

9. ESTUDI DEL CONJUNT MOSTRAL: ÀREA 1

L'àrea 1 es troba compresa en una zona d'abundant presència d'assentaments humans des d'època antiga. Caracteritzada per unes condicions geogràfiques singulars, compren una important diversitat de microcondicions localitzades, amb una façana marítima prou oberta i accessible, on destaca l'antic port natural de Montjuïc ³⁰¹, una continuïtat de serralades litorals, amb Collserola i el Corredor, i l'àrea prelitoral amb les planes del Vallès, emmarcades per una complexa xarxa hidrogràfica que articula el territori.

De llarga tradició historiogràfica, l'estudi del poblament protohistòric de l'àrea ha estat motivada tan per la proximitat a la ciutat de Barcelona com per la continuada remodelació paisatgística que provocà la pressió demogràfica del modern nucli urbà i el seu cinturó metropolità. La contemporània superpoblació de l'entorn tingué reflex proporcional durant el I mil·lenni a.C., especialment en la segona meitat corresponent a l'Ibèric Ple ³⁰², en un període en el qual les fonts clàssiques situen a la tribu d'ètnia ibèrica dels laietans ³⁰³.

L'entorn de l'àrea on es localitzen els jaciments amb materials subjectes a estudi (**fig. 33**) presenta poblament des de Ferro I; el model ocupacional és el d'assentaments enturonats dominadors del territori amb presència d'establiments de caire agrari a la plana, en zona de captació i control dels primers, i necròpolis d'incineració vinculades. Entre els jaciments de tradició més antiga a la zona es troben les sitges de la UAB de Cerdanyola, el Pla de la Bruguera de Castellar, Bòbila Padró i Fons de Ripollet, Pla de Sant Oleguer i

³⁰¹ Consultar cap. 9.1.1.

³⁰² J.C. Serra Ràfols hipotetitzà, a partir de les dades disponibles l'any 1942, d'una població a l'Ibèric Ple a la zona del Maresme d'aprox. 13.500 habitants; l'ocupació a tota l'àrea 1 en cronologies de s. III a.C., moment de màxim apogeu demogràfic, havia de duplicar, o fins i tot triplicar, l'esmentada quantitat. Amb el coneixement actualitzat de la qüestió, que implica fins a 300 establiments poblacionals a l'àrea 1, els càlculs anteriors foren obsolets.

SERRA RÀFOLS, J.C.(1942) "El poblamiento de la Maresma...", op.cit. 144, p. 110

BARBERÀ, J.; DUPRÉ, X. (1984) "Els laietans, assaig de síntesi", *Fonaments*, 4, pp. 31-86

SANMARTÍ, J. (1986) *La Laietania ibèrica. Estudi d'arqueologia i d'història*.

SANMARTÍ, J. et alii (1992) *Els primers pobladors...*, op.cit. 144, pp. 17-38

³⁰³ "...flumen Rubricatum, a quo laeetani et indigetes" (Gai Plini Segon, *Naturalis Historia*, III, 21)

Apart de Plini el Vell, els detallats esments d'Estrabó (*Geografia*, III, 4, 1-8), Ptolomeu (*Geographia*, II, 6, 18-72) i d'altres autors posteriors, la troballa numismàtica amb el genitiu *Laiesken* indicaria el gentilici de l'ens tribal ocupant de l'àrea.

Can Roqueta de Sabadell, Can Fatjó de Rubí, Can Fatjó d'Orons de Sant Cugat, la Bòbila Madorell de Sant Quirze, la Vinya d'en Refila i Can Carol de Polinyà, la Penya del Moro de Sant Just Desvern, Puig Castell de Vallgorguina, el poblat de Burriac o la Granja Soley de Santa Perpètua de Mogoda, desenvolupats entre els s. VII i VI a.C.³⁰⁴

D'entre els molt nombrosos poblats enturonats coetanis als jaciments que aporten materials al conjunt mostral i que, alhora, presenten restes d'objectes de ferro en destaquen Sant Miquel de Vallromanes³⁰⁵, la Torre dels Encantats d'Arenys de Mar³⁰⁶, La Torre Roja de Caldes de Montbui³⁰⁷, el Turó de Dos Pins de Cabrera de Mar³⁰⁸, el Turó de Mas Boscà de Badalona³⁰⁹, el poblat de Santa Creu d'Olorda³¹⁰ i el Turó de La Rovira de Barcelona³¹¹, a part dels nombrosos aixovars vinculats, entre d'altres indrets, a la vall de Cabrera³¹².

L'evolució demogràfica introduirà variants en el model, definint a partir del s. V a.C. possibles jerarquitzacions entre nuclis, on sembla que Burriac i,

³⁰⁴ BARBERÀ, J.; SANMARTÍ, E. (1982) *Excavacions al poblat...*, op.cit. 165

BENITO, N. *et alii* (1986) "Les excavacions al poblat ibèric de Burriac (Cabrera de Mar, el Maresme) durant l'any 1984. Resultats preliminars i noves dades estratigràfiques", *Tribuna d'Arqueologia 1984-1985*, pp. 15-23

CLOP, X. *et alii* (1998) *El Pla de ...*, op.cit. 107

MAYA, J.L. (1985) "Silos de la ...", op.cit. 106, pp. 147-218

PASCUAL, R.; BARBERÀ, J. (1965) "El yacimiento prerromano de Puig Castell (Vallgorguina, Barcelona)", *Ampurias*, XXVI-XXVII, pp. 41-42, pp. 203-204

PASCUAL, R.; BARBERÀ, J. (1980) "Burriac, un yacimiento protohistórico de la costa catalana (Cabrera de Mar, Barcelona)", *Ampurias*, 41-42, pp. 203-204

PUJOL, J. (1991) "Assaig d'interpretació de l'època ibèrica al Maresme", *Laietania*, 6, pp. 19-33

SANMARTÍ, E. *et alii* (1982) "Les troballes funeràries d'època ibèrica arcaica de la Granja Soley (Santa Perpètua de Mogoda, Vallès Occidental, Barcelona)", *Ampurias*, 44, pp. 71-103

³⁰⁵ BARBERÀ, J.; PASCUAL, R. (1970) "El poblado prerromano...", op.cit. 140, pp. 203-242

³⁰⁶ La Torre dels Encantats i Castellruf foren els únics jaciment del context en el quals, fins l'actualitat, es pogué identificar indicis d'una estructura de combustió de caire siderúrgic, a més a més dels múltiples assentaments on s'han trobat escòries de ferro. Consultar cap. 2.3.2.

BATISTA, R.; MARTIN, R. (1959): "Excavaciones en la...", op.cit. 157, pp. 273-275

SANMARTÍ, J. (1986) *La Laietania ibèrica...*, op.cit. 301, pp. 77-256

SERRA RÀFOLS, J.C. (1968) "Notes sobre la ..." op.cit. 134, pp. 14-18

³⁰⁷ FOLCH, J. *et alii* (1988) "El poblat ibèric de la Torre Roja i el conjunt termal de Caldes de Montbui (Vallès Occidental)", *Tribuna d'Arqueologia 1987-1988*, pp. 153-162

³⁰⁸ GARCIA, J. (1993) *Turó dels Dos Pins. Necrópolis ibèrica*.

³⁰⁹ ZAMORA, D. *et alii* (1991) "Fortificacions a la Laietània litoral: Burriac (Cabrera de Mar) i el Turó d'en Boscà (Badalona). Cap a un model interpretatiu de l'evolució del poblament ibèric laietà", *Fortificacions. La problemàtica de l'Ibèric Ple (segles IV-III a.C.)*, pp. 347-353

³¹⁰ BALIL, A. (1952) "El poblado layetano de Puig de Olorde", *AEA*, XXV, pp. 379-380

³¹¹ COLOMINAS, J. (1946) "El poblado ibérico del Turó de la Rovira", *Ampurias*, VII-VIII, pp.203-214

SANMARTÍ, J. (1986) *La Laietania ibèrica...*, op.cit. 301, pp. 1326-1332

³¹² BARBERÀ, J. (1968) "La necrópolis ibèrica de Cabrera de Mar", *Ampurias*, XXX, pp. 97-150

BARBERÀ, J. (1969) "La necrópolis ibèrica de Cabrera de Mar (excavación 1968-69)", *Ampurias*, XXXI-XXXII, pp. 169-189

possiblement, Montjuïc adquiriren preeminència, constituint-se en petites ciutats ³¹³, i articulant la seva jerarquia sobre poblaments fortificats i enturonats més petits, models arquetípics de l'habitat ibèric al context, en el *hinderland* dels quals es desenvolupen petits establiments de plana. La interdependència entre els assentaments, la possible especialització productiva i la jerarquitització política mostrarien una ocupació socialment desenvolupada.

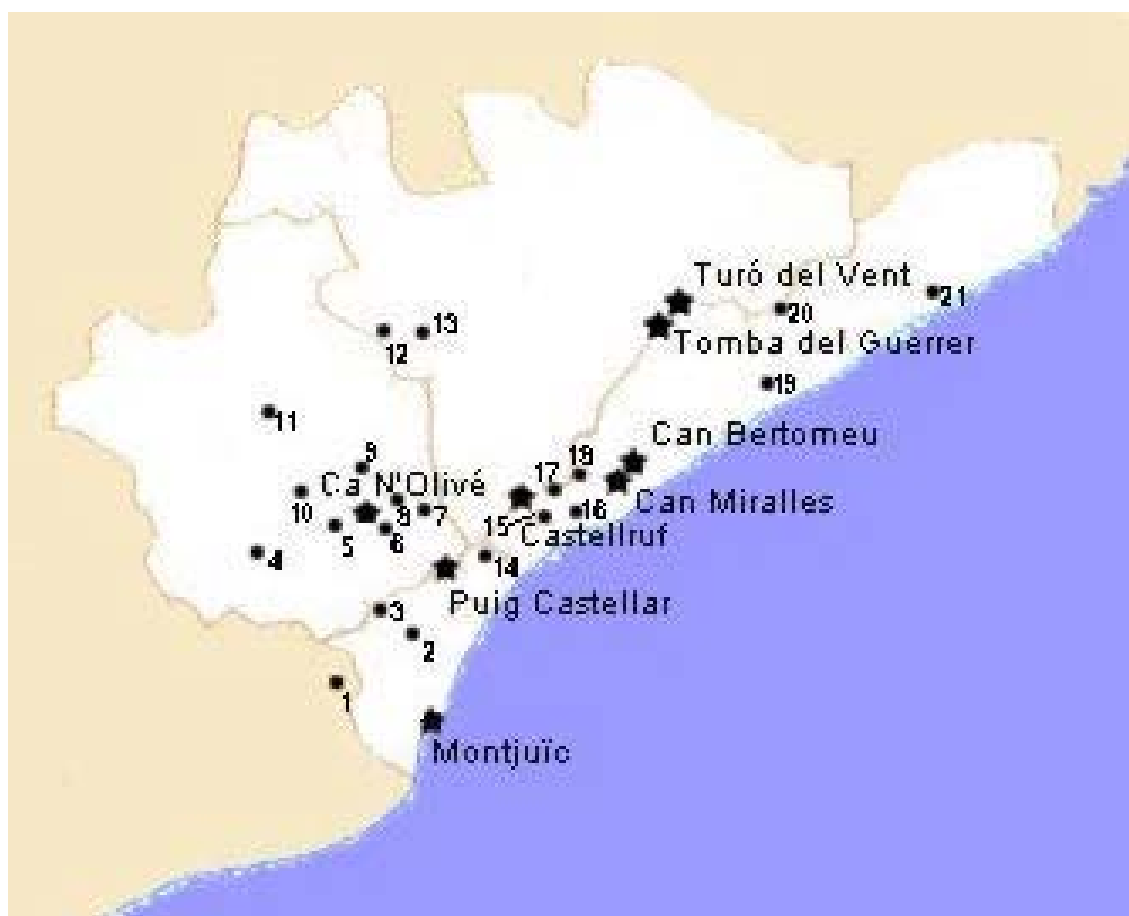


Figura 33. Localització d'alguns dels establiments protohistòrics destacats de l'Àrea 1, amb esment nominal dels jaciments origen del conjunt mostral (escala 1:575000 aprox.). Jaciments d'esment numèric: 1. Penya del Moro (Sant Just Desvern); 2. Turó de la Rovira (Barcelona); 3. Santa Creu d'Olorda (Barcelona); 4. Can Fatjó (Rubí); 5. Sitges de l'UAB (Cerdanyola); 6. Can Xercavins (Cerdanyola); 7. Granja Solei (Santa Perpètua de Mogoda); 8. Bòbila Padró (Ripollet); 9. Can Roqueta (Sabadell); 10. Bòbila Madorell (Sant Quirze del Vallès); 11. Pla de la Bruguera (Castellar del Vallès); 12. Torre Roja (Caldes de Montbui); 13. Turó Gros de Can Camp (Caldes de Montbui); 14. Mas Boscà (Badalona); 15. Turó de Montgat (Montgat); 16. Poblament i necròpolis de Burriac (Cabrera de Mar); 17. Sant Miquel (Vallromanes); 18. Turó Gros de Cèllec (Orrius); 19. Torre dels Encantats (Arenys de Mar); 20. Puig Castell (Vallgorguina); 21. Puig Castell (Sant Cebrià de Vallalta).

³¹³ GRANADOS, J.O. *et alii* (1987) "Montjuïc dins el ...", op.cit. 140, p. 217
ZAMORA, D. *et alii* (1991) "Fortificacions a la ...", op.cit. 308, pp. 347-353

9.1. LES SITGES DEL PORT DE MONTJUÏC (BARCELONA, BARCELONÈS)

9.1.1. ASPECTES HISTORICOARQUEOLÒGICS

Les sitges del Port de Montjuïc (Barcelona, Barcelonès) es trobaven situades a la vessant sud-oest de la muntanya, al límit del camí de l'Esparver dins el sector de la Mare de Déu del Port, en la zona historiogràficament considerada el port antic de la plana de Barcelona ³¹⁴. S'identificaren durant les obres d'obertura de les rases ferroviàries de la Magòria, l'any 1928 i no foren excavades fins el 1946 per en Josep de Calassanç Serra Ràfols ³¹⁵. Aquestes troballes es vincularen a les diverses restes disperses ja conegudes al voltant de les estructures del castell; en el mateix sentit, i amb motiu de les obres olímpiques (1989-1992), que modificaren la totalitat del paisatge de la zona i esborraren els antics vestigis, s'excavaren diverses estructures i noves sitges també vinculades al conjunt portuari de cronologia ibèrica.

L'excavació de l'any 1946 permeté identificar un conjunt singular de sitges o dipòsits de gra, colmatats en nivells de reompliment per diversos lots de materials ceràmics i metàl·lics. Algunes de les estructures excavades en el substrat original proporcionaven capacitats properes als 100 m³, molt superiors a les sitges habituals als establiments poblacionals del moment, fet pel qual es considerà l'àrea com l'indret d'aprovisionament de gra excedentari amb finalitat comercial en aquest context geogràfic ³¹⁶.

³¹⁴ En els diplomataris majors medievals catalans (*Liber Feudorum Maior*, Llibre de les Antiguitats de la Seu de Barcelona i Cartulari del Monestir de Sant Cugat del Vallès) és documentada l'existència ja al s. X del port històric de la ciutat aprofitant el delta natural del Llobregat, indret en el qual fou bastit el vell i desaparegut Castell del Port i que s'ha considerat l'accés fluvial original, des de temps protohistòrics, a la Catalunya Central.
DURAN I SANPERE, A. (1973) *Barcelona i la seva història. La formació d'una gran ciutat*, pp. 648-650.

³¹⁵ FERNANDEZ DE AVILÉS, A. (1946) "El carro ibérico de Montjuich", *A.E.A.* XIX, pp. 262-263.

SERRA RÀFOLS, J.C. (1968) "Notes sobre la ...", op.cit. 134, pp. 18-19.

RODÀ, I. (1977) "Dispersión del poblamiento en el término de Barcelona en la época anterromana", *C.A.H.C.* XVII, pp. 47-92.

³¹⁶ GRANADOS, J.O. (1984) *Los primeros pobladores del llano barcelonés*, p. 8.

En total es trobaren deu sitges troncocòniques, essent especialment rellevant la més gran (sitja núm. 4) (**fig. 34**) que, alhora, fou una de les dues que s'excavaren; en el seu buidat foren identificats tres estrats sedimentològics:

- L'estrat superior (nivell I) aportà un conjunt ceràmic datat del s. III a.C., amb vasos ibèrics a torn, ceràmica autòctona a ma, vernissos negres de tallers occidentals (mitjans s. III a.C.) i campaniana A (finals s. III – mitjans s. II a.C.)³¹⁷.
- L'estrat mig (nivell II) consta com a estèril, i es considerà l'aplanament del fons amb posterioritat a una primera amortització de la sitja.
- L'estrat inferior (nivell III) es datà a partir la troballa de fragments de diverses formes clàssiques de ceràmica àtica de figures roges (inicis s. IV a.C.), vernís negre grec (finals s. V – segona meitat s. IV a.C.) i de tallers occidentals (mitjans s. III a.C.)³¹⁸.

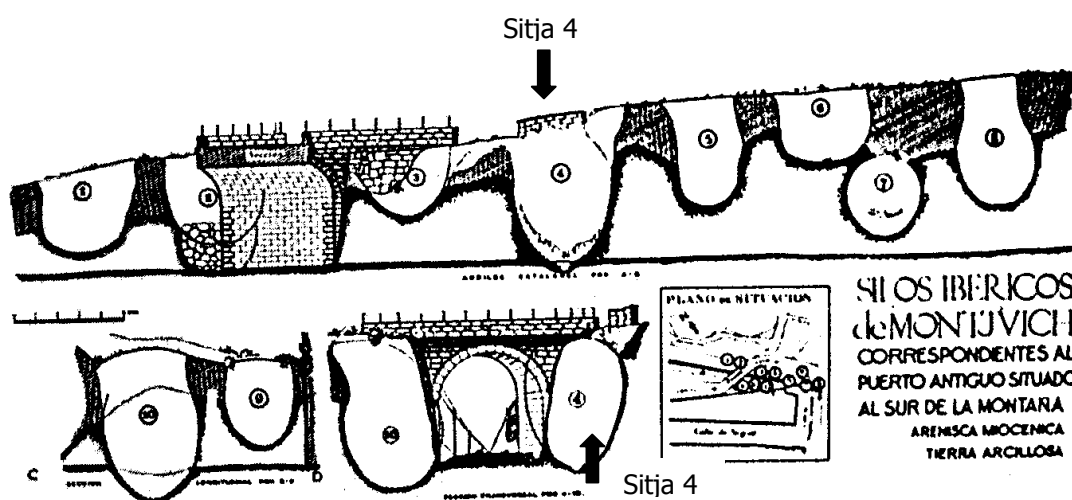


Figura 34. Seccions de les diverses sitges segons alçats originals de la intervenció de 1946 (de Rodà, 1977, p. 69).

