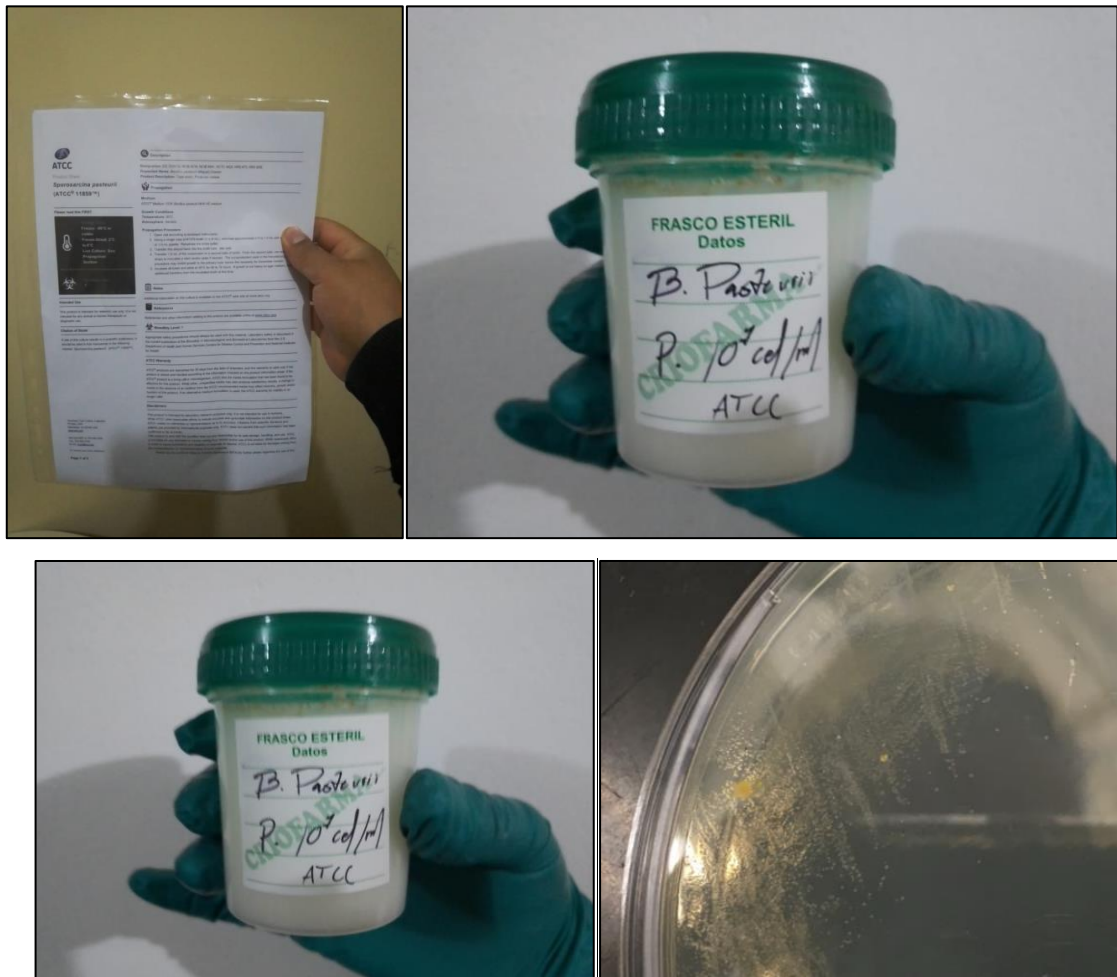
Peso de agregado grueso kg/m³



Procedimiento de cultivo de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* según medio de cultivo ATCC®11859TM.



Ficha técnica y entrega de Lactato de Calcio que incluye población bacteriana de *Sporosarcina Pasteurii*.



Medida del nutriente de lactato de calcio con población bacteriana de Sporosarcina Pasteurii en frascos esterilizados de 100 ml c/u

Elaboración de las probetas cilíndricas de 4" x 8", según el diseño de mezcla por el método ACI. Fue realizado en el laboratorio de GEOCONTROL PERÚ S.A.C. ubicado en el Distrito de Ate, Provincia y Departamento de Lima.