En el nivell III o inferior de la sitja 4 varen aparèixer les restes d'un carro, datat segons el context ceràmic de finals s. V – mitjans s. III a.C.; els elements fèrrics, únics conservats amb l'empremta de l'estructura de fusta, consistien en

SANMARTÍ, J. (1986) *La Laietania ibèrica...*, op.cit. 301, pp. 1343-1344

³¹⁷ GRANADOS, J.O.(1982) "Cerámicas de importación halladas en los silos del Port (Barcelona)", *Helike I*, pp. 174-177.

³¹⁸ GRANADOS, J.O. (1982) "Cerámicas de importación..." op.cit. 316, pp. 165-174.

la llanta o revestiment perimetral complet d'una de les rodes, fragments de la llanta d'una segona roda, els grans claus que les subjectaven a l'estructura massissa interior, alguns reblons, diversos travessers d'unió i peces de suspensió – subjecció, com lleves i clavilles.

La interpretació tipològica de les troballes de ferro suggerí una tipologia de carro o carretó de dues rodes massisses, d'un diàmetre de 73-77 cm., de tir indeterminat i dedicat al transport de mercaderies, paral·lel a altres models de la Península Ibèrica com el de El Amarejo (Bonete, Albacete) o el de Casares de La Cañada de los Ojos (Guadalaviar, Teruel) ³¹⁹. Per altra part, la seva existència en el context de les sitges del Port implica una relació directe amb l'activitat de l'indret; vinculat a un poblament de considerables dimensions ³²⁰ i, alhora, aprofitant la desembocadura del Llobregat i la situació estratègica de Montjuïc, s'interpreta que el sector funcionà com àrea de bescanvi entre els distribuïdors d'importacions originàries del Mediterrani Oriental, els poblements autòctons de la costa central i els de l'interior, als quals s'hi accedia per via fluvial.

En el mateix sentit, s'identifiquen les sitges com instal·lacions dedicades a l'emmagatzament de gra indígena excedentari, producte d'intercanvi per manufactures, majoritàriament de filiació grega, restes de les quals acompanyen les restes del carro en el reompliment dels pous de gra amortitzats.

³¹⁹ FERNÁNDEZ MIRANDA, A.; OLMOS, R. (1986) *Las ruedas de Toya y el origen del carro en la Península Ibérica*, pp. 81-84.

³²⁰ GRANADOS, J.O. *et alii* (1987) "Montjuïc dins el...", op.cit. 140, pp. 216-217.

9.1.2. INFORME DEL PROCEDIMENT ANALÍTIC REALITZAT

SELECCIÓ SOBRE EL CONJUNT MATERIAL

La campanya d'excavacions portada a terme al sector de la Magòria, a la vessant sudest de la muntanya de Montjuïc (Barcelona) l'any 1946, aportà un important conjunt de materials ceràmics i metàl·lics corresponents a la cultura ibèrica, que es dipositaren als fons històrics del Centre d'Arqueologia de la Ciutat de l'Ajuntament de Barcelona. Entre aquestes troballes es trobaren les restes estructurals d'un carro, les rodes del qual foren llargament exposades en el Museu d'Història de la Ciutat. Per a realitzar el present estudi en foren seleccionats tres dels fragments fèrrics que formaven l'esmentada roda, en relació al seu suposat manteniment de l'estructura metàl·lica, al seu grau de conservació i als criteris preestablerts de limitar al màxim l'afectació física sobre els materials. Les peces susceptibles d'estudi foren les següents:

- 2001 (c.m. 9375): llanta.
- 2002 (c.m. 9375): llanta.
- 2003 (c.m. 9375): travesser.

EXTRACCIÓ I IDENTIFICACIÓ DE MOSTRES

Amb el propòsit d'evitar la major afectació possible a les peces d'estudi, s'extreuen les següents mostres / superfícies d'observació, identificant-les amb els corresponents codis:

- PT/2001/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària del clau per a separar la seva punta (**diagrama d'extracció de mostres 2001, fig. 1**). La superfície estudiada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2001, fig. 3**).

- PT/2001/2: a partir de la mostra PT/2001/1 (tall A-B), s'ha obtingut el tall **C-D** perpendicular a l'anterior, el qual correspon a una partició longitudinal del

clau (**d.e.m. 2001, fig. 2**). La superfície estudiada correspon a la cara de la nova secció (**d.e.m. 2001, fig. 4**).

- PT/2002/1: la mostra prové de la **porció A** de l'objecte 2002, producte dels talls en angle recte A-B i B-C (**d.e.m. 2002, fig. 1**). La superfície estudiada correspon a la secció **A-B** (**d.e.m. 2002, fig. 2**).

- PT/2002/2: com l'anterior, la mostra prové de la **porció A** de l'objecte 2002 (**d.e.m. 2002, fig. 1**). A partir de la porció A i separat el fragment pel tercer tall D-E, PT/2002/2 correspon a la superfície **C-D** (**d.e.m. 2002, fig. 3**).

- PT/2002/3: la mostra prové de la **porció B** de l'objecte 2002, producte dels talls en angle recte A-B i B-C (**d.e.m. 2002, fig. 1**). La superfície estudiada correspon a la secció **A-B** (**d.e.m. 2002, fig. 4**).

- PT/2002/4: com l'anterior, la mostra prové de la **porció B** de l'objecte 2002 (**d.e.m. 2002, fig. 1**). A partir de la porció B i separat el fragment pel tercer tall D-E, PT/2002/4 correspon a la superfície **C-D** (**d.e.m. 2002, fig. 5**).

- PT/2002/5: la mostra prové de la **porció C** de l'objecte 2002, producte dels talls en angle recte A-B i B-C (**d.e.m. 2002, fig. 1**). A partir de la porció C i separat el fragment pel tercer tall D-E, PT/2002/5 correspon a la superfície **D-C** (**d.e.m. 2002, fig. 6**).

- PT/2002/6: com l'anterior, la mostra prové de la **porció C** de l'objecte 2002 (**d.e.m. 2002, fig. 1**). PT/2002/6 correspon a la secció **A-B** (**d.e.m. 2002, fig. 7**).

- PT/2002/7: la mostra prové de la **porció D** de l'objecte 2002, producte dels talls en angle recte A-B i B-C (**d.e.m. 2002, fig. 1**). La superfície estudiada correspon a la secció **A-B** (**d.e.m. 2002, fig. 8**).

- PT/2002/8: com l'anterior, la mostra prové de la **porció D** de l'objecte 2002 (**d.e.m. 2002, fig. 1**). A partir de la porció D i separat el fragment pel tercer tall D-E, PT/2002/8 correspon a la superfície **C-D** (**d.e.m. 2002, fig. 5**).

- PT/2003/1: per obtenir la mostra s'ha efectuat el tall **A-B**, perpendicular a la llargària de la peça 2003, i en posterioritat, el tall paral·lel a la llargària de la mostra **C-D**, el qual ha permès disposar de dues mostres de dimensions adequades al seu estudi (**d.e.m. 2003, fig. 1**). La primera d'aquestes mostres correspon a PT/2003/1, essent la superfície d'estudi el tall **A-C** (**d.e.m. 2003, fig. 3**).

- PT/2003/2: obtinguda la mostra pel procediment descrit (**d.e.m. 2003, fig. 1**), la segona de les mostres correspon a PT/2003/2, essent la superfície d'estudi el tall **C-B** (**d.e.m. 2003, fig. 4**).

- PT/2003/3: tall transversal **E-F**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària del rebló de l'objecte 2003 per a separar la seva punta (**d.e.m. 2003, fig. 1**). La superfície estudiada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2003, fig. 5**).

- PT/2003/4: a partir de la mostra PT/2003/3 (tall E-F), s'ha obtingut el tall **G-H** perpendicular a l'anterior, el qual correspon a una partició longitudinal del cos del rebló (**d.e.m. 2003, fig. 2**). La superfície estudiada correspon a la cara del nou tall (**d.e.m. 2003, fig. 6**).

OBSERVACIÓ MICROSCÒPICA

- PT/2001/1.

La mostra PT/2001/1 es troba caracteritzada per la bona conservació del seu cos metàl·lic, amb només una molt prima capa d'oxidació perimetral que ha permès el manteniment, com a mínim en la zona d'estudi, de la morfologia original de l'objecte.

La seva matriu metàl·lica mostra una successió d'inclusions no metàl·liques allargassades i orientades perpendicularment a les cares de major amplada de la llanta.

La microestructura de la vora és formada per grans ferrítics travessats per diverses inclusions orientades paral·lelament a la superfície de la peça; tot seguit, es troba una zona de semblant amplada amb estructura de tipus ferríticoperlític (0.3-0.4 % C) amb gra perlític ben desenvolupat i cementita primària de làmina fina (**fotog. 1**); sobtadament torna a créixer el percentatge de C fins ésser gairebé eutectoide (0.7-0.8 % C) (**fotog. 2**), ben a prop del centre de la mostra, trobant com a inclusió algun gra d'aspecte vitri; ja a l'àrea central, s'observa una microestructura formada per troostita i colònies de fines agulles de martensita (**fotog. 3-4**); a partir d'aquest punt, progressivament s'aprecia una disminució del percentatge de carboni fins arribar a menys del 0,1% C, a la vegada que el gra ferrític augmenta de mida per, novament, tornar a incrementar el percentatge de carboni, establint

una àrea ferriticoperlítica, a la zona que limita amb la oxidació externa de la vora de la peça (**fotog. 5**).

- PT/2001/2.

Com en l'anterior tall de la mateixa mostra, en PT/2001/2 s'observa una multiplicitat microestructural caracteritzada per la successió de diverses zones o bandes d'estructura diferent.

A partir de la inicial microestructura hipoeutectoide que forma la vora superior, seguint el sentit de descripció de PT/2001/1, s'aprecia una disminució irregular, en zones molt marcada i en d'altres prou lleu, del percentatge de carboni per passar a ésser gairebé ferrítica en gran part de la secció (**fotog. 1**). Com en el tall anterior, tot seguit s'observa un creixement brusc del percentatge de C que converteix la microestructura a la corresponent al valor eutectoide (**fotog. 2**); en aquesta àrea són visibles nombroses inclusions d'aparença vítria, la majoria de les quals s'observen ara en secció, entre els illots d'agulles martensítiques de la zona mitja de la mostra (**fotog. 3**). En sintonia amb l'observació de la mostra prèvia, torna a existir una disminució brusca del component perlític per, en la vora oposada a la inicial, ésser visible un hipoeutectoide quasi ferrític (aprox. 0,1% C) (**fotog. 4**).

Respecte a les inclusions localitzades, disposades en el sentit del martelleig, han estat sotmeses a l'anàlisi dels elements químics que les componen. S'ha identificat que totes, sense cap excepció, contenen els mateixos elements, habituals de les inclusions o restes escoriàcies d'obtenció directe del ferro (Fe, Ca, K, Si, Al), amb l'afegit de Mn, S i P (**fig. 35**); a d'altres inclusions, de mida més petita i arrodonada, s'han identificat òxids de ferro-manganès. Altrament, s'ha realitzat el microanàlisi d'elements químics de la matriu metàl·lica, el qual només dóna Fe i traces de Cu i Mn, com a elements minoritaris (**fig. 36**).

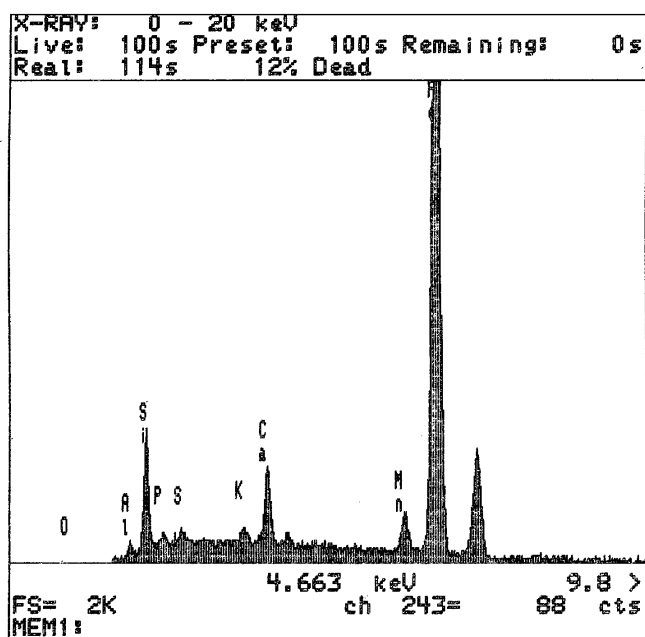


Figura 35. Espectre qualitatiu dels elements químics d'una inclusió d'aparença vítria identificada en la microestructura eutectoide present a PT/2001/2.

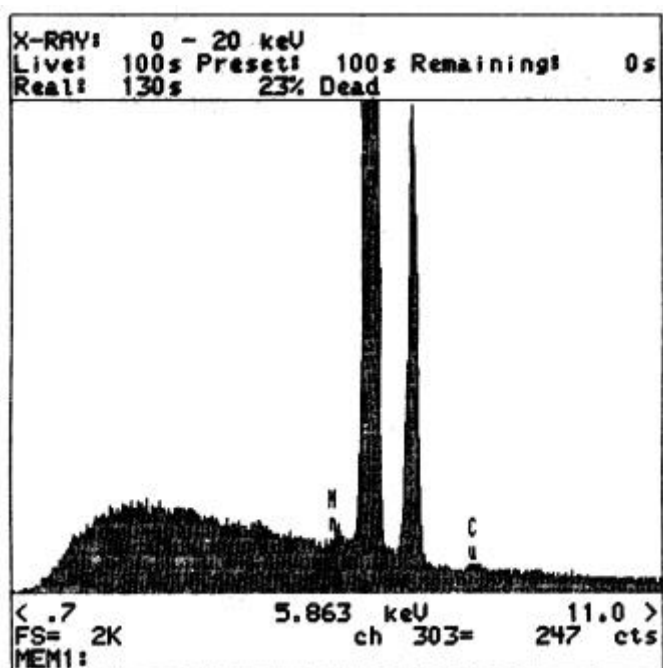


Figura 36. Espectre qualitatiu dels elements químics de la matriu metàl·lica de la mostra PT/2001/2.

- PT/2002/1

La mostra PT/2002/1 es troba lleument oxidada en el seu perímetre de contacte amb l'exterior però presenta una total conservació del seu cos metàl·lic. Realitzat

un anàlisi d'elements químics sobre la matriu metàl·lica, considerat definitiu per a tota la peça, s'ha pogut comprovar la puresa dels cristalls de ferro que la componen amb la minoritària presència d'elements aliants com el coure (**fig. 37**). L'esmentada part metàl·lica presenta, en aquesta secció, molt poques inclusions, essent aquestes aplanades i allargassades per l'acció del martelleig. L'observació de la matriu metàl·lica ha permès identificar una microestructura bainítica – martensítica, caracteritzada per una notable uniformitat de gra (**fotog. 1**), i en la qual destaquen formacions de bainita superior (**fotog. 2**). Són molt freqüents, i de grandària variable, els illots d'agulles martensítics (**fotog. 3**); en molt menor proporció, hi ha algunes cadenes de cementita entre la microestructura de bainita (**fotog. 4**).

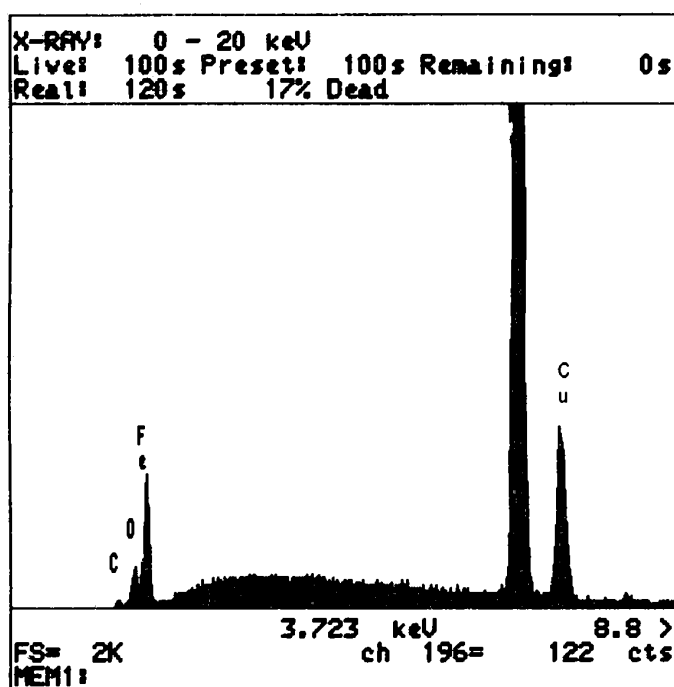


Figura 37. Espectre qualitatiu dels elements de la matriu metàl·lica de la mostra PT/2002/1.

Per confirmar les característiques de duresa de les microestructures observades, s'ha procedit a realitzar microdureses ³²¹ sobre la mostra (**d.e.m. 2002, fig. 10**);

³²¹ Microduròmetre MATSUZAWA SEIKS DMH-1, unitat HV (*Vickers Hardness*), constants 15 seg/100 g.

els valors obtinguts han estat d'entre 440-330 HV en l'àrea bainítica i fins els 693-824 HV en els illots de martensita.

- PT/2002/2.

El tall que origina la mostra PT/2002/2 correspon al tall perpendicular de la mostra anterior, ubicant-se ambdós a la mateixa zona de la peça original. En la present mostra els efectes de degradació per l'oxidació han estat majors, ja que un dels seus extrems forma part d'una de les vores de l'objecte que, per fricció d'ús i conservació, presenta una secció més prima que les àrees més internes.

La matriu metàl·lica observada presenta una microestructura bàsicament bainítica (**fotog. 1**), on són visibles múltiples illots de martensita, algunes cadenes cementítiques i molt escadusseres inclusions no metàl·liques (**fotog. 2**). Aquestes darreres mantenen forma allargassada i, realitzat l'anàlisi d'elements químics sobre alguna d'elles, s'han identificat els elements constituents propis dels silicats (Fe, Mn, Si, Ca, Mg, K) en proporció habitual, essent notable en algunes la gran proporció de Mn que hi apareix substituint al Fe (**fig. 38**).

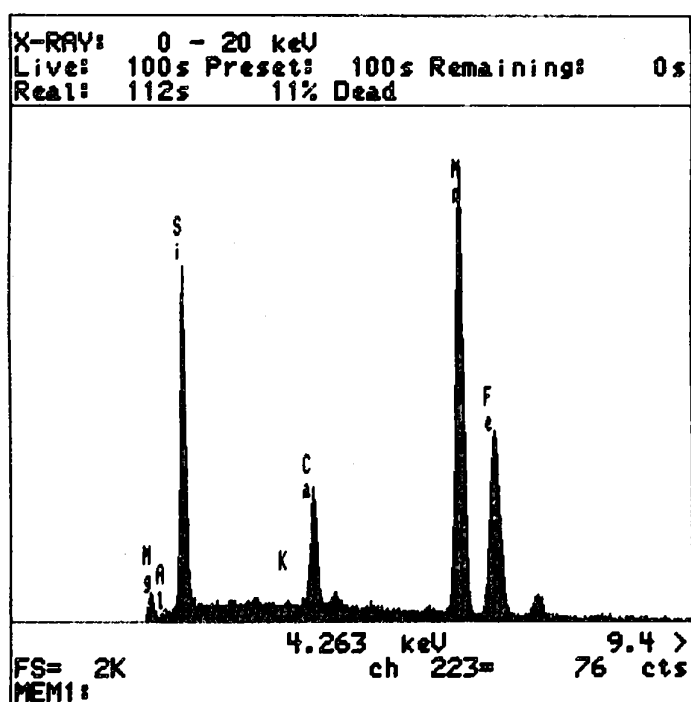


Figura 38. Espectre qualitatiu dels elements químics constituents d'una inclusió no metàl·lica sobre la mostra PT/2002/2.