Ensayo de asentamiento



Rotura de concreto a una edad de 7 días de fraguado



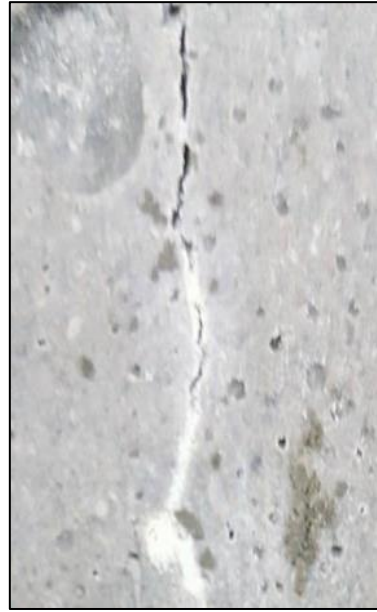
Rotura de concreto a una edad de 14 días de fraguado



Rotulación de las probetas con y sin modificación de población bacteriana



Control de resultados obtenidos durante las pruebas de rotura de probetas cilíndricas con y sin modificación bacteriana.



Observación del crecimiento de cristales de Carbonato de Calcio en fisuras en las probetas de concreto



Observación del crecimiento de cristales de Carbonato de Calcio en fisuras en las probetas de concreto

Anexo 9: Ficha técnica del cemento portland Sol tipo I (UNACEM).



CEMENTO SOL

Descripción:

- Es un Cemento Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.
- Cuenta con la fecha y hora de envasado en la bolsa en beneficio de los consumidores, ya que permite una mayor precisión en la trazabilidad.

Beneficios:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Ideal para la producción de prefabricados en concreto.

Usos:

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajes, enchapes de mayólicas y otros materiales.

Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C 150.

Formato de distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



Recomendaciones

Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

Manipulación:

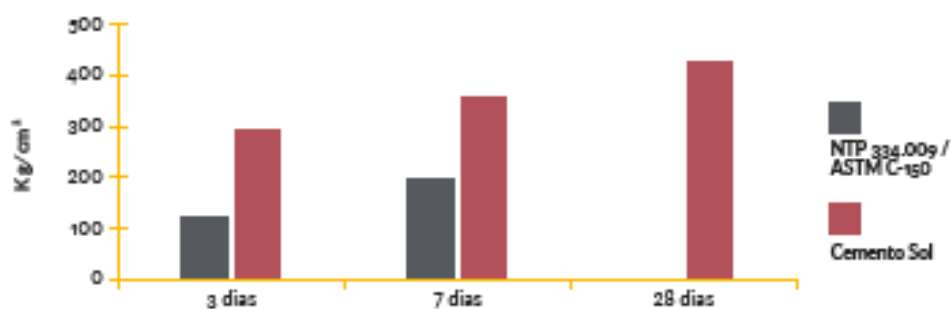
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

Requisitos mecánicos

Comparación resistencias NTP 334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol



Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Sol Tipo I	Requisitos 334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	cm²/g	3361	Máximo 2600
Densidad	g/ml	3.12	No Especifica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm²	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm²	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm²	427	No especifica
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
Composición Química			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	3.08	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.25	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.68	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C ₂ S	%	13.15	No especifica
C ₃ S	%	53.60	No especifica
C ₃ A	%	9.66	No especifica
C ₄ AF	%	9.34	No especifica

Anexo 10: Ficha técnica de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* según medio de cultivo ATCC®11859™.




Product Sheet

Sporosarcina pasteurii (ATCC® 11859™)

Please read this FIRST

Storage Temp.
Frozen: -80°C or colder
Freeze-Dried: 2°C to 8°C
Live Culture: See Propagation Section

 Biosafety Level
1

Intended Use

This product is intended for research use only. It is not intended for any animal or human therapeutic or diagnostic use.

Citation of Strain

If use of this culture results in a scientific publication, it should be cited in that manuscript in the following manner: *Sporosarcina pasteurii* (ATCC® 11859™)

American Type Culture Collection
PO Box 1549
Manassas, VA 20108 USA
www.atcc.org

800.638.8687 or 703.365.2700
Fax: 703.365.2750
Email: Tech@atcc.org

Or contact your local distributor

Page 1 of 2

Description

Designation: [22, DSM 33, NCIB 8219, NCIB 8841, NCTC 4822, NRS 673, NRS 928]
Deposited Name: *Bacillus pasteurii* (Miquel) Chester
Product Description: Type strain. Produces urease.

Propagation

Medium

ATCC® Medium 1376: *Bacillus pasteurii* NH-YE medium

Growth Conditions

Temperature: 30°C

Atmosphere: Aerobic

Propagation Procedure

1. Open vial according to enclosed instructions.
2. Using a single tube of #1376 broth (5 to 6 mL), withdraw approximately 0.5 to 1.0 mL with a Pasteur or 1.0 mL pipette. Rehydrate the entire pellet.
3. Transfer this aliquot back into the broth tube. Mix well.
4. Transfer 1.0 mL of the suspension to a second tube of broth. From the second tube, use several drops to inoculate a slant and/or plate if desired. The cryoprotectant used in the freeze-drying procedure may inhibit growth in the primary tube, hence the necessity for immediate transfer.
5. Incubate all tubes and plate at 30°C for 48 to 72 hours. If growth is not heavy on agar medium, make additional transfers from the incubated broth at this time.

Notes

Additional information on this culture is available on the ATCC® web site at www.atcc.org.

References

References and other information relating to this product are available online at www.atcc.org.

Biosafety Level: 1

Appropriate safety procedures should always be used with this material. Laboratory safety is discussed in the current publication of the Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories from the U.S. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention and National Institutes for Health.

ATCC Warranty

ATCC® products are warranted for 30 days from the date of shipment, and this warranty is valid only if the product is stored and handled according to the information included on this product information sheet. If the ATCC® product is a living cell or microorganism, ATCC lists the media formulation that has been found to be effective for this product. While other, unspecified media may also produce satisfactory results, a change in media or the absence of an additive from the ATCC recommended media may affect recovery, growth and/or function of this product. If an alternative medium formulation is used, the ATCC warranty for viability is no longer valid.

Disclaimers

This product is intended for laboratory research purposes only. It is not intended for use in humans.

While ATCC uses reasonable efforts to include accurate and up-to-date information on this product sheet, ATCC makes no warranties or representations as to its accuracy. Citations from scientific literature and patents are provided for informational purposes only. ATCC does not warrant that such information has been confirmed to be accurate.

This product is sent with the condition that you are responsible for its safe storage, handling, and use. ATCC is not liable for any damages or injuries arising from receipt and/or use of this product. While reasonable effort is made to insure authenticity and reliability of materials on deposit, ATCC is not liable for damages arising from the misidentification or misrepresentation of such materials.

Please see the enclosed Material Transfer Agreement (MTA) for further details regarding the use of this

Anexo 11: Ficha técnica de la bacteria *Sporosarcina Pasteurii* según medio de cultivo ATCC®700386™.

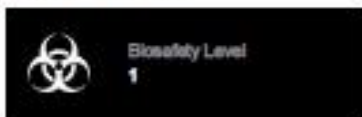


ATCC

Product Sheet

Bacillus sp. (ATCC®
700386™)

Please read this FIRST



Intended Use

This product is intended for research use only. It is not intended for any animal or human therapeutic or diagnostic use.

Citation of Strain

If use of this culture results in a scientific publication, it should be cited in that manuscript in the following manner: *Bacillus sp.* (ATCC® 700386™)

American Type Culture Collection
PO Box 1549
Manassas, VA 20108 USA
www.atcc.org

800.828.8847 or 703.365.2700
Fax: 703.365.2750
Email: Tech@atcc.org

Or contact your local distributor

Page 1 of 2

Description

Designation: 3003

Deposited Name: *Bacillus pasteurii* (Miquel) Chester

Propagation

Medium

ATCC® Medium 3: Nutrient agar or nutrient broth

Growth Conditions

Temperature: 30.0°C

Atmosphere: Aerobic

Propagation Procedure

1. Open the freeze-dried vial according to enclosed instructions.
2. Using a single tube of #3 broth (5 to 6 ml), withdraw approximately 0.5 to 1.0 ml with a Pasteur or 1.0 ml pipette. Rehydrate the pellet.
3. Aseptically transfer this aliquot back into the broth tube. Mix well.
4. Use several drops of the suspension to inoculate a #3 slant, and/or plate
5. Incubate all tubes and plate at 30°C for 24 hours.