En igual sentit, s'han efectuat anàlisis quantitius de diverses inclusions de la mostra, refermant el fet de l'existència de silicats de ferro, manganès i calci (**fig. 39**).

núm.inclusió / element (%)	Fe	Mn	Si	Al	Mg	Ca	K	P	S
inclusió 1	2,3	26,3	36,6	4,9	2	22	4,9	0,1	0,7
inclusió 2	52,6	16,5	16,8	2	1,9	7	2,6	0,1	0,1
inclusió 3	22,5	10,3	21,6	4,4	3,6	35,3	1,5	0,1	0,3
inclusió 4	41,8	7,8	22,9	4,1	0,8	16,5	4,4	1,2	0
MITJA ARITMÈTICA	29,8	15,2	24,5	3,85	2,08	20,2	3,35	0,38	0,28

Figura 39. Anàlisi quantitau de la composició elemental de quatre inclusions corresponents a la mostra PT/2002/2 (l'oxigen no s'ha comptabilitzat).

- PT/2002/3.

La mostra PT/2002/3 presenta una fina capa d'oxidació perimetral al voltant de la matriu metàl·lica conservada. Amb tot, aquesta àrea de la peça sembla haver sofert major desgast que el sector oposat, fet que ha provocat la pèrdua de material i ha deformat la secció original.

La microestructura observada és del tipus hipoeutectoide amb una lleugera variació de carburació per zones (0,1 – 0,3 % C) (**fotog. 1**). El gra de Fe α és majoritàriament equiaxial i de grandària mitja, si bé en alguns punts sembla lleument deformat; els grans perlítics, principalment els de les zones amb major percentatge de carboni, mostren cementita primària de làmina prou fina; la grandària del gra disminueix en la zona més rica en carboni (**fotog. 2**). En aquesta secció són visibles poques inclusions, de grandària minsa per ésser singularitzades.

S'han realitzat microdureses ³²² per a confirmar les estructures observades (**d.e.m. 2002, fig. 11**). Els valors obtinguts oscil·len entre els 119 HV sobre els grans ferrítics als 154 HV en els perlítics.

- PT/2002/4.

Com en el tall anterior, procedent de la mateixa cantonada de la peça, la mostra es troba deformada pel desgast de la zona i, sota una fina capa d'oxidació, conserva bona part de la matriu metàl·lica original. La microestructura observada

³²² Op.cit. nota 320

correspon, com en la mostra precedent, al tipus ferríticoperlític, amb menor oscil·lació en el contingut de carboni que sembla estable en el 0,1 – 0,2 % C (**fotog. 1**). Igualment, els grans mostren una majoritària equiaxialitat i s'aprecia cementita primària molt fina en els grans perlítics.

A diferència del tall anterior, són visibles algunes inclusions no metàl·liques entre la microestructura ferríticoperlítica, totes elles d'aparença vítria i allargassades suposadament per l'acció del treball mecànic (**fotog. 2**). Realitzat el corresponent microanàlisi d'elements químics per identificar els components de les citades inclusions, s'han identificat elements que poden correspondre a silicats de ferro, manganès, calci, amb d'altres elements minoritaris, (Fe, Mn, Si, Ca, K, Al, Mg) (**fig. 40**); en el mateix sentit, la realització d'estudis quantitatius vers els elements de diverses inclusions triades aleatòriament, ha permès comprovar percentualment la presència majoritària dels esmentats compostos en les restes escoriàcies de la mostra (**fig. 41**).

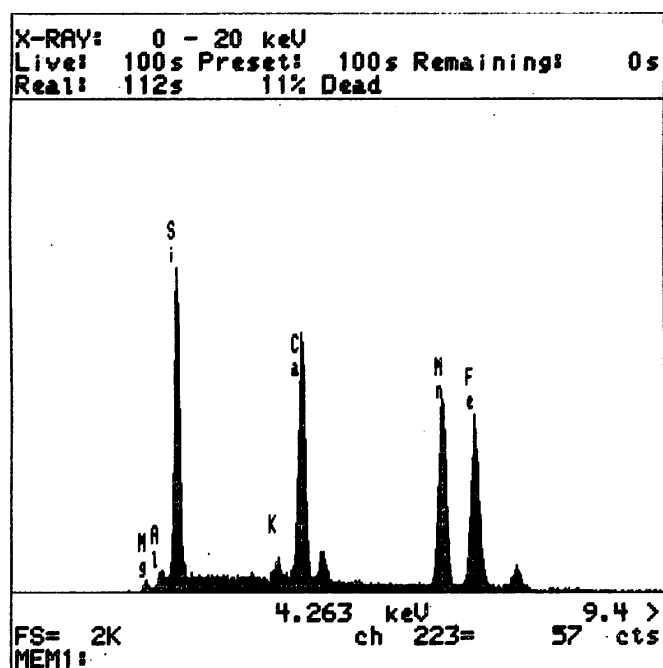


Figura 40. Espectre qualitatiu puntual sobre una inclusió identificada a PT/2002/4.

núm.inclusió / element (%)	Fe	Mn	Si	Al	Mg	Ca	K
inclusió 1	29,5	36,4	16,4	1,9	2,2	11,4	2,3
inclusió 2	26,9	38,1	16,7	2	2,8	11,2	2,4
inclusió 3	27,1	38,2	16,7	1,6	2,7	11,3	2,3
inclusió 4	27,1	37,1	17,3	1,6	2,4	12,5	1,9
inclusió 5	26,6	21,7	27,3	3,4	0,9	16,3	3,7
inclusió 6	20,4	20,1	28,8	2,3	0,7	25,4	2,2
MITJA ARITMÈTICA	26,3	31,9	20,5	2,13	1,95	14,7	2,47

Figura 41. Anàlisi quantitatiu de la composició elemental de sis inclusions de PT/2002/4 (l'oxigen no s'ha comptabilitzat).

- PT/2002/5.

Mostra amb el perímetre oxidat, desgastada i deformada per la fricció a que es trobà sotmesa l'àrea a que pertany. Conserva, a excepció del contorn, la matriu metàl·lica que es caracteritza per una microestructura heterogènia, prou neta d'inclusions, amb diferent distribució del percentatge de carboni.

S'evidencia un augment progressiu de carburació que, des de la vora externa corresponent a una de les cares de la llanta, presenta una molt considerable diferència microestructural: la zona més superficial mostra una microestructura ferríticoperlítica de molt baix contingut en carboni (menys 0,1 % C), de gra ferrític polièdric (**fotog. 1**); progressivament en sentit vers l'interior, es posa de manifest l'augment del percentatge de C amb presència de més grans perlítics (**fotog. 2**); la carburació de la mostra culmina a la zona propera a la superfície oposada, la suposada cara de contacte extern de la llanta, on arriba a una microestructura de caràcter totalment eutectoide (0,8 % C) (**fotog. 3**), en la qual, i en determinat punt, és possible apreciar alguna cadena de cementita secundària lliure.

La morfologia del gra és poligonal, no presentant deformació pel treball mecànic i amb una grandària bastant homogènia, especialment en els grans ferrítics. La cementita secundària que forma la perlita mostra una estructura laminar molt fina, arribant a ésser perlita sorbítica en zones concretes.

S'han realitzat microdureses ³²³ sobre la mostra per a verificar les anteriors observacions (**d.e.m. 2002, fig. 12**); els valors obtinguts oscil·len entre els 125 HV de les zones d'acer més dolç i els 229 HV de l'àrea de major carburació.

³²³ Op.cit. nota 320

- PT/2002/6.

Mostra corresponent a un tall paral·lel a la llargària de la peça, s'observa prou desgastada i amb pèrdua de matèria per l'ús i la fricció durant la seva vida pràctica. El seu perímetre extern es troba recobert d'una fina capa d'oxidació que, de forma molt lleugera, ha obert poc fondes vies de penetració cap a l'interior de la mostra. Amb tot, la matriu metàl·lica es conserva en gran part i permet l'observació de les seves característiques microestructurals.

Presenta una microestructura decreixent en gradació de contingut de carboni des d'una de les superfícies de la peça, la que es considera interna ³²⁴, fins a l'oposada, amb les característiques prèviament observades en l'anterior tall. En aquesta mostra són, alhora, apreciables zones hipoeutectoides on la ferrita, pressionada per la major presència dels grans perlítics, ha adoptat la disposició Widmanstätten de granulometria en forma acicular (**fotog. 1**). Com en el cas previ, la perlita es caracteritza per una disposició laminar molt fina de la cementita.

Les inclusions són força escadusseres, de forma generalment allargassada i d'aparença vítria (**fotog. 2**), i es troben concentrades en petites agrupacions, independentment de les característiques microestructurals de cada àrea. Realitzat l'estudi qualitatiu d'una de les inclusions triada aleatòriament (**fig. 42**), s'ha pogut comprovar que, en aquest cas, es tractava d'una inclusió presumiblement de silicats de calci; amb igual sentit, l'estudi quantitatiu de set inclusions de diversa localització en la superfície de la mostra ha demostrat la preponderància d'inclusions de silicat de Fe-Mn amb petites quantitats de Ca i d'altres d'òxid de Mn-Fe (òxids de Mn-Fe a inclusions 1-3 i silicats de Fe-Mn-Ca a inclusions 4-7) (**fig. 43**).

³²⁴ Per concavitat de l'objecte i per direcció de la punta del rebló es suposa que era la cara de contacte amb el cos massís de la roda.

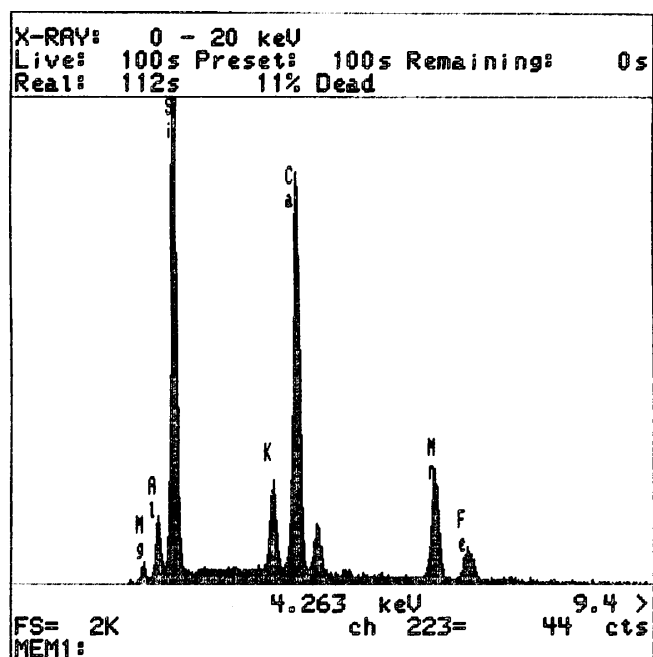


Figura 42. Espectre qualitatiu dels elements químics d'una inclusió no metàl·lica sobre la mostra PT/2002/6.

núm.inclusió / element (%)	Fe	Mn	Si	Al	Mg	Ca	K
inclusió 1	15,5	81,3	0	0	3	0	0
inclusió 2	16,1	80,6	0	0	3	0,1	0
inclusió 3	15,3	75,6	2,7	0,8	3,1	2,4	0
MITJA ARITMÈTICA (1-3)	15,6	79,2	0,9	0,27	3,03	0,83	0
inclusió 4	62,9	16,7	10,6	0,6	1,4	6,2	1,4
inclusió 5	63,5	14,8	13,8	0,3	0,9	6,6	0
inclusió 6	49,2	18,9	16,8	1,2	2,7	9,9	1,2
inclusió 7	44,1	17,6	19,7	3,5	1	11,2	2,9
MITJA ARITMÈTICA (4-7)	54,9	17	15,2	1,4	1,5	8,48	1,38

Figura 43. Anàlisi quantitatiu de la composició elemental de set inclusions de PT/2002/6 (l'oxigen no s'ha comptabilitzat).

- PT/2002/7

Mostra que conserva gairebé intacta la totalitat de la matriu metàl·lica, a excepció del perímetre superficial que es mostra oxidat i lleument deformat per l'erosió externa. Es caracteritza per una microestructura ferriticoperlítica, prou neta d'inclusions, i amb una distribució de percentatge de carboni no gaire homogènia (0,3 - 0,6 % C), que evoluciona en gradient fins una àrea més carburada, ja plenament eutectoide, on s'evidencien microestructures diferenciades de les anteriors.

La zona corresponent a la cara interna de la peça presenta una microestructura ferriticoperlítica amb gra de grandària mitjana i presència de grans ferrítics entre la majoritària perlita (**fotog. 1**); amb aquesta tendència, i com en altres àrees de la peça, en determinats punts es desenvolupen disposicions Widmanstätten; la granulometria perlítica es troba formada a partir de cementita laminar molt fina. Progressivament en direcció a la vora oposada de la mostra, la microestructura es converteix en eutectoide per assolir una disposició bainítica del gra; a partir d'aquesta zona s'observen grans illots de martensita (**fotog. 2**) i l'aparició de nombroses cadenes de carburs lliures, que transformen la microestructura en hipereutectoide.

Identificades les diverses microestructures que singularitzen la mostra, s'ha procedit a realitzar microdureses ³²⁵ sobre elles (**d.e.m. 2002, fig. 13**); els valors obtinguts han estat de fins a 738 HV a la zona martensítica, entre 381 i 452 HV a l'àrea bainítica i de 153-226 HV a les zones ferriticoperlítiques.

- PT/2002/8.

Mostra que, a diferència de les altres originàries de la mateixa peça, conserva només part de la matriu metàl·lica, ja que la mineralització ha ultrapassat el perímetre de la mostra i ha penetrat de forma lleugera en el seu interior.

La matriu metàl·lica presenta una inicial microestructura de caràcter hipoeutectoide (0,3 -0,4 % C), de la qual manca gran part per correspondre a l'àrea afectada per la degradació. A la zona de la vora oposada, que correspondria a la cara externa de la peça, s'observa una ampla zona bainítica amb colònies de martensita molt freqüents (**fotog. 1**).

Les poques inclusions no metàl·liques apreciades es presenten tan en secció com de forma allargassada (**fotog. 2**). Realitzat microanàlisi qualitatiu d'elements químics sobre una inclusió tipus, s'observa que en ella hi consten, en les proporcions adients, els elements típics dels silicats de calci-potasi i ferro-manganès, ja coneguts en altres mostres de la mateixa peça (**fig. 44**); alhora, el microanàlisi quantitatiu sobre set inclusions diferents, triades aleatòriament, refermen el fet genèric de la presència dels compostos esmentats (**fig. 45**).

³²⁵ Op.cit. nota 320

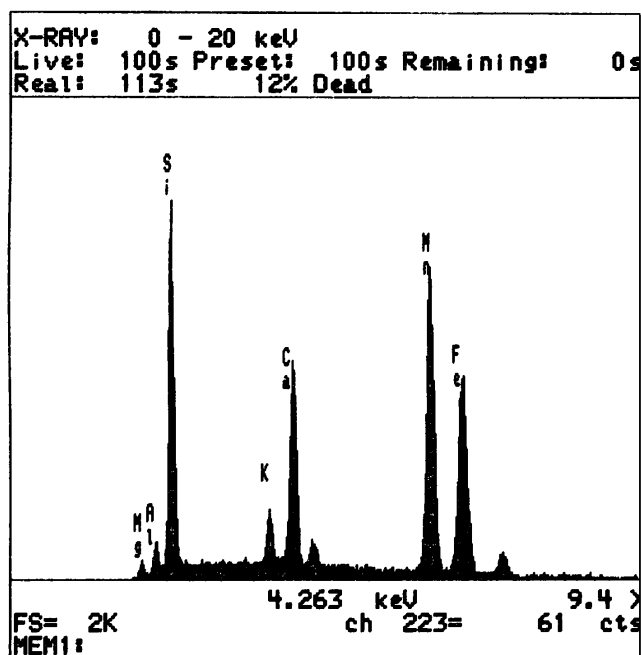


Figura 44. Espectre qualitatiu dels elements químics d'una inclusió no metàl·lica sobre la mostra PT/2002/8.

núm.inclusió / element (%)	Fe	Mn	Si	Al	Mg	Ca	K
inclusió 1	13,3	50,9	20,3	0	4,3	10,5	0
inclusió 2	12,3	52,4	19,9	0	4	10,9	0
inclusió 3	12,2	49,8	20,7	0,4	3,8	12,7	0,3
inclusió 4	16,2	50,2	18,3	0	4	10,1	0,8
inclusió 5	11,9	53,7	20,4	0	5	8,9	0
inclusió 6	12,9	51,6	20,9	0	5,7	8,7	0
inclusió 7	12,8	51,3	20,7	0	5,6	8,7	0
MITJA ARITMÈTICA	13,5	51,7	20,1	0	5,08	9,1	0,2

Figura 45. Anàlisi quantitatiu de la composició elemental de set inclusions corresponents a la mostra PT/2002/8 (l'oxigen no s'ha comptabilitzat).

- PT/2003/1.

Tot i rebre les mateixes condicions ambientals que les mostres procedents de les peces de la resta del conjunt de les sitges de Montjuïc, aquesta mostra es troba quasi totalment mineralitzada. La matriu d'òxids de ferro està formada per bandes colomorfes que presenten múltiples esquerdes motivades per la dilatació del cos a l'oxidar-se i que han afavorit que prosseguís la degradació. Algunes de les esquerdes mostren una singular continuïtat al llarg de tota la mostra i, de forma pràcticament rectilínia, funciona com una via d'expansió del procés de mineralització.

No són visibles gaires inclusions i, originaries de la desapareguda matriu metàl·lica, s'han trobat escadusseres partícules metàl·liques que corresponien a grans ferrítics (**fotog. 1**) els quals, envoltats per la mineralització, s'han conservat individualment. Alhora, s'observaren empremtes de cadenes de carburs sobre la matriu d'òxid (**fotog. 2**), que semblen correspondre a relíquies de cementita laminar.

- PT/2003/2.

A partir del fragment identificat amb PT/2003/2, es creà una nova mostra amb la segona part del tall corresponent a l'amplada de la peça 2003.

Caracteritzada per l'absència de matriu metàl·lica en detriment d'una de gairebé completament mineralitzada, a PT/2003/2 s'evidencien també alguns grans ferrítics aïllats entre les formacions colomorfes (**fotog. 1**). A diferència de la mostra anterior, ha estat possible identificar no només relíquies sobre l'òxid de cementita laminar si no l'empremta d'un gra perlític sencer (**fotog. 2**), que podria correspondre a una zona on són majoritàries les restes amb més percentatge de carboni.

- PT/2003/3.

Les mostres corresponents al clau del travesser presenten unes característiques molt similars a les observades prèviament en la mateixa peça.

La matriu es troba totalment mineralitzada, no essent visibles, en aquest cas, cap mena d'empremtes corresponents a relíquies de carburs. Al contrari, són encara visibles petits grans metàl·lics de ferrita (**fotog. 1**) que s'han conservat entre els òxids.

- PT/2003/4.

La mostra PT/2003/4 correspon a un tall longitudinal del clau de la peça, fet que podria permetre observar característiques vers la seva conformació.

Com en mostres anteriors del mateix objecte, PT/2003/4 es troba totalment mineralitzada; amb disposició de bandes colomorfes configurant la seva matriu oxidada, no s'observen restes de microstructures carburades ja desaparegudes ni tampoc grans ferrítics residuals. La uniformitat de la mostra només resulta

alterada per la presència d'una singular esquerdada rectilínia similar a la ja observada en la mostra PT/2003/1 (**fotog. 1**); l'esmentada fisura ha actuat com a via de penetració de la degradació, i sembla dividir el cos de l'objecte en dues parts pràcticament simètriques.

INTERPRETACIÓ

- PT/2001/1-2.

De les dades obtingudes per la observació de les mostres PT/2001/1 i PT/2001/2 s'extreu la següent interpretació: la zona central troostítico-martensítica indicaria un tractament tèrmic de tremp; no obstant, i pel fet de no mantenir-se la microestructura en tota la mostra, és evident que es produí una posterior recristal·lització provocada a l'escalfar la peça a temperatures prou altes per a una austenització de la resta de la mostra, encara que el gradient tèrmic decreixent no fou homogeni i no afectà al centre de la mostra; a partir d'aquest fet, es produí un refredament lent que ha provocat l'aparició de les diverses estructures. En aquest segon procés, s'aprecia una diferència de carburació entre un costat i l'altre del clau, el que indica que, accidental o intencionadament, la peça es deixà descansar sobre un dels costats en un llit de carbons incandescents, provocant una cementació parcial de l'objecte.

L'orientació i l'aplanament de les inclusions denota que el treball mecànic de martelleig, el moment en el qual es conformà la peça, es realitzà a temperatura suficientment alta per donar plasticitat a les inclusions, impedit que aquestes es trenquessin i treballant perpendicularment a l'objecte, en acció d'aprimar la seva secció.

Les analítiques efectuades mostren una matriu metàl·lica de cristalls de ferro amb la presència de petits percentatges de coure i manganès; la presència de Cu és bastant habitual en un estadi primitiu de la siderúrgia del ferro, on el mineral de Fe explotat podia portar Cu incorporat, fet que provoca la seva posterior reducció i el seu afegit a la matriu metàl·lica de Fe. El percentatge residual de Mn de la matriu indicaria, possiblement, la presència de molt petites inclusions de MnO recollides per l'àrea oberta d'anàlisi; si no correspongués a inclusions no metàl·liques, aquesta troballa de Mn a la matriu significaria que el forn assolí temperatures

suficientment altes per a la reducció del MnO, fet difícilment assumible per un estadi primerenc en l'obtenció del ferro.

Analitzades, alhora, diverses inclusions no metàl·liques, es pot afirmar que aquestes, per la seva morfologia i els elements constituents, estan formades per silicats de Fe, Mn i Ca i per òxids de Fe-Mn que, al ser-hi presents de forma generalitzada, podrien indicar que l'estri es conformà a partir del fragment d'una única massa, i no emprant més d'un bloc provinent de reduccions de ferro diferents.

-PT/2002/1-8.

La peça 2002 ha estat sotmesa a un acurat anàlisi de diverses àrees de la seva morfologia; la possibilitat d'investigar sobre l'objecte i el seu extraordinari grau de conservació ho han permès. Correspon al fragment de l'arc de la llanta de Montjuïc, fragmentat per un extrem, límit d'engarç amb una altra secció d'arc per l'altre; la seva curvatura i la posició d'un gairebé desaparegut rebló permeten conèixer quina fou la cara exterior, de fricció i rodament, i quina la interior, en contacte amb la fusta que formava el cos massís de la roda. La suma d'aquestes característiques físiques i funcionals permet establir vinculacions amb la interpretació microestructural que, en bona part, està subordinada a les necessitats de l'estri.

La llanta està conformada a partir d'un únic bloc de material o de barra original, ja que no presenta cap indicatiu d'haver estat feta a partir de làmines, mètode de treball força comú ja en aquestes datacions; alhora, l'anàlisi de les inclusions mostra l'existència de dos tipus, silicats de Fe, Mn i Ca i òxids de manganès, que es barregen de forma aleatòria i que formen part de les impureses de la massa metàl·lica a partir de la qual s'ha conformat la peça. La barra original es caracteritzà per un bon treball de cinglatge i forja efectuat, fet que permeté disposar d'un metall bastant net de les escòries originals de la reducció; en el mateix sentit, les poques existents mostren una orientació paral·lela al perímetre de la llanta, producte de l'estirament de la barra i la seva conformació en calent.

Vers la metodologia del treball seguida per l'artesà, la hipòtesi més factible és que aquest bloc de metall inicial adquirí carboni de forma natural durant la reducció, a través de la pròpia atmosfera carburant del forn o al quedar dipositat sobre els

carbons incandescents del forn, fet que va provocar la difusió de C en el metall a través de la cara de contacte. La hipòtesi alternativa fora que l'enriquiment de carboni localitzat es tractés d'un tractament realitzat sobre la barra ja feta.

Amb una base de material heterogèniament carburada, es portà a alta temperatura per a deformar-la plàsticament i assolir la forma adequada pel seu ús. En aquest punt l'artesà pogué intervenir sobre la peça amb dos procediments diferents:

- trobant-se durant la conformació en l'estat austenític, es sotmeté tot seguit l'objecte a un tremp suau;
- o, en canvi, després d'haver realitzat el treball mecànic, es tornà a escalfar a temperatura superior a A_1 , on, altre cop a suficient temperatura de transformació microestructural, es baixà bruscament aquesta amb un tremp suau.

Amb independència de la successió de mètode triat pel ferrer, sembla evident que durant la conformació ja havia advertit quina era la cara de la llanta més apropiada per a cada funció, fet més lògic si s'accepta que l'enriquiment de carboni fou realitzat de forma intencionada. En aquest sentit, elaborà l'objecte donant concavitat a la cara menys carburada, que restava en contacte amb la fusta de la roda massissa, i situant com a superfície de rodament a la més dura, la més acerada i tractada.

Utilitzà el tractament tèrmic del tremp per endurir encara més el metall treballat, coneixent que, com a mínim, el procediment seria efectiu a la zona més acerada, amb independència de que no funcionés a les àrees més ferrítiques, on no calia. L'artesà aprofità les temperatures necessàries per austenitzar i trempar l'objecte, que van permetre primer reordenar la microestructura, recristal·litzant els grans i esborrant les possibles deformacions ocasionades pel treball mecànic, i, amb el tremp, adquirir una nova microestructura que li proporcionava les propietats mecàniques més adients en la zona que l'interessava.

El tremp al qual es sotmeté la peça fou un tremp suau, efectuat submergint o mullant la peça en aigua tèbia, oli o qualsevol producte a no excessivament baixa temperatura. Aquest procediment, portat a terme pel ferrer per no aguditzar la fragilitat que proporcionava el tremp, provocà que la martensita no es generalitzés

a l'àrea eutectoide, quedant convertida en bainita o en perlita fina en les zones on la davallada de la temperatura no fou prou brusca o, simplement, no restaren sotmeses a un refredament intencionat.

D'especial interès és el fet de que l'extrem de l'arc de la llanta, el que havia de contactar amb el següent segment de la circumferència, no va ser trempat. Molt possiblement fou la zona de subjecció de la peça durant el procediment per donar tremp; amb tot, és de suposar que es tractà de una acció intencionada, que permetia major ductilitat pels esforços de la fixació als quals s'havia de sotmetre aquesta àrea ja en fred.

Respecte a la presència de cementita lliure a les zones més carburades de la peça, caldria interpretar que no fou possible arribar a la suficient temperatura A_{cm} per a una total austenització, circumstància que evità la transformació en austenita de la totalitat de les microstructures carburades i que, per tant, evità una major presència d'estructures pròpies del tractament tèrmic de refredament.

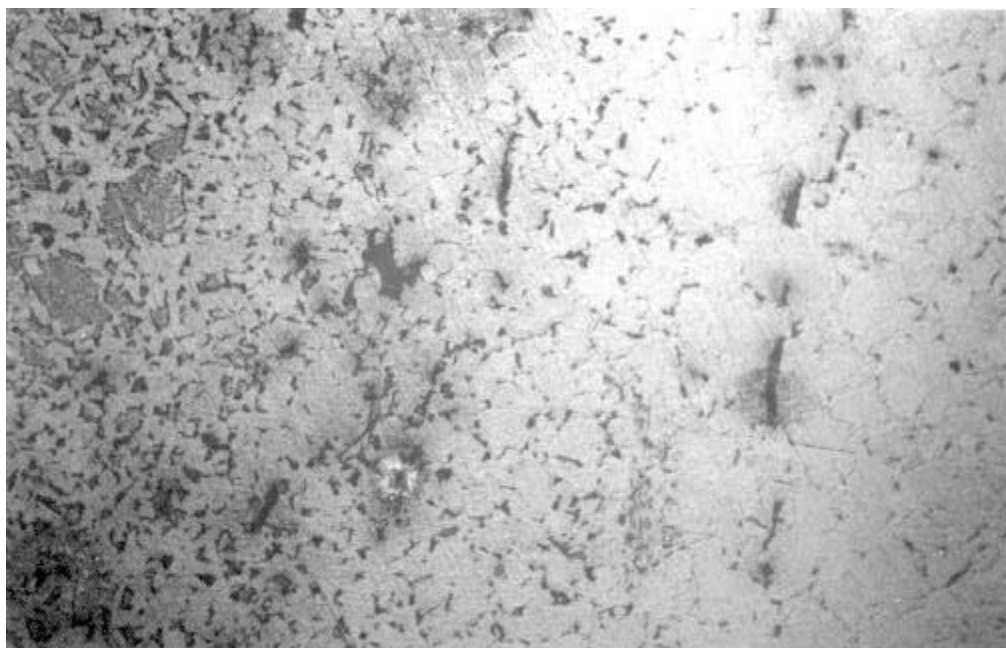
Els diferents mètodes descrits mostren un coneixement de les diverses tècniques de tractament tèrmic i mecànic per part de l'artesà, a ben segur no adquirides com a procediment singular si no pròpies d'una metodologia transmesa de forma pràctica i ampliada per l'experiència personal, que eren aplicades particularment en funció de les propietats mecàniques requerides per la peça. El ferrer emprà una barra o porció de massa carburada, li extragué al màxim les impureses, seleccionà les àrees de major duresa per adaptar-les a les necessitats de l'útil, i finalment practicà un tractament tèrmic de tremp per endurir la zona que li interessava, per tant, es tractava d'un artesà prou especialitzat i coneixedor del seu ofici. No obstant, i tot i seguir pautes de treball correctes i estandarditzades, els resultats foren heterogenis a causa de les limitacions tecnològiques, ja iniciades per les característiques dels forns emprats; a aquestes mancances s'hi afegia el fet de no disposar de mecanismes de control que li permetessin apreciar el producte final del seu treball, validació qualitativa que només es podia advertir a través de l'experiència del ferrer, el seu grau de coneixement empíric i la seva perícia manual.

- PT/2003/1-4.

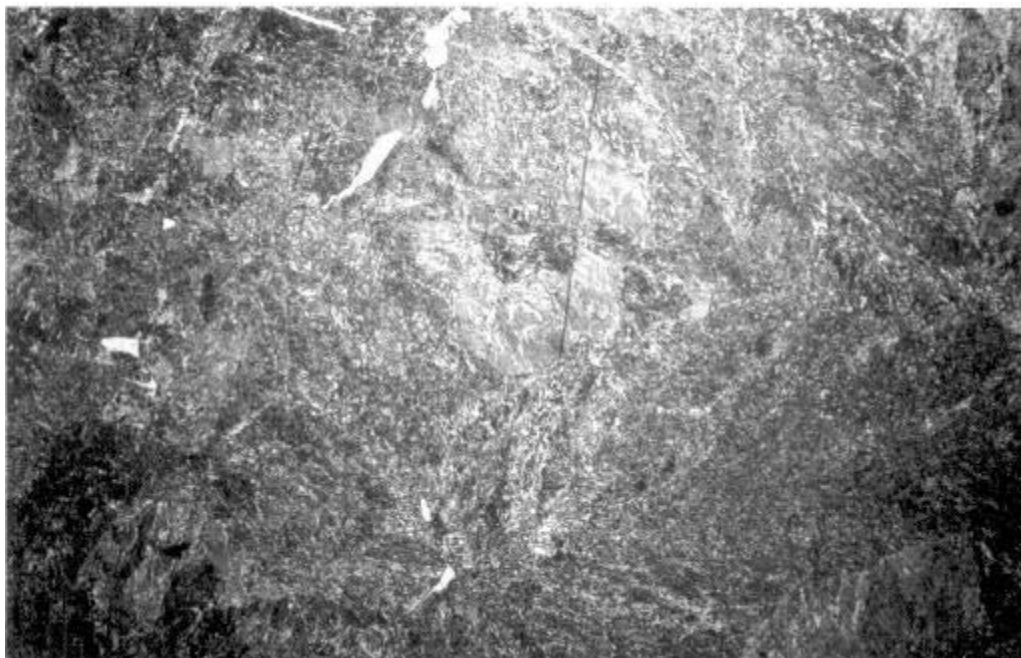
De les dades obtingudes per la observació de les diverses mostres de la peça, tot i les limitacions que suposa la manca de matriu metàl·lica, s'interpreta que el travesser rebé una desigual carburació; aquest fet es manifesta en una heterogeneïtat de presència de restes reveladors de la desapareguda microestructura, concentrant-se els escadussers grans ferrítics en la cara interna i les relíquies de carburs en la zona més externa. Amb la reduïda informació de què es disposa, fora hipotèticament probable que el ferrer proporcionés major duresa a la part de la peça que quedava vista i major ductilitat a la que mantenia contacte amb el material perible (fusta) que formava el cos de la roda massissa. Del rebló només es conserven dispersos grans ferrítics, no definitoris de l'original microestructura.

Amb tot, s'evidencia que tant el cos del travesser com el rebló de fixació es conformaren a partir de dues làmines de metall. A causa de les condicions de conservació no és possible apreciar si les diferències microestructurals esmentades tenen a veure amb l'ús de dues porcions de metall diferent, una de ferrítica i una altra d'acer, però es detecta la presència d'una línia de soldadura prou identificada i paral·lela a la llargària del travesser i el rebló. Possiblement s'empressin dues làmines (0,4 mm. aprox. cadascuna) per donar el gruix requerit pel seu ús; la deficient soldadura entre ambdós cossos provocà que quedessin bosses d'aire entremig, fet que propicià l'oxidació des de l'interior de la peça i facilità la total mineralització dels objectes.

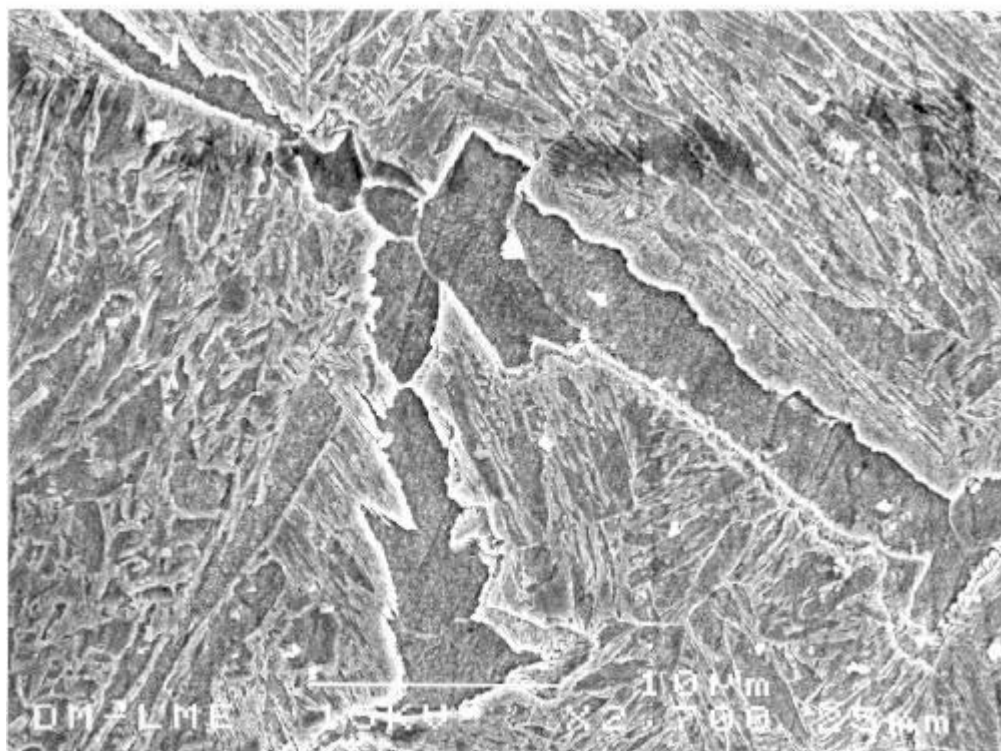
En el mateix sentit, és destacable el fet de la manca gairebé absoluta de restes esoriàcies, el que fa suposar que es realitzà un treball acurat en el cinglatge i forja de la massa o masses de les quals n'eren originàries les làmines; ja en el treball de conformació de l'estri, o la fornàl no assolí la temperatura necessària durant prou temps per a permetre la correcta soldadura entre les esmentades, o el treball mecànic no fou suficient, o ambdós factors simultàniament.



PT/2001/1. Fotografia 1. Imatge de la microestructura quasi ferrítica i la posterior ferriticoperlítica de la mostra (x 225 augm.).



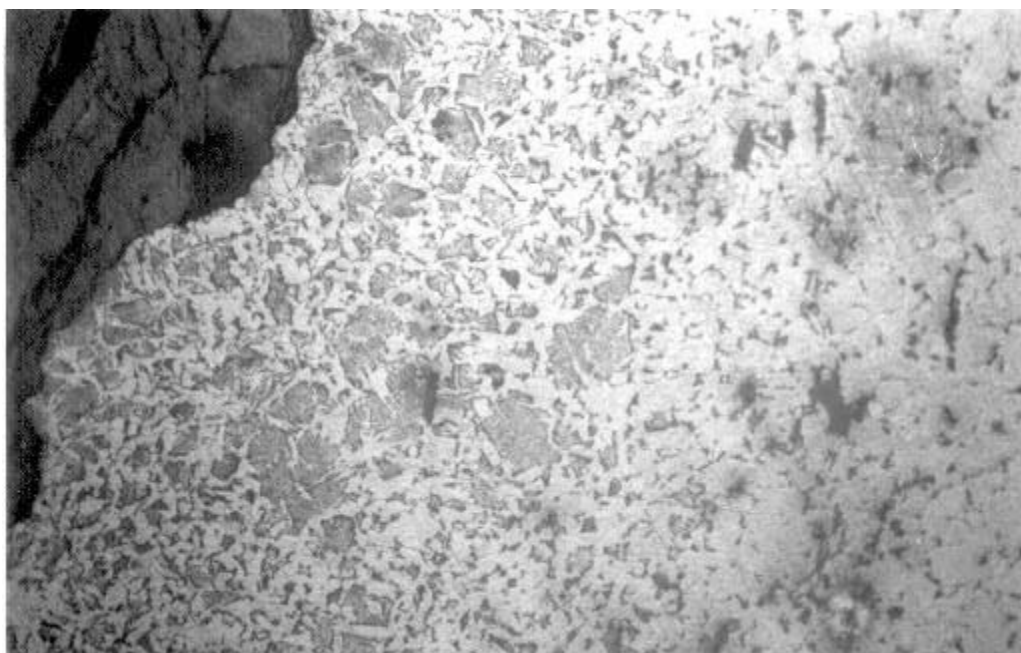
PT/2001/1. Fotografia 2. Microestructura eutectoide amb àrees troostíques (x 560 augm.).