Notes

Colonies are raised, opaque, glistening, rough, round and lobate.

Additional information on this culture is available on the ATCC web site at www.atcc.org

References

References and other information relating to this product are available online at www.atcc.org.

Biosafety Level: 1

Appropriate safety procedures should always be used with this material. Laboratory safety is discussed in the current publication of the *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories* from the U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention and National Institutes for Health.

ATCC Warranty

ATCC® products are warranted for 30 days from the date of shipment, and this warranty is valid only if the product is stored and handled according to the information included on this product information sheet. If the ATCC® product is a living cell or microorganism, ATCC lists the media formulation that has been found to be effective for this product. While other, unspecified media may also produce satisfactory results, a change in media or the absence of an additive from the ATCC recommended media may affect recovery, growth and/or function of this product. If an alternative medium formulation is used, the ATCC warranty for viability is no longer valid.

Disclaimers

This product is intended for laboratory research purposes only. It is not intended for use in humans. While ATCC uses reasonable efforts to include accurate and up-to-date information on this product sheet, ATCC makes no warranties or representations as to its accuracy. Citations from scientific literature and patents are provided for informational purposes only. ATCC does not warrant that such information has been confirmed to be accurate.

This product is sent with the condition that you are responsible for its safe storage, handling, and use. ATCC is not liable for any damages or injuries arising from receipt and/or use of this product. While reasonable effort is made to insure authenticity and reliability of materials on deposit, ATCC is not liable for damages arising from the misidentification or misrepresentation of such materials.

Please see the enclosed Material Transfer Agreement (MTA) for further details regarding the use of this product. The MTA is also available on our Web site at www.atcc.org

Additional information on this culture is available on the ATCC web site at www.atcc.org.

Anexo 12: Ficha Técnica del Lactato de Calcio (MIXOLAB PERU).

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA LACTATO DE CALCIO



1. Descripción

LACTATO DE CALCIO es una fuente de calcio de alta solubilidad, empleado en la fortificación de alimentos y en la industria farmacéutica.

2. Aplicación

Utilizado en la fortificación de bebidas. En la producción de perlas de caviar, espaguetis gelificados y esferas con rellenos líquidos. En frutas frescas mantiene la textura y extiende la vida útil.

3. Propiedades

Es una sal altamente soluble, utilizado como suplemento dietético del calcio (componente de los huesos y juega un importante papel biológico en la actividad muscular). LACTATO DE CALCIO no aporta sabor y se recomienda en todas las reacciones de esterificación inversa.

4. Dosis

30% RDA (800 mg /día)

1.3 g/porción 250 ml

Según aplicación tecnológica: 0.1 – 0.4 %

5. Origen

China.

6. Presentación

Sacos multipliego, papel kraft y bolsa interna de polipropileno. Peso neto 25 Kg.

7. Condiciones de almacenamiento

Almacenar en lugar fresco y seco, a temperatura ambiente protegido de la luz solar.

8. Vida útil

1 año.

9. Características fisicoquímicas

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN
Apariencia		Polvo blanco homogéneo.
Pureza	%	98.3
Tamaño de partícula (30mesh)	---	≥ 90%
Ca Contenido	%wt	13.4
Solubilidad en agua	g/100ml	≥ 9.0
Perdida por secado	%	22 - 27
pH		6 - 8

10. Características microbiológicas

MICROORGANISMO	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN
Recuento Total de Placas	NMP/g	≤ 300
Salmonella SPP	UFC/g	Negativo en 25 g
Coliformes (E.Coli)	---	Negativo en 25 g

11. Información Nutricional


ELEMENTO	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN
Energía	Kcal	0
Proteínas	g	---
Carbohidratos Totales	g	---
Total Grasa	g	---
Sodio	g	---

12. Metales pesados

ELEMENTO	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN
Plomo	ppm	≤ 2

La información y recomendaciones contenidas en este documento son correctas a nuestro saber y entender. Sin embargo, no debe interpretarse como una garantía respecto al uso o la eficacia. El usuario debe realizar sus propias pruebas para determinar la idoneidad de nuestro producto para sus fines específicos.

MIXO LAB PERÚ
(511) 989 997 265

 @MIXOLABPERÚ