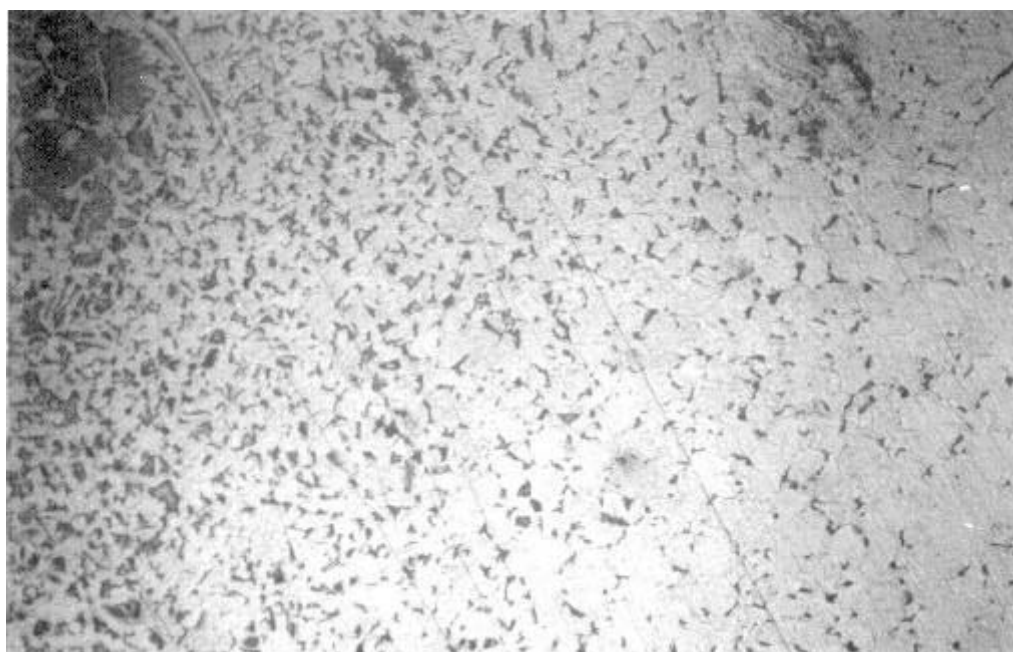
PT/2001/1. Fotografia 3. Microestructura amb colònia d'agulles martensítiques (x 2700 augm.).



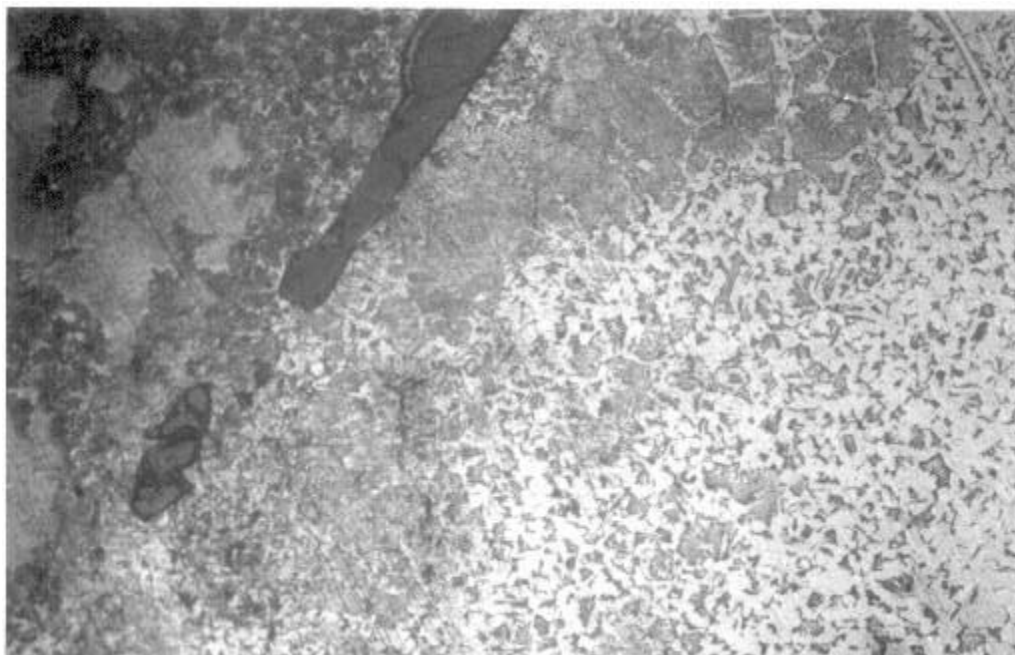
PT/2001/1. Fotografia 4. Microestructura amb colònies martensítiques (x 3500 augm.).



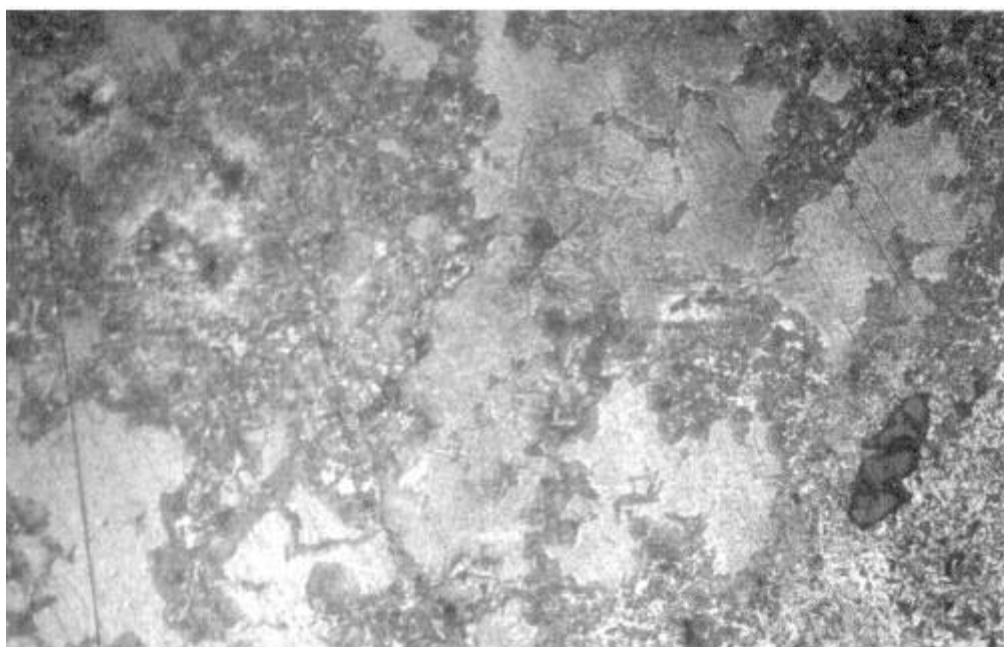
PT/2001/1. Fotografia 5. Imatge de la microestructura amb gradació de carboni fins a la vora de la mostra (x 225 augm.).



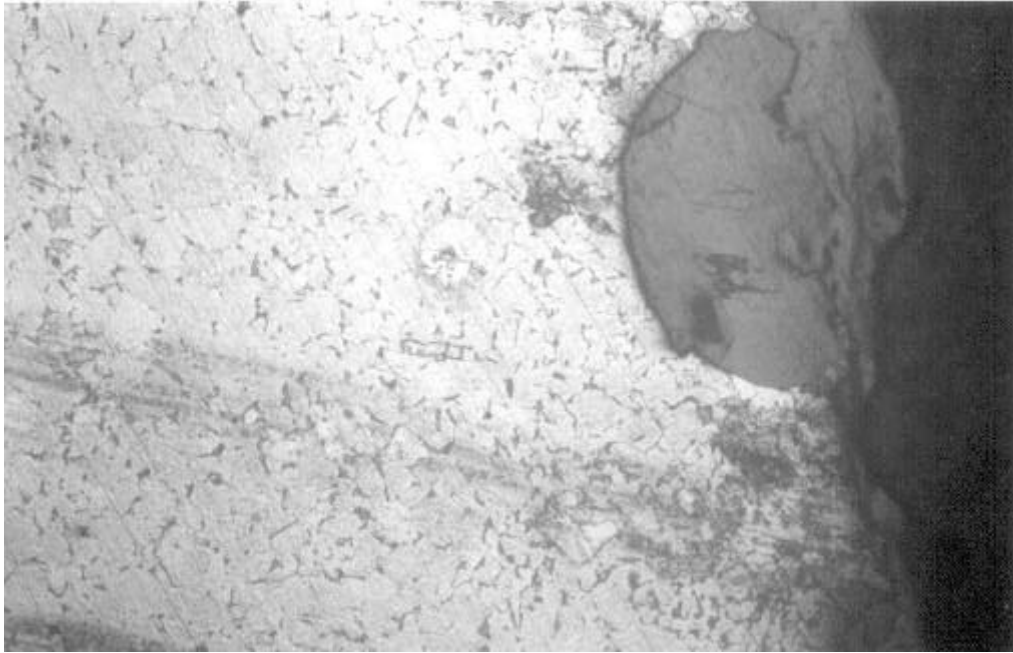
PT/2001/2. Fotografia 1. Microestructura hipoeutectoide amb dues zones de diferent percentatge de carboni (x 225 augm.).



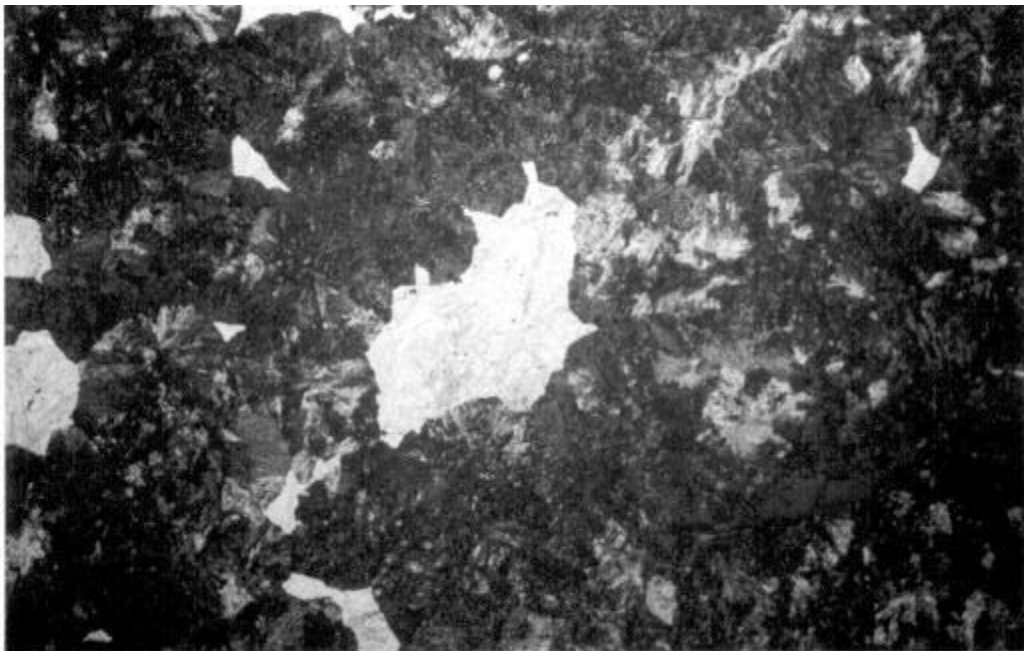
PT/2001/2. Fotografia 2. Imatge del canvi de microestructura ferríticoperlítica a perlítica, amb inclusions vítries (x 225 augm.).



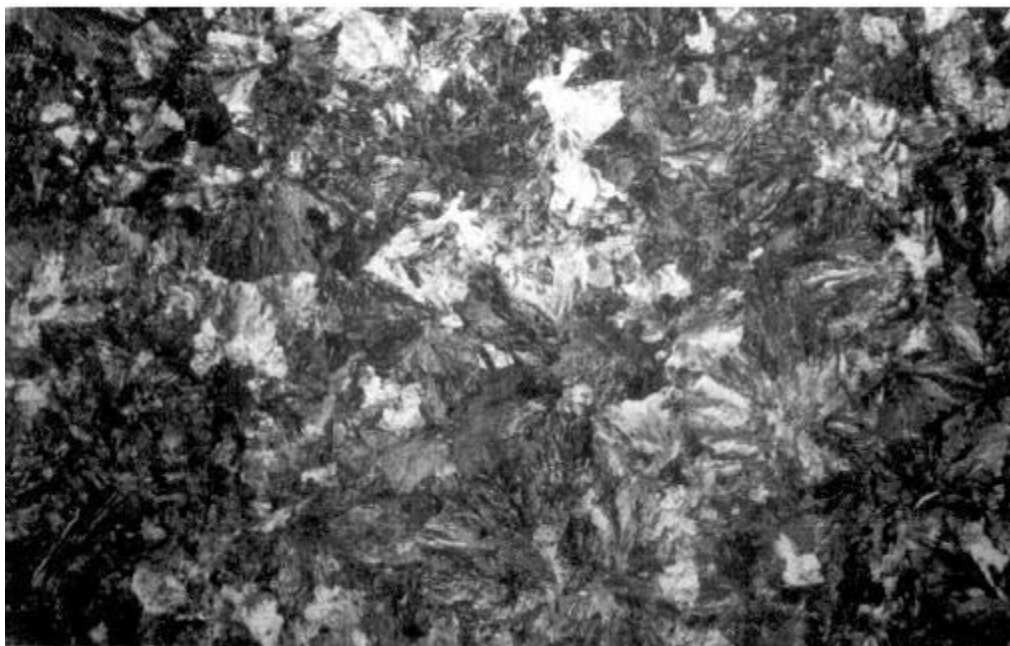
PT/2001/2. Fotografia 3. Microestructura de caràcter hipereutectoide amb illots martensítics (x 225 augm.).



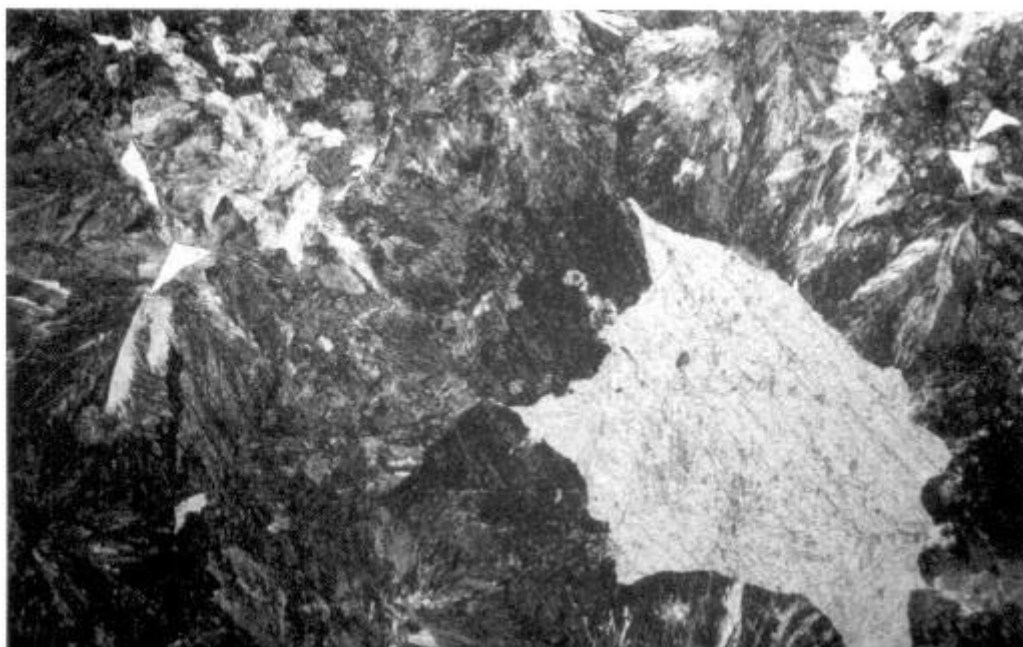
PT/2001/2. Fotografia 4. Microestructura de caràcter hipoeutectoide amb molt baix contingut de carboni (x 225 augm.).



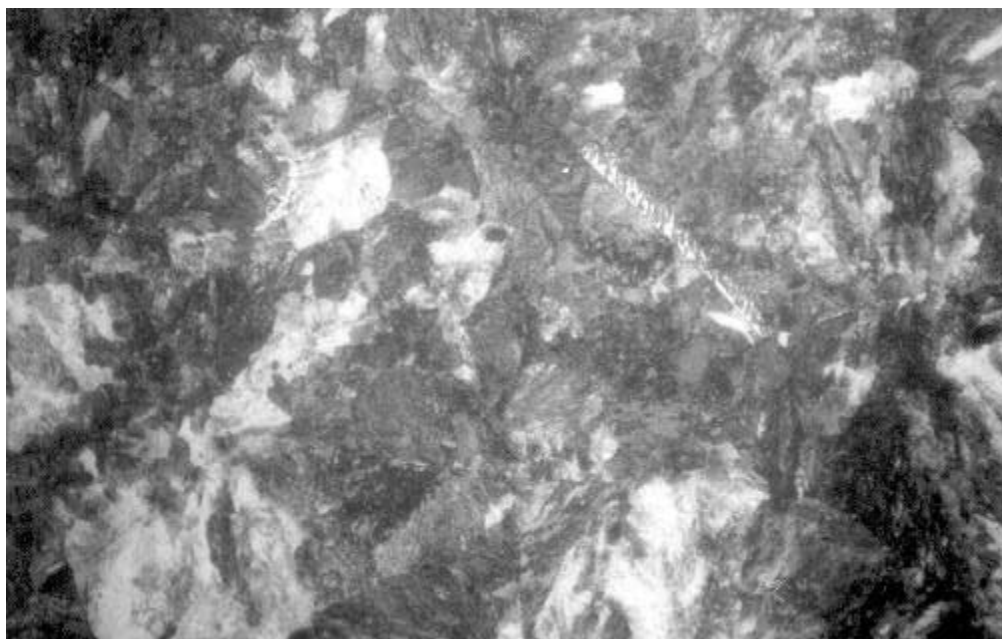
PT/2002/1. Fotografia 1. Microestructura bainítica amb illots martensítics homogènia a tota la mostra (x 225 augm.).



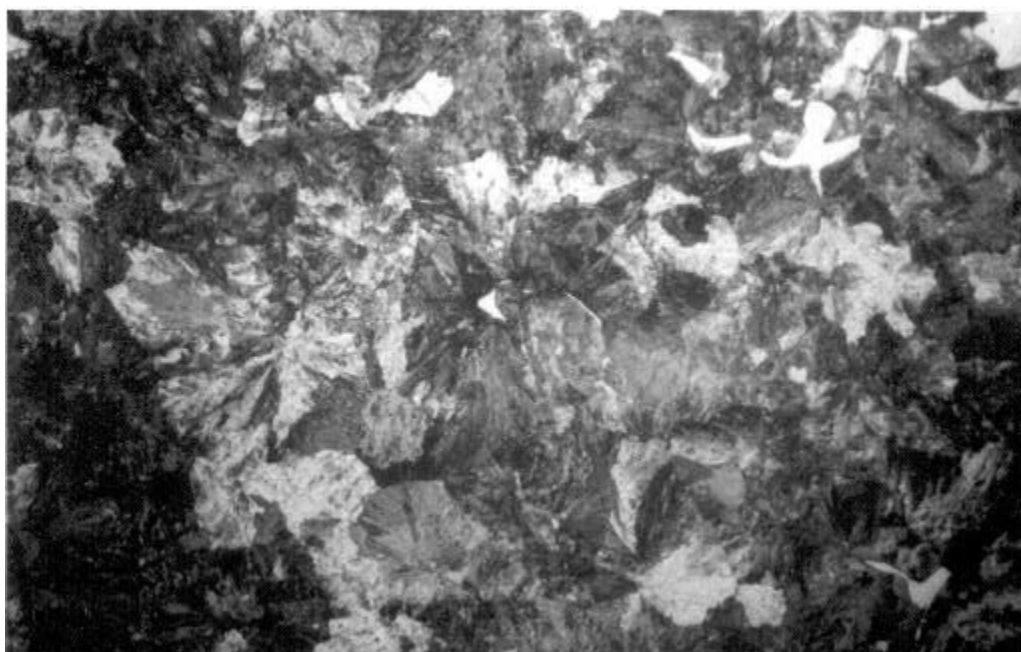
PT/2002/1. Fotografia 2. Imatge de les formacions bainíiques comunes a la mostra (x 225 augm.).



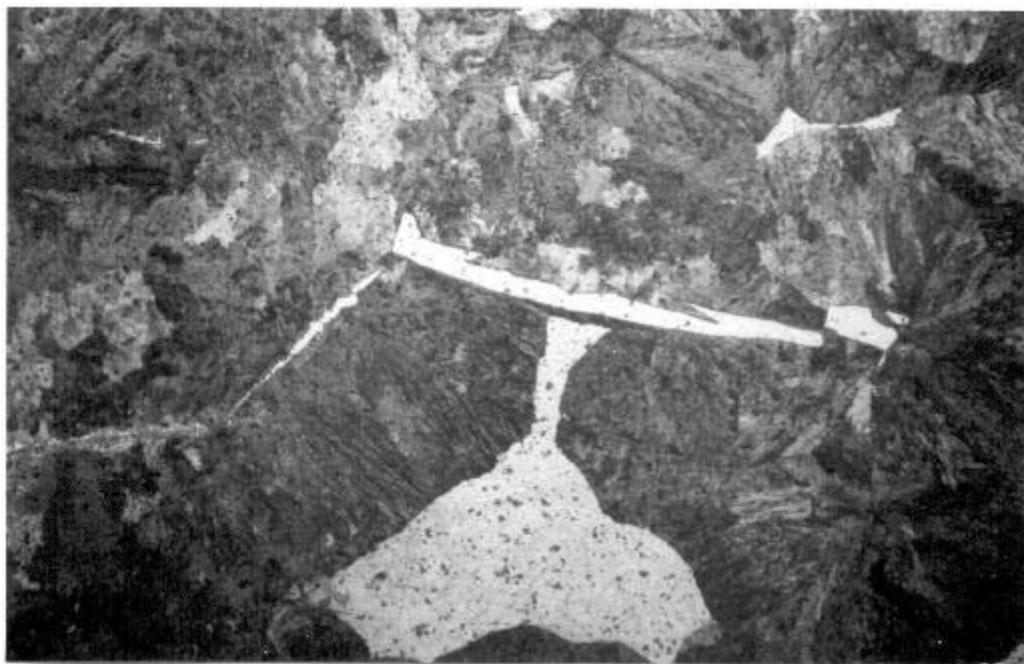
PT/2002/1. Fotografia 3. Diversos illots martensítics, amb un de grandària considerable, dins la microestructura bainítica (x 225 augm.).



PT/2002/1. Fotografia 4. Petites cadenes de carburs entre la matriu bainítica de la mostra (x 225 augm.).



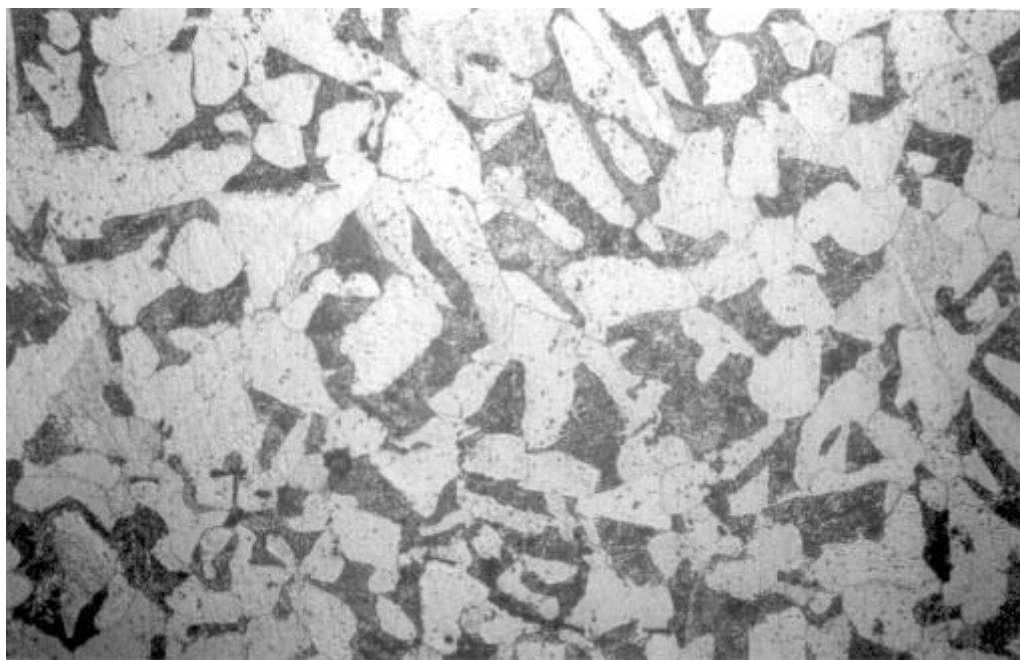
PT/2002/2. Fotografia 1. Microestructura bainítica de gra molt fi majoritària a la mostra (x 225 augm.).



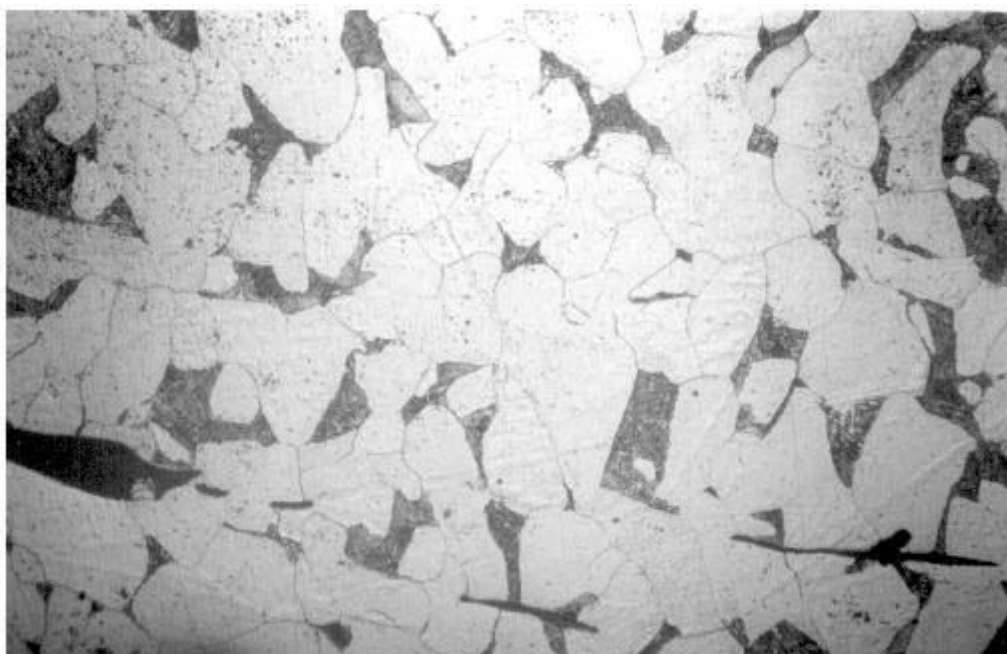
PT/2002/2. Fotografia 2. Imatge d'illots martensítics, cadenes de cementita lliure i alguna inclusió entre les formacions bainítics (x 225 augm.).



PT/2002/3. Fotografia 1. Microstructura de caràcter hipoeutectoide de baix contingut en carboni (x 225 augm.).



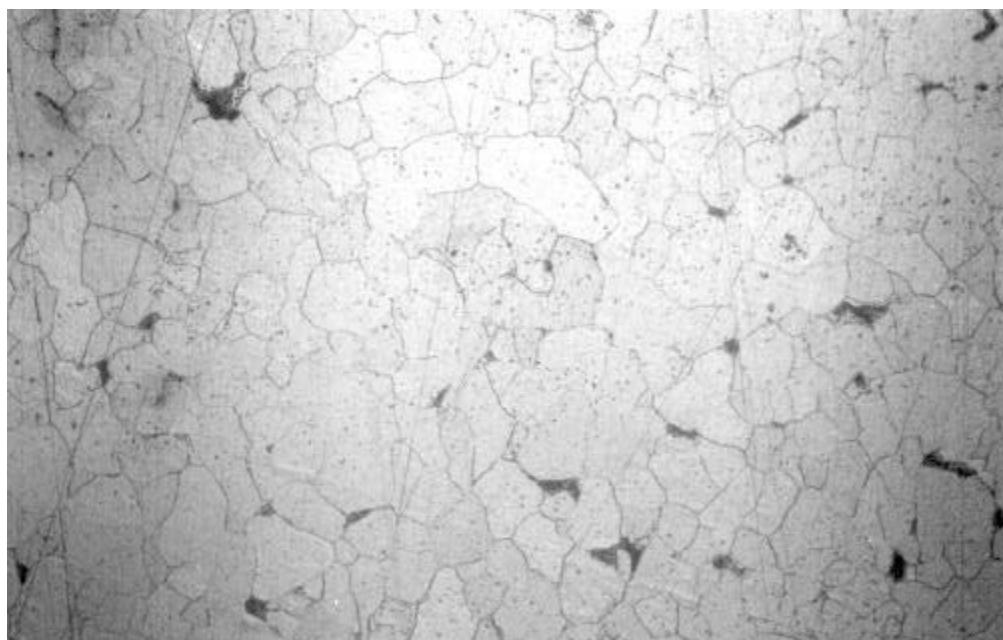
PT/2002/3. Fotografia 2. Imatge de la microestructura de caràcter hipoeutectoide amb major percentatge de carboni (x 225 augm.).



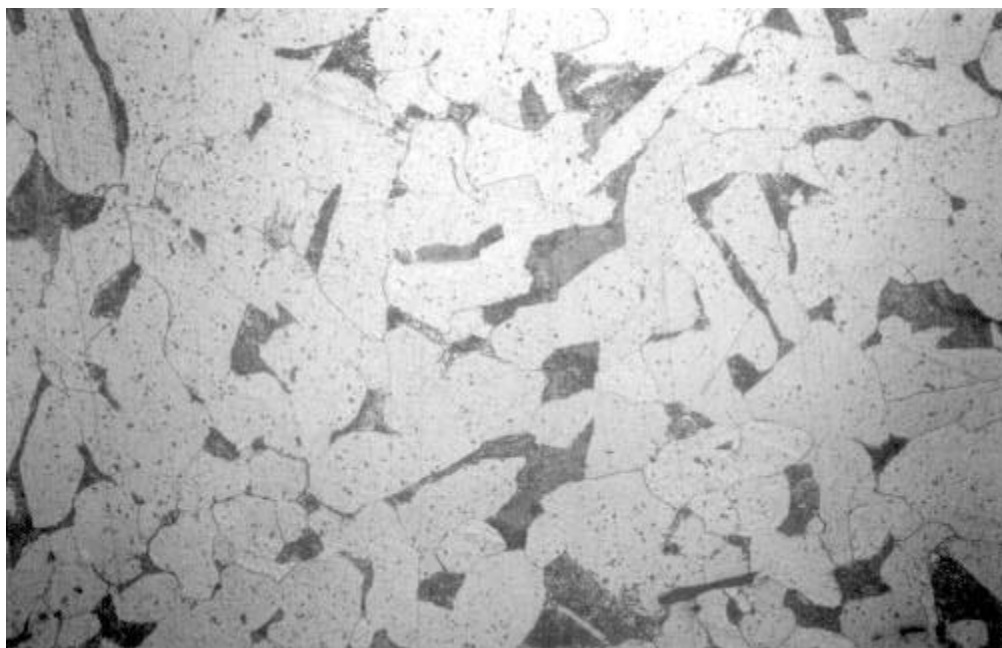
PT/2002/4. Fotografia 1. Microestructura ferriticoperlítica de baix contingut de carboni i presència d'inclusions allargassades (x 225 augm.).



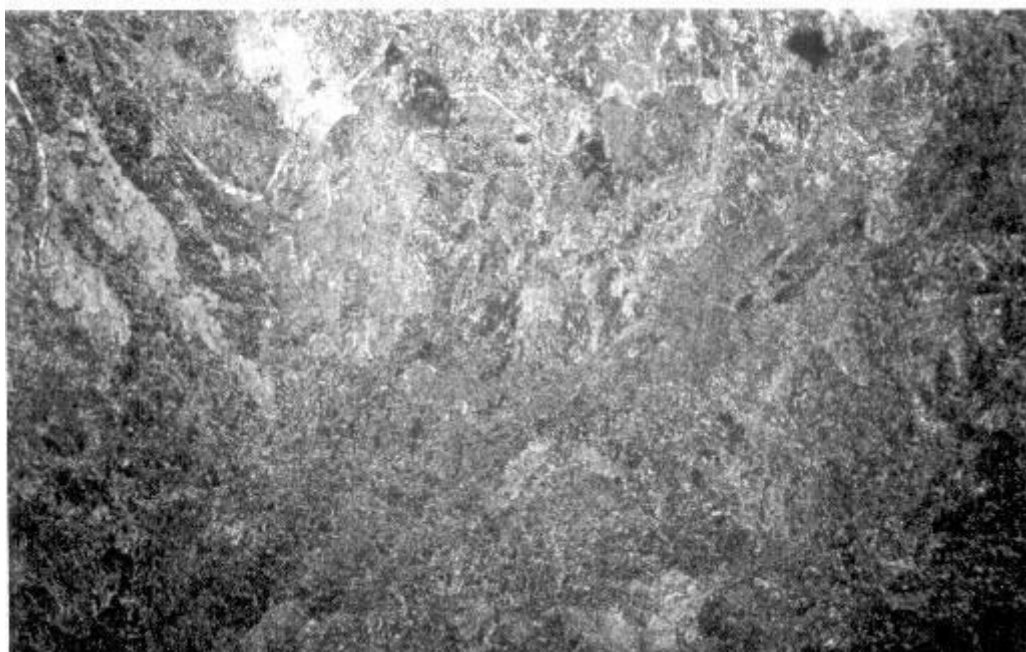
PT/2002/4. Fotografia 2. Imatge d'una inclusió no metàl·lica sobre la matriu ferriticoperlítica de la mostra (x 500 augm.).



PT/2002/5. Fotografia 1. Microestructura hipoeutectoide de molt baix percentatge de carboni (x 225 augm.).



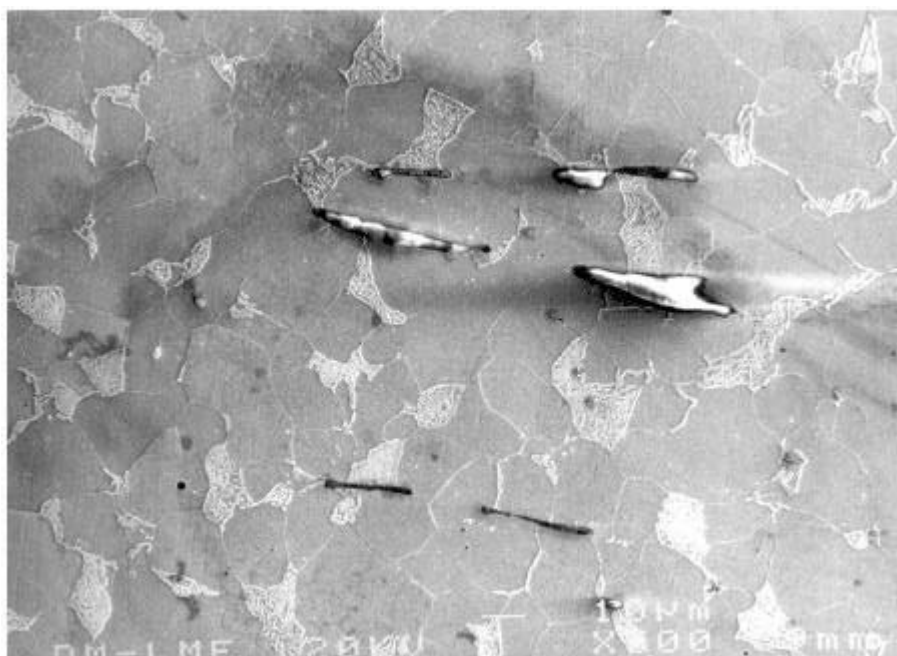
PT/2002/5. Fotografia 2. Imatge de microestructura de caràcter hipoeutectoide (0,2 -0,3 % C) corresponent a la gradació de percentatge de carboni a la mostra (x 360 augm.).



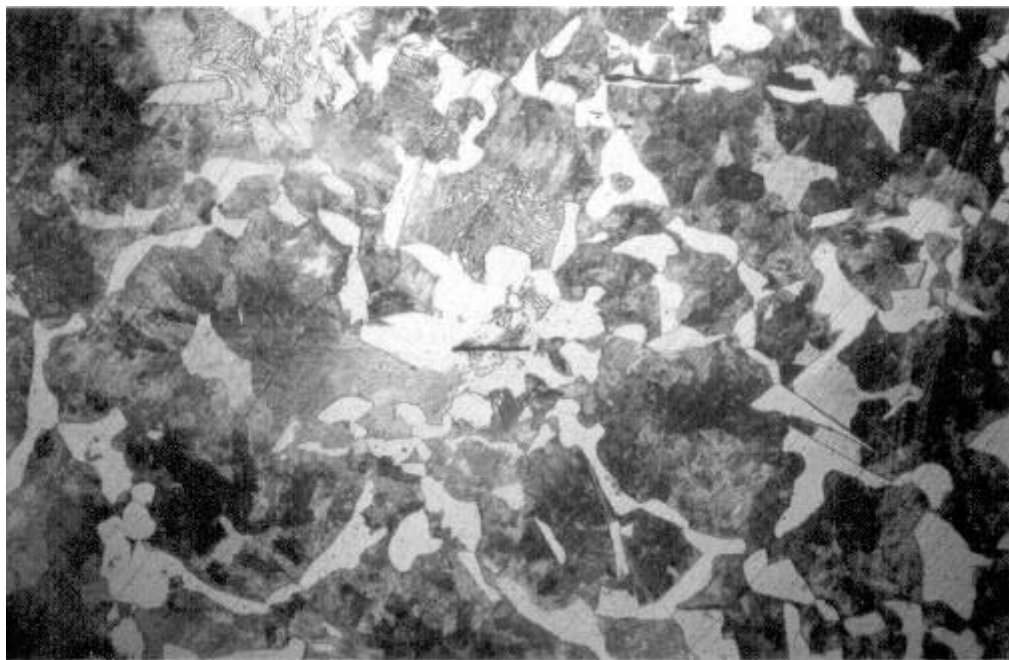
PT/2002/5. Fotografia 3. Microestructura de caràcter eutectoide amb alguna cadena cementítica intergranular visible (x 225 augm.).



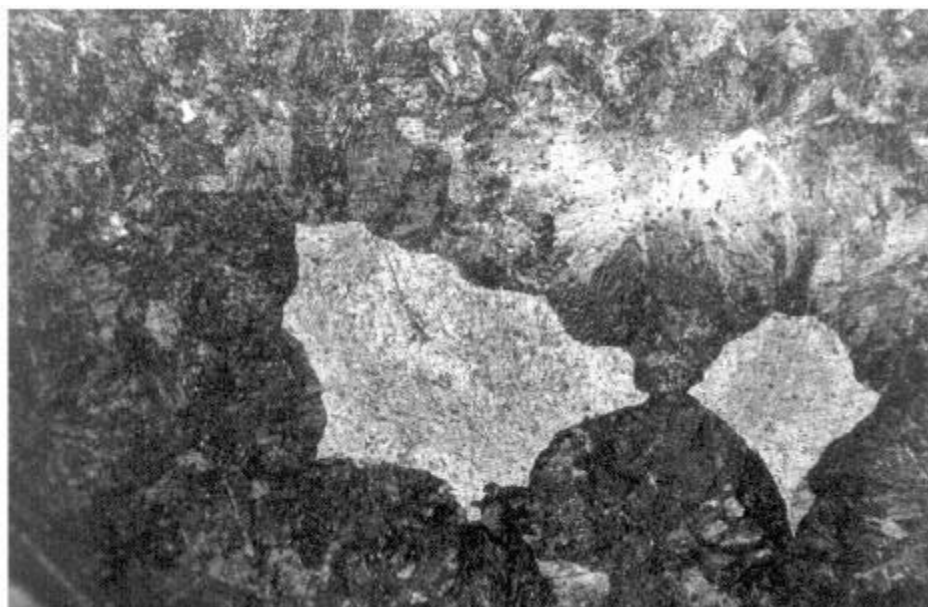
PT/2002/6. Fotografia 1. Microestructura ferríticoperlítica amb algunes agulles en disposició Widmanstätten (x 360 augm.).



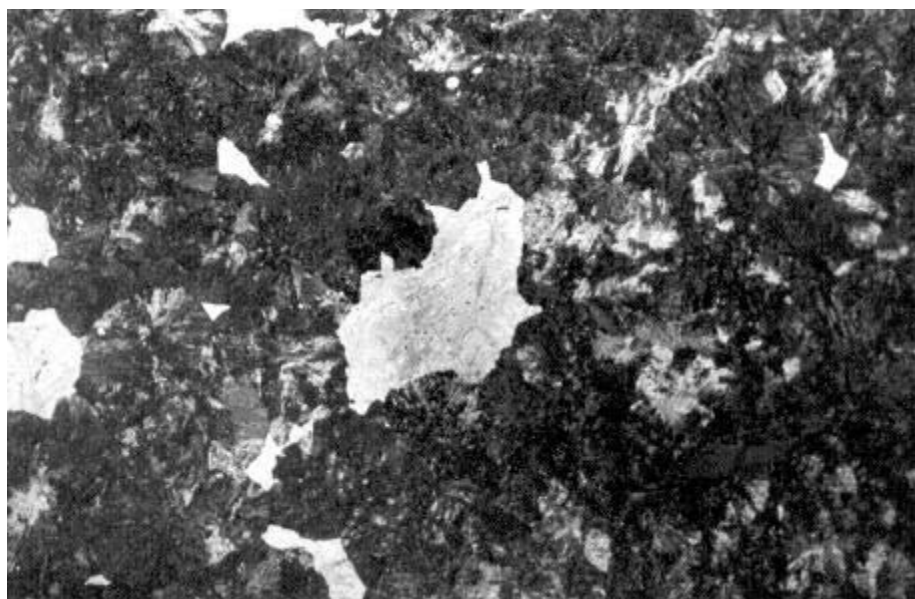
PT/2002/6. Fotografia 2. Imatge d'inclusions no metàl·liques sobre microestructura de caràcter hipoeutectoide (x 300 augm.).



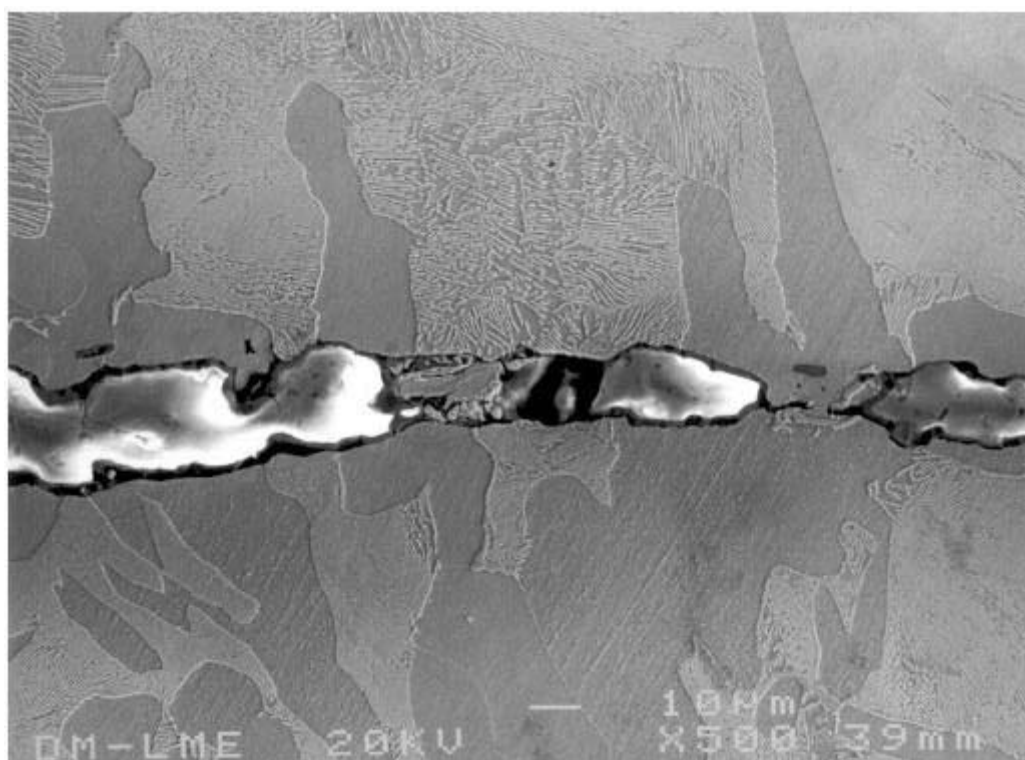
PT/2002/7. Fotografia 1. Microestructura ferríticoperlítica (0,5 % C aprox.) amb cementita secundària laminar als grans perlítics (x 225 augm.).



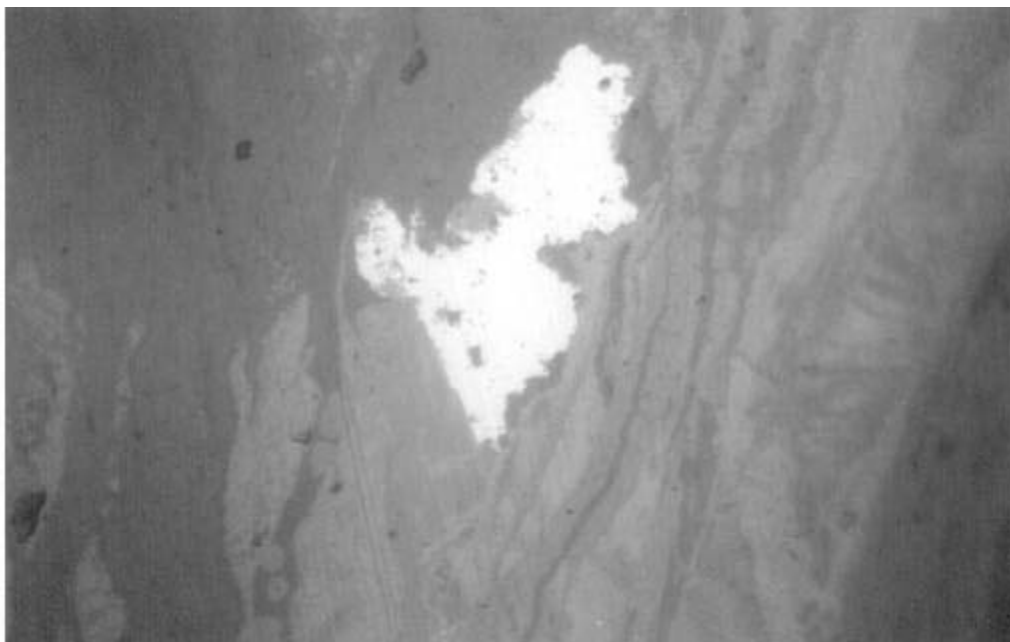
PT/2002/7. Fotografia 2. Imatge de l'àrea d'evolució entre microestructura bainítica i grans colònies martensítiques (x 225 augm.).



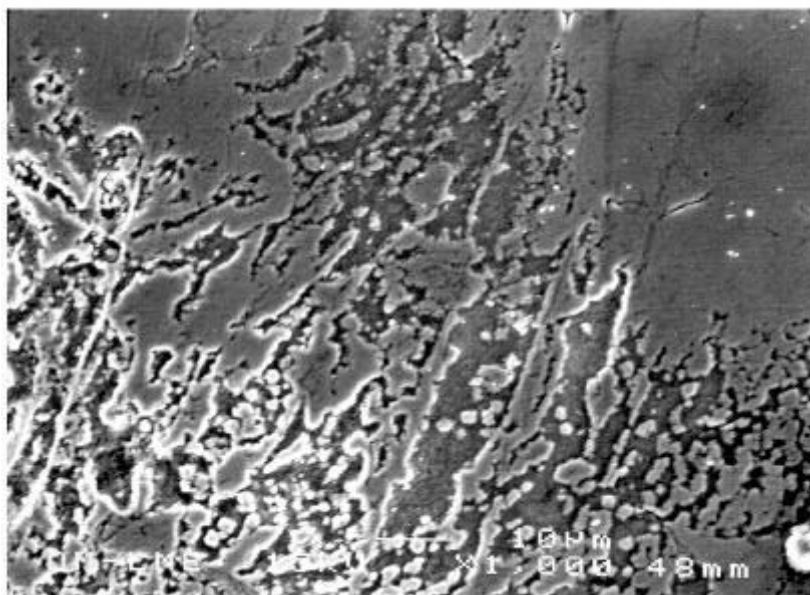
PT/2002/8. Fotografia 1. Microestructura bainítica amb colònies martensítiques (x 225 augm.).



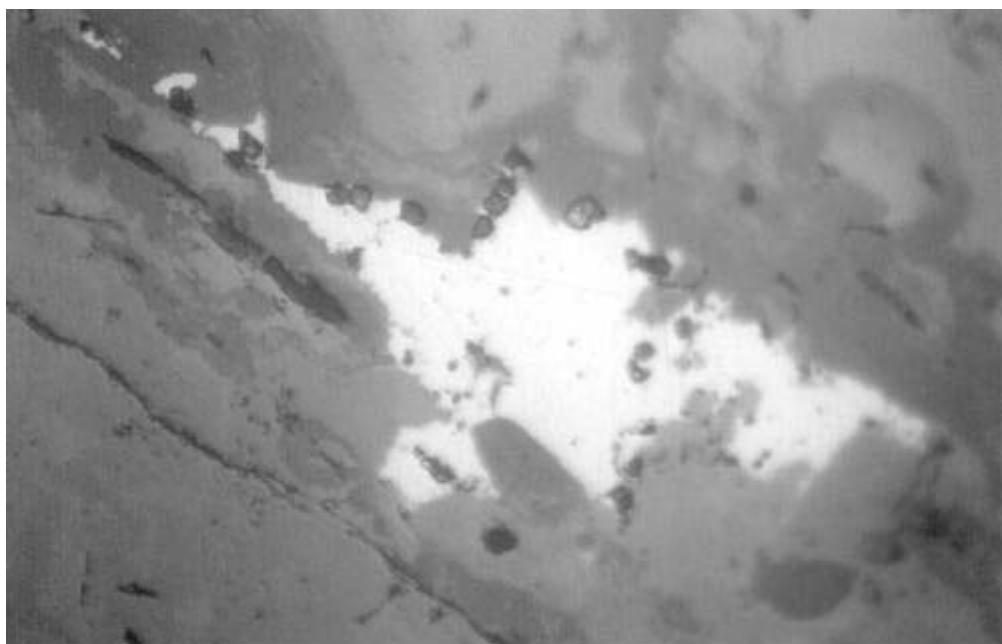
PT/2002/8. Fotografia 2. Imatge d'inclusió vítria no metàl·lica sobre microestructura de caràcter hipoeutectoide (x 500 augm.).



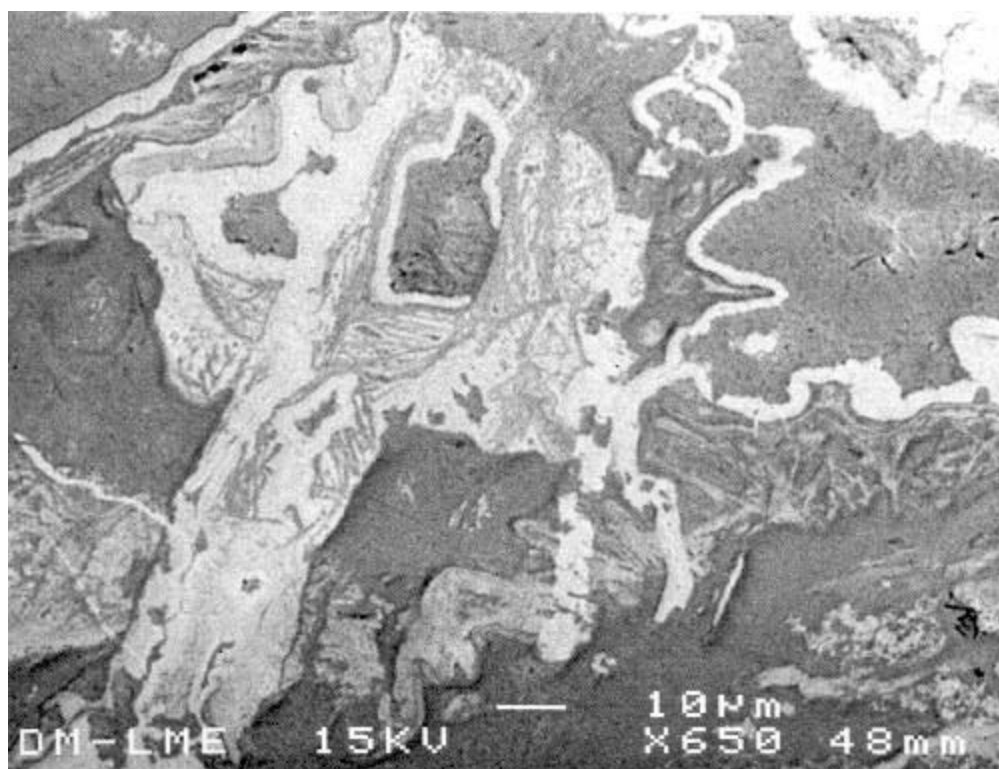
PT/2003/1. Fotografia 1. Imatge de gra ferrític en la matriu oxidada (x 560 augm.).



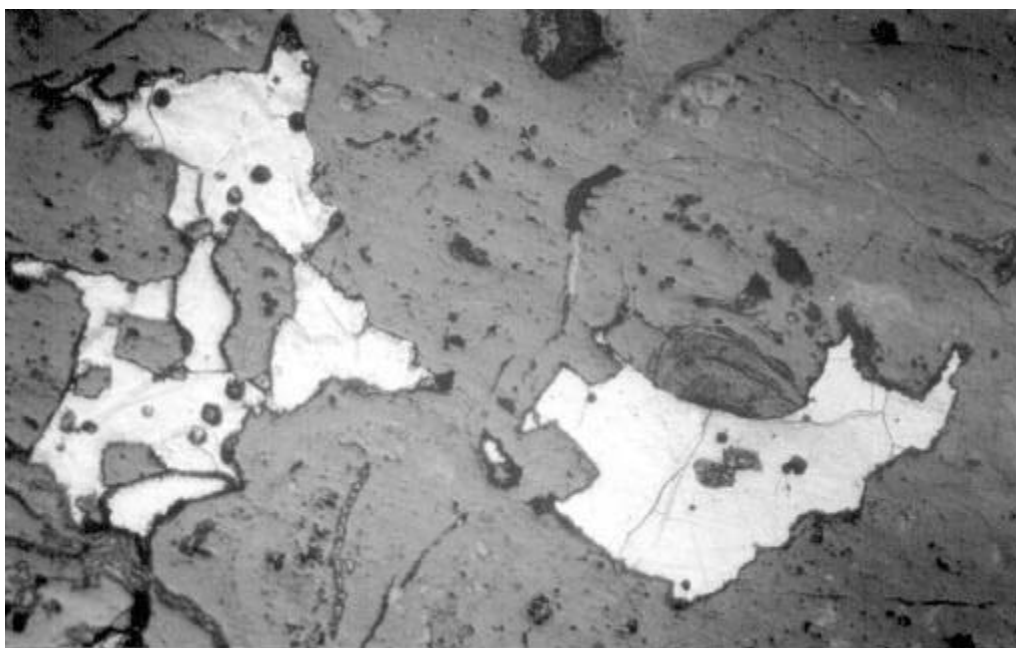
PT/2003/1. Fotografia 2. Possibles empremtes de carburs de ferro sobre la matriu mineralitzada (x 1000 augm.).



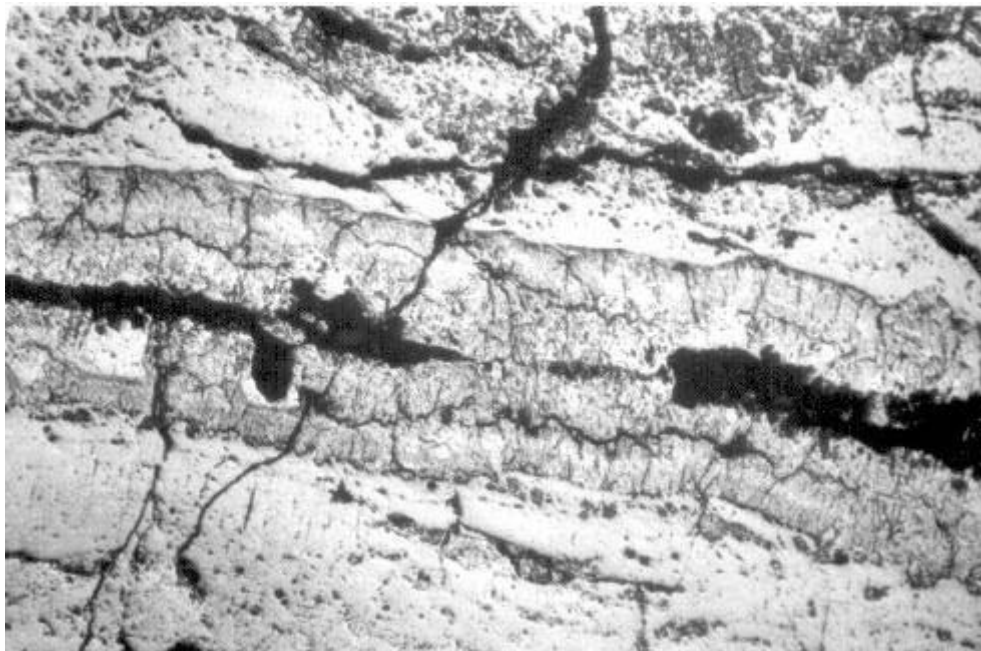
PT/2003/2. Fotografia 1. Imatge de gra ferrític sobre matriu d'òxids (x 560 augm.).



PT/2003/2. Fotografia 2. Emprems de grans perlítics i d'una possible microestructura carburada sobre la matriu d'òxid (x 650 augm.).



PT/2003/3. Fotografia 1. Imatge de gra ferrític entre la matriu mineralitzada (x 225 augm.).



PT/2003/4. Fotografia 1. Detall de l'esquerda visible en la matriu mineralitzada de la mostra (x 225 augm.).



Figura 3. Mostra PT/2001/1 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 4. Mostra PT2001/2 i localització de fotografies de microscopia

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2002

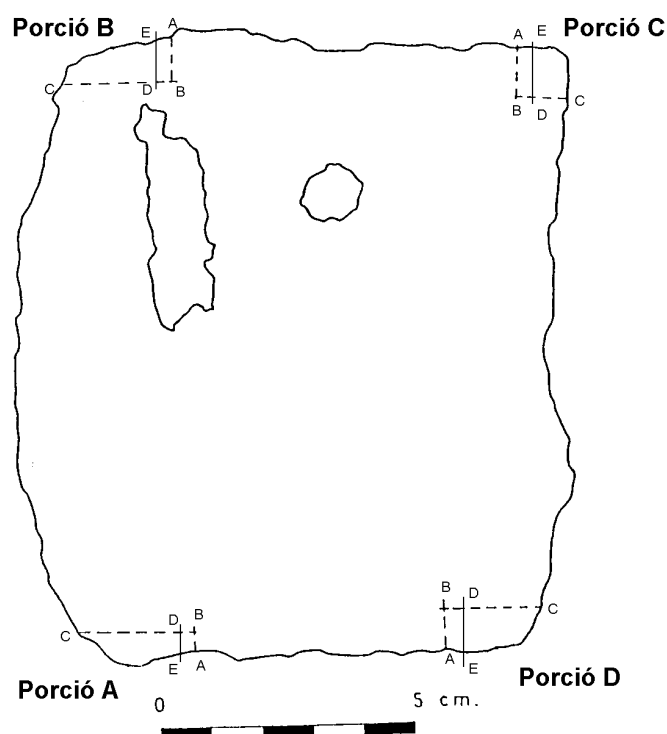


Figura 1. Extracció de les diferents porcions bases per obtenir les mostres: porció A: mostres PT/2002/1 i PT/2002/2; porció B: mostres PT/2002/3 i PT/2002/4; porció C: mostres PT/2002/5 i PT/2002/6; porció D: mostres PT/2002/7 i PT/2002/8.



Figura 2. Mostra PT/2002/1 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 3. Mostra PT/2002/2 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 4. Mostra PT/2002/3 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 5. Mostra PT/2002/4 i localització de fotografies de microscopia.

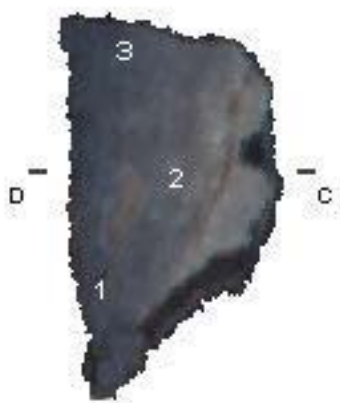


Figura 6. Mostra PT/2002/5 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 7. Mostra PT/2002/6 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 8. Mostra PT/2002/7 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 9. Mostra PT/2002/8 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 10. Localització de microdureses sobre PT/2002/1 (1. 440 HV; 2. 693 HV; 3. 330 HV; 4. 824 HV).



Figura 11. Localització de microdureses sobre PT/2002/3 (1. 119 HV; 2. 145 HV; 3. 121 HV; 4. 154 HV).



Figura 8. Mostra PT/2002/7 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 9. Mostra PT/2002/8 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 10. Localització de microdureses sobre PT/2002/1 (1. 440 HV; 2. 693 HV; 3. 330 HV; 4. 824 HV).



Figura 11. Localització de microdureses sobre PT/2002/3 (1. 119 HV; 2. 145 HV; 3. 121 HV; 4. 154 HV).

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2003

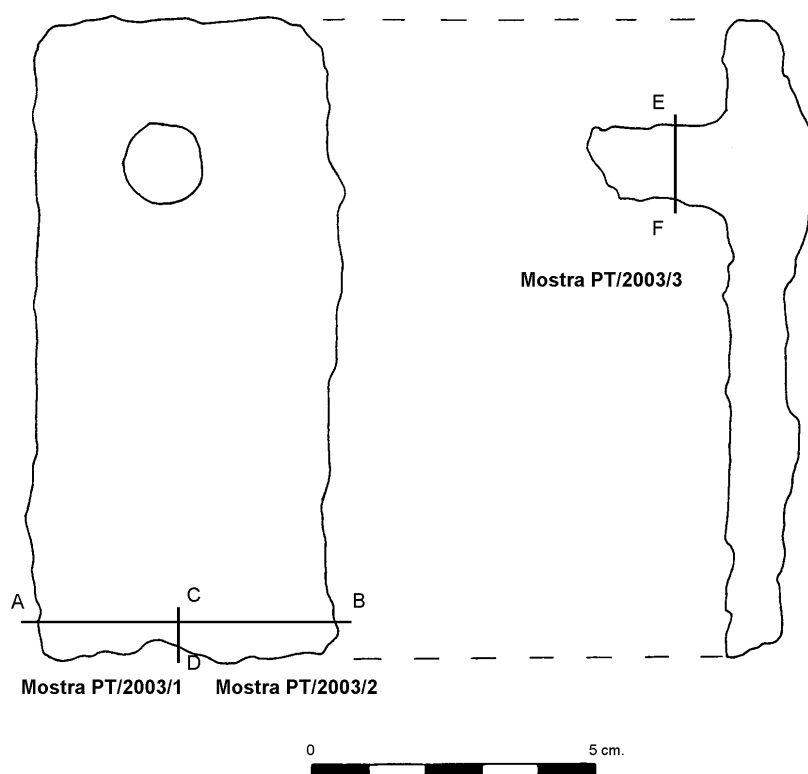


Figura 1. Extracció de les mostres PT/2003/1, PT/2003/2 i PT/2003/3, porció base per obtenir PT/2003/4.

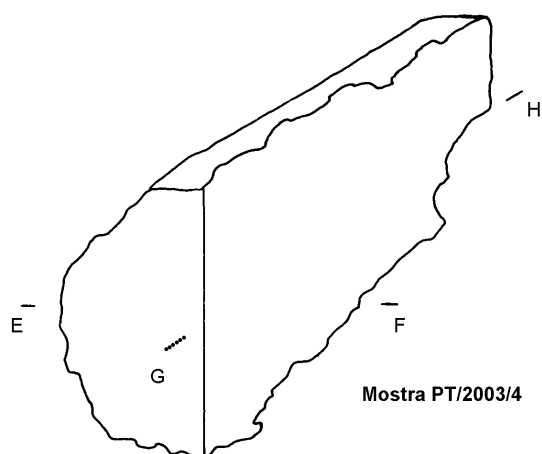


Figura 2. Procés d'obtenció de la mostra PT/2003/4.



Figura 3. Mostra PT/2003/1 i localització de fotografies de microscopia.

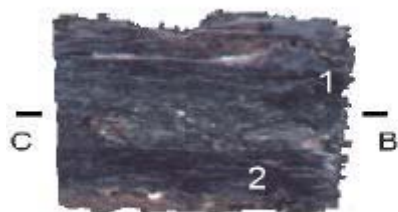


Figura 4. Mostra PT/2003/2 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 5. Mostra PT/2003/3 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 6. Mostra PT/2003/4 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2001

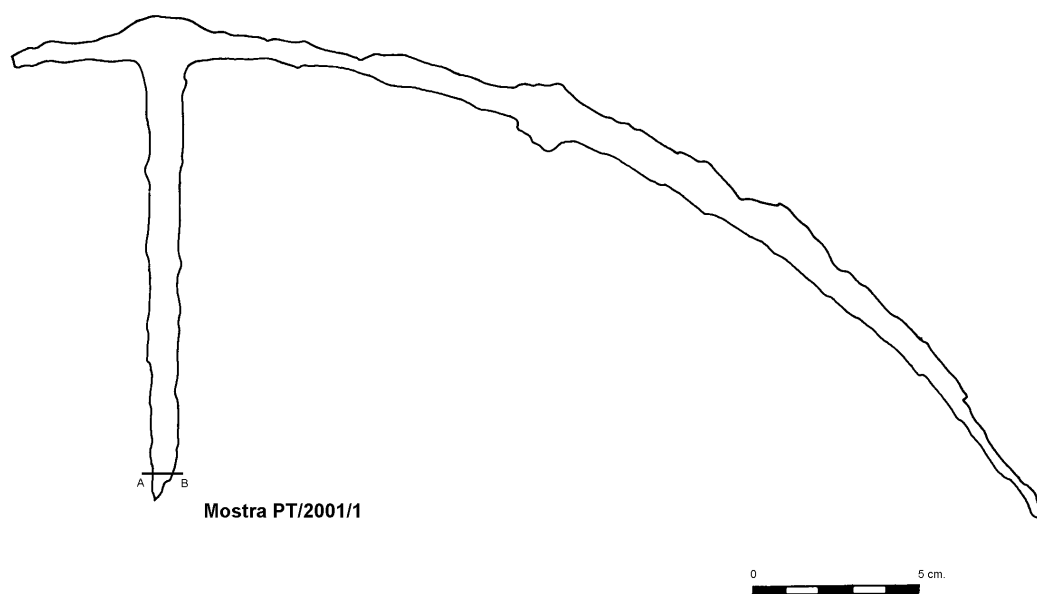


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2001/1, porció base per obtenir PT/2001/2.

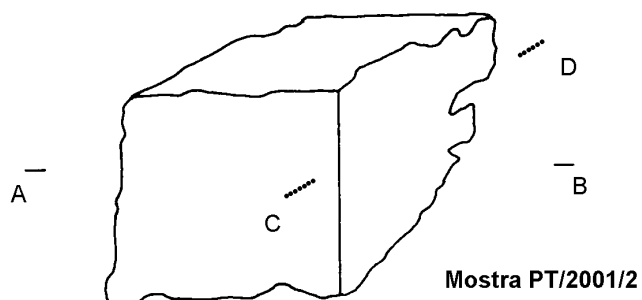


Figura 2. Procés d'obtenció de la mostra PT/2001/2.

9.1.3. CONSIDERACIONS SOBRE ELS MATERIALS I EL SEU CONTEXT

Les tres peces analitzades corresponen a un lot compacte originari del mateix útil complex, un carro o carretó format per diferents peces, metàl·liques i peribles, ja desaparegudes, amb caràcter independent i de funcionalitat diversa, assimilant tasques de mobilitat, fricció o subjecció pròpies de les exigències mecàniques del conjunt. A diferència d'altres lots de materials d'estudi, les mostres han de presentar igual cronologia, que el context estratigràfic situa entre finals del s.V i mitjans del s.III a.C., i, per tant, permeten advertir l'aplicació de solucions metal·lúrgiques segons la necessitat mecànica singular de cada peça.

Les llantes, com a recobriment perimetral i protecció de la roda perible massissa, necessitaren d'una gran duresa que l'artesà assolí mitjançant el procediment tèrmic del tremp, fet que indicaria un avançat estadi de coneixement de les tècniques siderúrgiques. En la mateixa línia, sembla que totes dues llenques de metall es conformaren a partir d'una única massa o maser, circumstància que assenyalaria unes estructures metal·lúrgiques d'importantes dimensions, amb un forn de suficient volum per a produir una esponja de gran pes i amb una fornall apta per conformar l'estri.

El clau de la llanta procedeix d'un altre procés d'obtenció i, tot i ésser també trempat, rebé un tractament de menor cura, més heterogeni, coneixedor l'artesà de que no precisava millors qualitats mecàniques. L'altre element analitzat del conjunt, un dels travessers, fou acerat però no trempat, fet que mostra la diversitat de treball del ferrer en relació a la funció específica de l'estri; en aquest cas, s'estalvià de proporcionar un tremp que hagués disminuït la ductilitat i utilitzà un metall parcialment carburat que amb, una duresa menor a la de la llanta, permetia una adaptabilitat i una menor fragilitat idònia per funcionar com a nervi estructural de la roda de fusta.

Els diferents mètodes descrits, emprats per a confeccionar els materials d'estudi, assenyalen un coneixement acurat de les tècniques de tractament mecànic, tèrmic i termoquímic, a ben segur no adquirides com a procediments

singulars si no pròpies d'una metodologia transmesa de forma pràctica i, alhora, ampliada per l'experiència personal de l'artesà, que les aplicava particularment en relació a la funcionalitat futura de l'objecte. Amb tot, el fet de seguir unes pautes de treball empíriques i estandaritzades no garantia la qualitat del resultat final; les parts del carro analitzades presenten heterogeneïtat microestructural motivada, a ben segur, per les diverses limitacions infraestructurals i tecnològiques existents.

Per una part, s'aprecien diferències possiblement originades per les característiques dels forns emprats, els quals no mantenien una suficient homogeneïtat de temperatura, circumstància agreujada per la suposada grandària de la peça; altrament, s'hi afegia el fet de no disposar de mecanismes de control que permetessin valorar el producte final del treball siderúrgic, validació qualitativa que només podia fer palesa l'experiència del ferrer i el seu grau de perfeccionament tècnic i de perícia manual.

En el marc geogràfic i cronològic de l'esmentat conjunt, la troballa i estudi dels materials ens indica el coneixement acurat del treball del ferro, no ja en un estadi incipient, on s'utilitza el ferro amb propietats mecàniques inferiors a les del bronze, si no en una fase molt més avançada, pràcticament paral·lela a les produccions especialitzades de la Mediterrània Oriental ³²⁶, aconseguint estris metal·lúrgicament adaptats a les necessitats funcionals, amb una molt àmplia diversitat tipològica, i de superiors característiques tècniques que els materials precedents. Es tractaria d'un objecte similar a les produccions perfeccionades que, des de l'etapa preromana, perduraran tecnològicament sense canvis fonamentals, únicament amb millores infraestructurals i de volum de producció, fins l'adveniment de les tècniques modernes de foneria.

Respecte l'origen del conjunt o al protagonisme de la seva elaboració, els indicis identificats no permeten una interpretació concloent.

La troballa del carro en un context documentat de zona d'intercanvi i, alhora, la impossible associació directe del conjunt amb una propera àrea de producció

³²⁶ Les fonts clàssiques assenyalen l'especialització de l'artesanat del ferro a partir de les tècniques identificades en les mostres d'estudi. Consultar: GLOTZ, G. (1920) *Le travail dans la Grèce Ancienne*, pp. 29-34. PLEINER, R. (1969) *Iron working in ...*, op.cit. 10, pp. 35-37.

siderúrgica, possibilitaria la hipòtesi de que formés part d'un lot d'elements d'importació, junt amb d'altres manufactures ceràmiques, metàl·liques o peribles. Per altra part, el desgast identificat en les llantes pressuposaria que el carro fou molt emprat durant, possiblement, força temps *in situ*, transportant mercaderies; el fet d'aquesta utilització pràctica i la manca de testimonis de comercialització de carros en el context mediterrani ³²⁷, pot proposar la hipòtesi d'una producció en un taller proper a l'indret on fou utilitzat, que es refermaria amb les característiques tipològiques i de volum i pes de l'estri.

De les analítiques realitzades, es desprèn la característica comuna de la presència de manganès en les inclusions identificades en la matriu metàl·lica. Aquest element és molt característic de la mineria catalana, on el mineral de ferro presenta incorporats, en major o menor proporció, òxids de manganès ³²⁸, circumstància no totalment definitiva per establir l'origen del metall ³²⁹. Altrament, l'estudi dels materials prova definitivament un elevat nivell tecnològic no generalitzat en el context del nord-est preromà del s. IV a.C. ³³⁰; aquesta suma de característiques podria indicar una tercera hipòtesi, híbrida entre l'autoctonista i la d'importació, que identificaria una producció local (al propi indret o a un establiment proper) a partir de tecnologia aliena.

³²⁷ No tenim notícia de pecis d'atuell de transport ni cap mena de dades que identifiquin, de forma definitiva, aquest tipus d'estri com a objecte de comerç.

³²⁸ Essent manifesta la seva presència a diverses vetes del Principat, presenta proporcions elevades en el mineral de les explotacions pirenaïques.

SIMON, J. (1992) *La farga catalana...*, op.cit. 175, pp. 24-35.

³²⁹ El manganès és un element relativament comú present en les menes de ferro; altrament, existeix una impossibilitat manifesta d'establir comparatives de composició amb d'altres restes escorificades incloses en la matriu metàl·lica d'estris de diversa procedència, bàsicament provocat per la manca d'un *corpus* analític al respecte.

³³⁰ Consultar cap. 12.